

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 36

TRIMESTRE JULIO-SETIEMBRE 1986

NUMERO 3

CODEN: TURRAB 36(3) 263-414

<i>Deterioro ocasionado en el crecimiento de plántulas de cebada susceptibles al pulgón verde de los cereales (Schizaphis graminum Rond) sometidas a un mínimo nivel de infestación (en español)</i> A M Castro, CP Rumi	263
<i>Estudio sobre la descomposición de la pulpa de café en temperatura de 45°C a través del uso de microorganismos de la pulpa (en portugués)</i> S.M. Tauk	271
<i>Potasio en Andepts de Costa Rica I Formas en el suelo (en español)</i> E Molina, F Bertsch, A Cordero, A Alvarado	281
<i>Potasio en Andepts de Costa Rica II Respuesta a la fertilización con P y K en invernadero (en español)</i> E Molina, A Cordero, F Bertsch	289
<i>Evaluación nutricional mineral de cerdos criados industrialmente en Chile (en español)</i> I. Díaz, M.S. Morales, A. Skoknic, R. Bravo, J. I. Egaña	299
<i>El efecto de suelo húmico del bosque y aserrín de diferentes texturas sobre la germinación, crecimiento y desarrollo de dos variedades de cacao en el semillero (en inglés)</i> U. Chinwuko, E.O. Lucas	307
<i>Relaciones entre la edad fisiológica y el contenido de azúcares totales y reductores en tubérculos de papa (Solanum tuberosum L.) destinados a nueva plantación (en español)</i> D.O. Cáldiz, J.R. Alanís, F.K. Claver	315
<i>Morfometría y patrones enzimáticos de tres razas de Meloidogyne incognita (Nematoda Meloidogyne) (en español)</i> R. López Ch	321
<i>Factores reguladores de la transpiración potencial de algunas especies arbóreas del bosque siempreverde del sur de Chile (en español)</i> A.W. Huber, C.E. Oyarzún, M.M. Oñate	329
<i>Efecto de la exclusión del pastoreo sobre el subsistema subterráneo de un pastizal templado húmedo (en español)</i> U.M. Doll, V.A. Deregibus	337
<i>Influencia de las diferentes densidades de cacao y de palma de aceite sobre el rendimiento de cacao (en inglés)</i> J.A. Kolade	345
<i>Nematodos asociados al arroz (Oryza sativa L.) en Costa Rica II. Variaciones intraespecíficas en Tylenchorhynchus annulatus (Cassidy, 1930) Golden, 1971 (en español)</i> R. López Ch., L. Salazar	355
<i>Los requerimientos diferenciales de las fuentes de tejidos en cultivos de callo en (Solanum tuberosum L. spp. andigena) (en inglés)</i> S.J. Ochatt, O.H. Caso	363
<i>Producción de maíz, frijol y calabaza en un sistema hidráulico de chinampa (en español)</i> E. Muñoz	369
<i>Producción acelerada de corderos a través de la eliminación del período del destete: el caso de ovejas West African dwarf en el trópico húmedo de Nigeria (en inglés)</i> O. Chiboka	375
<i>Tolerancia del arroz al penoxaprop-etil y fluzazifop-butil: dosis y época de aplicación (en español)</i> A. Soto A., R. Agüero A., N. Zúñiga	381
<i>Un procedimiento de selección para retardar el brote en la papa simiente (en inglés)</i> M.O. Oladimeji, N.H. Stephen, J. Dalziel, H.J. Duncan	389
<i>Fraccionamiento de zinc, cobre y cobalto en suelos de banco y estero del módulo experimental de Mantecal, Edo. Apure (en español)</i> D. López H., J.R. Heudes, N. Carrion	395
<i>Comunicaciones</i>	401
<i>Notas sobre la biología de Dirphiopsis flora (Schaus) (Lepidoptera, Saturniidae), defoliador de encinos (Quercus spp.) (en español)</i> L. Hilje	401
<i>Reseña de libros</i>	270, 279, 306, 328, 354, 361, 407
<i>Notas y comentarios</i>	344, 374, 380, 409



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

DETERIORO OCASIONADO EN EL CRECIMIENTO DE PLANTULAS DE CEBADA
SUSCEPTIBLES AL PULGON VERDE DE LOS CEREALES (*Schizaphis graminum*, Rond.),
SOMETIDAS A UN MINIMO NIVEL DE INFESTACION¹ /

A.M. CASTRO*
C.P. RUMI*

Summary

The aim of this paper was to determine the effect of Schizaphis graminum (Rond.) on the growth of susceptible barley seedlings under infestation conditions that do not allow the spreading of the chlorosis that characterizes the attack

Seedlings with a similar growth stage (first leaf expanded) were infested with three adult aphids per seedling. Progeny was eliminated daily. A series of parameters related to seedling growth was determined at 2-day intervals beginning with the day of attack. Two days after infestation, new leaf primordia on the main shoot apex were inhibited. They resumed their production, but at a lower rate than uninfested controls. This inhibition, as well as the shorter length of leaf lamina and sheaths, reduced leaf area and total dry weight. The relation dry weight/leaf area was slightly superior on infested plants. Chlorosis (dotted) covered 4% of the total leaf area at the end of the experiment.

Damage in the aerial biomass production of the seedling is a consequence of the aphid's systemic-inhibitory effect on the apical and intercalary meristems, thus altering the mechanisms that regulate the growth (elongation and/or celular division).

Introducción

La presencia del pulgón verde de los cereales (*S. graminum*, Rond.), en los cultivares de cereales de invierno y en los sorgos, tiene una marcada incidencia económica. Su ataque ocasiona pérdidas que abarcan desde la disminución en el rendimiento en pasto y grano, hasta la muerte de las plantas, dependiendo del grado de susceptibilidad de las mismas, del nivel de infestación y de las condiciones ambientales.

Se han señalado como causas principales de la agresividad de este insecto su alta capacidad reproductiva y el deterioro que provoca en la masa foliar fotosintetizante (8, 9, 13, 19, 20). Esta acción sería ocasionada por el complejo enzimático identificado en la saliva tóxica del áfido (1, 2, 5, 14, 15, 16, 17), que permitiría la llegada del estilete hasta el mesófilo o el floema de la hoja (8, 9, 25). El mecanismo de ataque ha sido extensamente estudiado a nivel citológico en las zonas infestadas (3, 8, 9, 10, 22, 23); a pesar de ello aún no se ha podido explicar por qué en los cultivares tolerantes el áfido sólo provoca un mínimo deterioro del área foliar y las plantas mantienen su capacidad productiva.

Algunos autores han investigado otros factores que se consideran relacionados con el mecanismo de resistencia denominado "tolerancia", indicando que existen diferencias en las relaciones hormonales tanto entre los cultivares que se manifiestan susceptibles y resistentes al pulgón, como en las plantas con y sin ataque del mismo cultivar (21). Otros autores han señalado la presencia de ciertas alteraciones en el crecimiento

¹ Recibido para publicación el 5 de diciembre de 1985

Los autores desean agradecer la valiosa co-dirección del Ing. Agr. Hector O. Arriaga, Prof. Titular de Cerealicultura de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Plata. También agradecemos la eficiente colaboración técnica de la Prof. Olga Peluso del Instituto de Fisiología Vegetal de esta misma Facultad.

* Cátedra de Cereales e Instituto de Fisiología Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Plata C.C. 31; C.P. 1900 La Plata, Buenos Aires, Rep. Argentina

to de plantas de sorgo (12, 18, 26, 27, 28) y de cebada (24, 26) afectados por el insecto; algunos han indicado al biotipo C como el responsable de las mismas (11-24). Castro *et al.* (6) determinaron en plantas de cebada susceptibles infestadas, un número menor de hojas expandidas que en los testigos, a partir de los primeros días de ataque. Castro y Rumi (7) observaron que la diferenciación de nuevos primordios foliares en el ápice de tallo principal de cebada susceptible era inhibida totalmente a partir del cuarto día de iniciada la infestación, al trabajar con un nivel de 20 pulgones por planta; en ese momento los autores determinaron que el área foliar clorótica era mínimo.

Los antecedentes citados permiten identificar modificaciones provocadas por el áfido en la expresión del crecimiento de los cultivares susceptibles, que serían independientes de la clorosis ocasionada por el insecto, por lo menos hasta que ella alcanza una cierta proyección.

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el grado en que es afectado el crecimiento de plántulas de cebada susceptibles al *Schizaphis graminum* cuando el nivel de infestación es inferior al nivel de daño económico, condiciones éstas que no permiten la extensión de la clorosis característica del ataque.

Materiales y métodos

Se utilizó una variedad comercial susceptible al áfido (Bordenave Ranquelina (MAG). Semillas de igual peso se colocaron en condiciones de germinación en arena dentro de una cámara climatizada, a 17°C y una humedad relativa del 70%. En estado de coleoptilo se seleccionaron todas aquellas plántulas cuya altura no excediera el rango considerado no significativo (Media \pm 2 Errores estándar). Las plantas seleccionadas se trasplantaron a dos bandejas (de 50 x 80 x 15 cm), en un sustrato de tres partes de tierra y una de arena.

El ensayo se inició en el mes de julio, en un solarium con la finalidad de proporcionar a las plantas condiciones ambientales similares a las naturales, evitando el efecto del viento que provoca una migración constante de los áfidos. La permanencia del material en este ambiente facilitó el control del nivel de ataque. La temperatura y humedad se determinaron con un termohigrógrafo, la temperatura diurna promedio fue de 8°C, la media nocturna de 6°C, la media máxima de 10°C y la media mínima de 4°C. La humedad relativa osciló entre 50 y 70%. El máximo nivel de luminosidad se alcanzó al mediodía con 35 000 lx registrado a la altura de las plantas. El fotoperíodo fue aproximadamente de 9 horas diarias. Los riegos se realizaron periódicamente, manteniendo el suelo a capacidad de campo.

Al producirse la expansión de la primer hoja (estado 1-Escala de Feekes) se determinó la longitud de la primera vaina, individualizando las plantas que se encontraban dentro del rango no significativo para este parámetro. Con el fin de mantener una densidad de siembra similar en ambas bandejas se conservaron en ellas las plantas no seleccionadas para la experiencia. El ensayo se inició con un total de 280 plántulas. El día 0 de ataque se extrajo al azar la primer muestra de 10 plantas entre las ya seleccionadas en cada bandeja y se realizaron las observaciones correspondientes. Al mismo tiempo se infestó individualmente las plantas de una de las bandejas, ubicando sobre la primera lámina tres pulgones adultos con la ayuda de un pincel. Los áfidos pertenecían al ecotipo verde claro que reúne algunas de las características del biotipo C, pero presenta otras que las diferencian de él (4).

Desde ese momento y cada dos días se continuó la extracción de muestras (de 10 plantas por bandeja) hasta el 10° día de infestación, despreciando las cabezas y bordes del ensayo. Diariamente se eliminó la progenie para mantener un grado constante de ataque. En los casos en que se produjo la muerte de los adultos éstos fueron reemplazados por otros.

En las muestras extraídas correspondientes a las plantas testigos (sin ataque) e infestadas (con ataque) se cuantificó la producción del ápice del tallo principal. Para ello se clasificó arbitrariamente esta producción, en función del desarrollo morfológico en cuatro estadios: a) hojas expandidas (con la ligula expuesta); b) hojas no expandidas (la ligula diferenciada pero no expuesta); c) primordios foliares que superan el domo apical (se consideró sólo aquellos primordios que no habían diferenciado la ligula); y d) primordios foliares diferenciados en el ápice (desde el primero que no llega a superar el domo apical hasta el último morfológicamente diferenciado).

Las determinaciones realizadas fueron las siguientes:

- 1 Longitud de láminas y vainas foliares de las hojas expandidas y no expandidas y de los primordios foliares que superaron el domo apical.
- 2 Longitud del ápice (considerado desde la base del primer primordio que no superó el domo hasta el extremo de éste).
- 3 Número de: hojas expandidas y no expandidas, primordios foliares que superaron el domo apical y primordios diferenciados en el ápice; todo este conjunto se consideró como la producción vegetativa total del ápice.

4. Área foliar total (integrada por las láminas de las hojas expandidas y los segmentos de las hojas no expandidas que excedían la vaina precedente). Área foliar fotosintetizante (área foliar verde). Área foliar clorótica (debido a que no superó el estado de manchas puntiformes se estimó visualmente en porcentaje del área foliar total afectada).
5. Peso seco de la parte aérea (se eliminaron las raíces, llevando cada planta a 60°C hasta peso constante)

Las determinaciones en el ápice se realizaron con un microscopio estereoscópico Wild M 5 con vernier ocular. Las áreas foliares se determinaron con medidor Li-cor (LI-3000)

El diseño experimental aplicado fue enteramente al azar. Se realizó el análisis de la varianza para cada parámetro, aplicando el test de Duncan. Con los promedios obtenidos en cada día de observación se hicieron los respectivos gráficos. Se indica en todos los casos el error estándar.

Resultados

Crecimiento de las láminas y vainas foliares de las hojas expandidas, no expandidas y de los primordios foliares que superaron el ápice.

El crecimiento de las hojas y primordios foliares fue afectado en distinto grado por la infestación, en relación al estado de desarrollo en que se encontraban al iniciar la infestación (Fig. 1)

En la primer hoja así como en la segunda lámina no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las plantas infestadas y testigos (A1, B1 y A2) como consecuencia del avanzado estado de desarrollo que exhibían éstas al iniciar el ataque. En cuanto a la segunda vaina y en las láminas y vainas siguientes se observaron diferencias significativas desde los primeros días de ataque ($P = 0.05$). Estas diferencias fueron mayores en aquellos primordios foliares que presentaban un estado de desarrollo muy temprano al comenzar la infestación (A3: láminas 3ra, 4ta y 5ta). Las vainas manifestaron mayor sensibilidad que las respectivas láminas (B2, B3: vainas 3ra y 4ta).

Número de primordios diferenciados en el ápice

El número de primordios foliares diferenciados en el ápice principal (Fig. 2) fue modificado por la acción del áfido a partir de los dos días de ataque ($P = 0.05$), disminuyendo en un 21% la producción del ápice en las plantas infestadas. A partir del cuarto

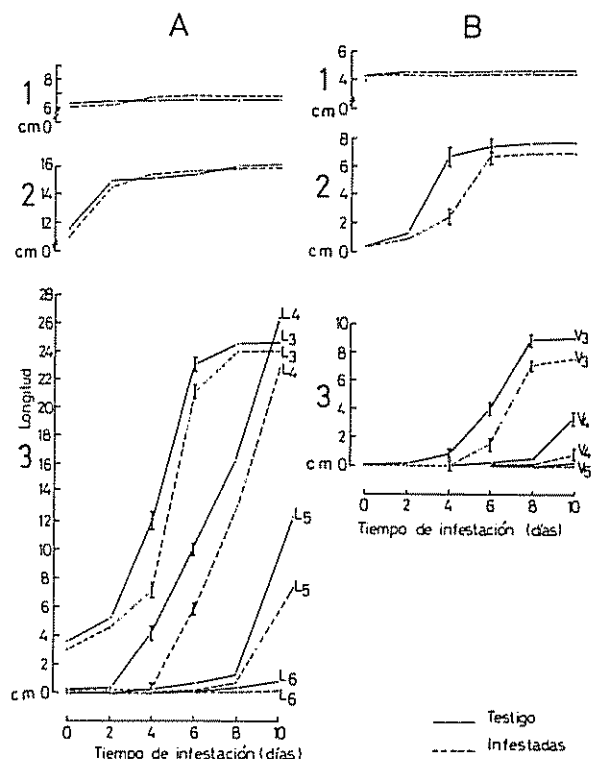


Fig. 1. Crecimiento de las láminas (A) y vainas (B) foliares en plántulas de cebada susceptible al pulgón verde. Las líneas verticales indican los errores estándar.

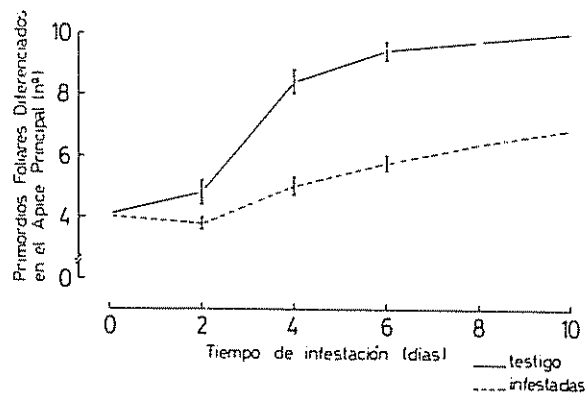


Fig. 2. Número de primordios foliares diferenciados en el ápice principal de plántulas de cebada susceptibles al pulgón verde. Las líneas verticales indican los errores estándar.

día estas diferencias fueron altamente significativas ($P = 0.01$), existiendo una pérdida del 40% respecto a los testigos. Las diferencias determinadas entre las plantas con y sin ataque, en el número de primordios producidos por el ápice, se mantuvieron constantes hasta la finalización de la experiencia.

Longitud del ápice

En las plantas infestadas se observó una menor longitud del ápice, con un comportamiento de crecimiento similar al determinado en el ritmo de diferenciación de los primordios foliares (Fig. 3). El alargamiento del ápice es nulo entre el día 0 y el día 2, a partir de ese momento existieron diferencias significativas entre ambos tratamientos ($P = 0.05$). Entre el 2° y el 8° día el ápice creció a un ritmo inferior al observado en los respectivos testigos; las diferencias determinadas se mantuvieron constantes entre las plantas con y sin ataque desde el 8° día.

Producción vegetativa total del ápice

En las plantas atacadas la producción total del ápice expresó diferencias significativas desde el 2° día ($P = 0.05$), debido a la inhibición producida por el áfido en la diferenciación de nuevos primordios. Como consecuencia, el número de primordios foliares que superaron el domo apical, el número de hojas que diferenciaron la lígula y el número final de hojas expandidas fueron menores (Fig. 4).

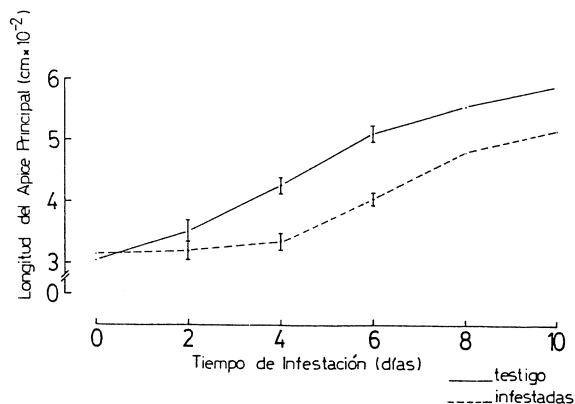


Fig. 3. Longitud del ápice principal de plántulas de cebada susceptible al pulgón verde. Las líneas verticales indican los errores estándar.

Area foliar total, área fotosintetizante y área clorótica

El área foliar total de las plantas infestadas fue significativamente menor que la desarrollada en los testigos a partir del 4° día ($P = 0.05$) y altamente significativa en el 10° día ($P = 0.01$), Fig. 5.

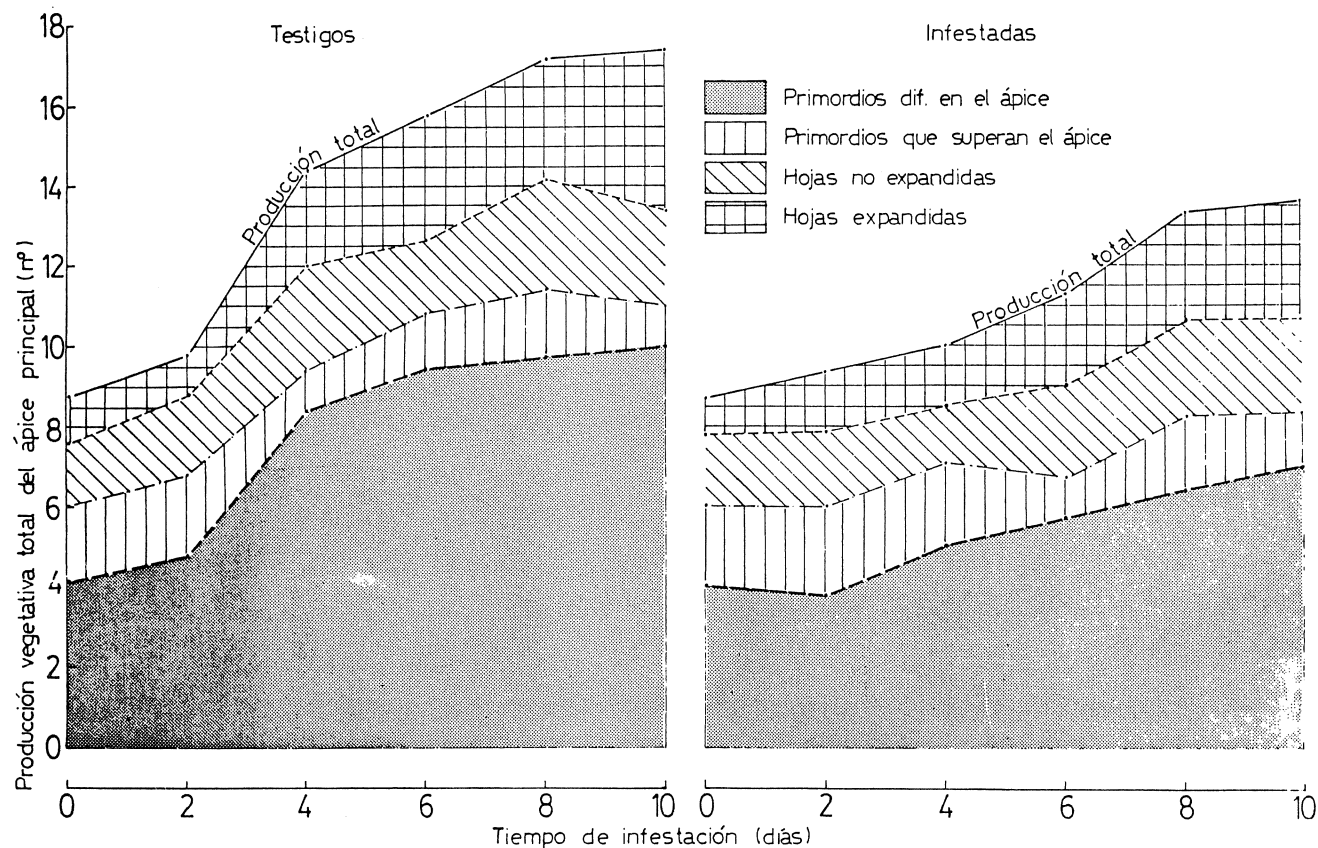


Fig. 4. Producción vegetativa total del ápice principal de cebada susceptible al pulgón verde, clasificada en distintos estudios morfológicos.

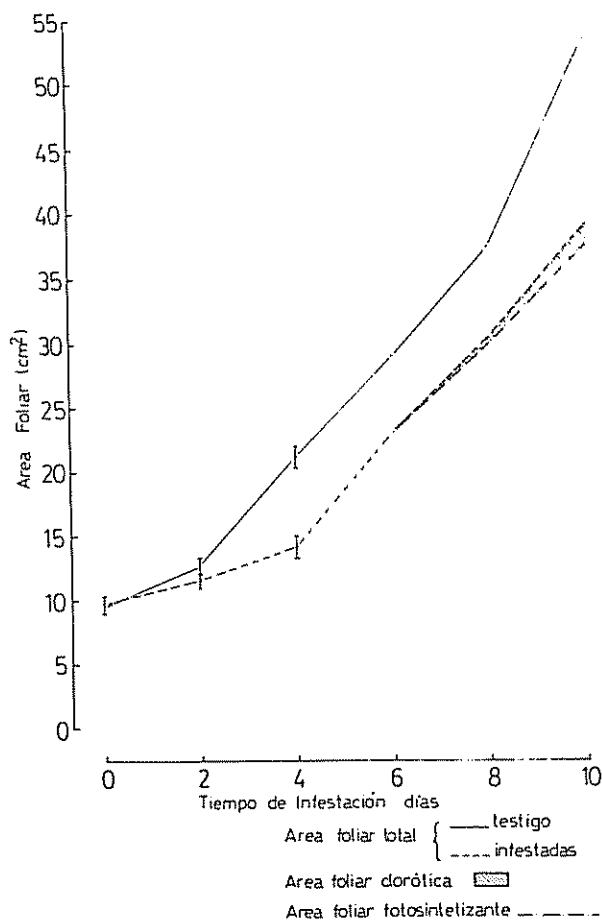


Fig. 5. Área foliar desarrollada por plántulas de cebada susceptibles al pulgón verde. Las líneas verticales indican los errores estándar.

Las principales causas que determinan una menor área foliar serían la inhibición en la diferenciación de nuevos primordios foliares en el ápice, que altera la expresión del crecimiento en las plantas infestadas (como se observa en la Fig. 4) y la menor longitud de las láminas y vainas foliares (que retrasa la expansión de nuevas hojas), Fig. 1.

El área foliar clorótica representó recién al 6° día el 1% del área foliar total y el 4% al 10° día de iniciada la infestación, manifestándose sólo como manchas puntiformes aisladas.

Peso seco y su relación con el área foliar

Contrariamente a lo determinado en los otros parámetros el peso seco aumentó sobre los valores registrados en los testigos entre el día cero y el día 2; se mantuvo constante desde el 2° al 4° día y desde ese momento se observó una expresión similar a la del testigo (Fig. 6), pero significativamente menor en valor absoluto ($P = 0.05$).

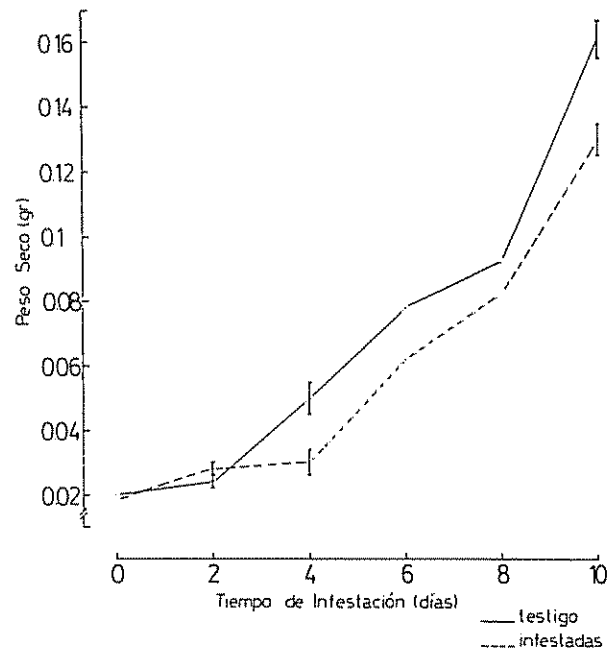


Fig. 6. Peso seco de la parte aérea de plántulas de cebada susceptibles al pulgón verde. Las líneas verticales indican los errores estándar.

El índice que relaciona el peso seco con el área foliar total (Cuadro 1) señala para las plantas infestadas que la cantidad de materia seca por unidad de superficie foliar supera levemente la relación determinada para los testigos. Esto se debe a que la pérdida ocasionada por el ataque es más acentuada en el área foliar que en la acumulación de materia seca.

Discusión

A pesar de las múltiples líneas de investigación interdisciplinarias que se han desarrollado en el estudio del ataque del pulgón verde, aún existe una gran confusión sobre los alcances del mecanismo de resistencia de "tolerancia", al no poder éste ser determinado en forma precisa. En el presente trabajo se realizó un estudio del crecimiento (proceso interrelacionado y sensible a toda situación de estrés), con el propósito de determinar si alguno de sus componentes podría expresar una relación estrecha con el grado de susceptibilidad o resistencia al áfido. Aunque en general se ha puesto énfasis en la clorosis que se manifiesta ante la presencia del insecto, como causante del deterioro de las plantas (8, 9, 13, 19, 20), este tipo de efecto actuaría posteriormente sinergizando la acción primaria y sistémica del pulgón verde sobre la producción del ápice, que en la medida que se mantiene el ataque anula toda posible recuperación (7).

Cuadro 1. Relación entre el peso seco de la parte aérea y el área foliar total ($\text{g/cm}^2 \times 10^{-3}$).

Tratamiento	Tiempo de infestación (día)					
	0	2	4	6	8	10
Testigos	2 105	2 020	2 353	2 689	2 693	3 009
Infestadas	1 920	2 434	2 443	2 695	2 788	3 333

Como indican nuestros resultados la producción del ápice es inhibida en los dos primeros días de infestación pero contrariamente a lo determinado por Castro y Rumi (7), la diferenciación se reinicia a partir de ese momento a un ritmo más lento que en los testigos; este comportamiento puede atribuirse al mínimo nivel de ataque empleado y al número constante de áfidos adultos que se alimentaron en las plantas en esta experiencia

Comparando los valores obtenidos en el número de primordios diferenciados en el ápice y el desarrollo del área foliar total y clorótica, se puede observar que la inhibición en el ápice no es una consecuencia directa del deterioro ocasionado por el insecto en la biomasa fotosintetizante. El área foliar total sufrió una disminución del 30% y la producción de primordios un 40% a los cuatro días de ataque, en tanto el área foliar clorótica sólo alcanzó una expresión del 4% al 10^o día de infestación. Por el contrario la relación peso seco/área foliar expresó valores superiores a la de los testigos

Conclusiones

En coincidencia con otros autores, se puede señalar que en principio la clorosis no es el factor desencadenante de la inhibición en la producción del ápice, si bien su extensión en otras condiciones de infestación, aceleraría el estado de deterioro de las plantas. El efecto sistémico-inhibitorio resultaría de una alteración en los procesos de división y alargamiento celular que regulan el crecimiento. Debe también señalarse que el ritmo de diferenciación de nuevos primordios foliares, en distintas condiciones de infestación, sería un indicador lo suficientemente objetivo del nivel de resistencia al áfido en los cultivares de cebada, debiendo probarse en otros cereales la presencia de este comportamiento

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue determinar en qué grado es afectado el crecimiento de plántulas de cebada susceptible al *Schizaphis graminum*, en condiciones de infestación que no posibilitan la extensión de la clorosis característica del ataque.

Plantas en similar estado de desarrollo (primera hoja expandida) fueron infestadas con tres áfidos adultos (en cada una de ellas), diariamente se eliminó su progenie. Desde el momento de iniciar el ataque y cada dos días se determinó la macolla principal, una serie de parámetros relacionados con el crecimiento de las plantas. Los testigos empleados permanecieron sin ataque. A los dos días a partir de la infestación, fue inhibida la diferenciación de nuevos primordios foliares en el ápice principal de las plantas atacadas, recuperando éstas luego su producción a un ritmo inferior al de los testigos. Esta inhibición así como la menor longitud de las láminas y vainas foliares determinaron una menor área foliar y un menor peso seco. La relación peso seco/área foliar total fue levemente superior respecto a los controles. El nivel de clorosis (puntiforme) cubrió sólo el cuatro por ciento del área foliar total al final de la experiencia

El deterioro en la producción de la biomasa aérea de la planta es una consecuencia del efecto sistémico-inhibitorio que ocasiona el áfido en los meristemas apical e intercalares, alterando los mecanismos que regulan el crecimiento (alargamiento o división celular).

Literatura citada

- ADAMS, J. B.; Mc ALLAN, J. W. 1956 Pectinase in the saliva of *Myzus persicae* (Sulz.) (Homoptera: Aphididae). Canadian Journal Zoology 34:541-543
- ADAMS, J. B.; Mc ALLAN, J. W. 1958 Pectinase in certain insects. Canadian Journal Zoology 36:305-308
- AL-MOUSAWI, A. H.; RICHARDSON, P. E.; BURTON, R. L. 1983 Ultrastructural studies of greenbug (Homoptera: Aphididae) feeding damage to susceptible and resistant wheat cultivars. Annual Entomological Society America 76(6):964-971
- ARRIAGA, H. O.; CHIDICHIMO, H. O.; ALMARAZ, L. B.; BELLONE, B. M. 1984

- Greenbug biotypes in Argentina. Annual Plant Resistance to Insects Newsletter 10:51
- 5 CAMPBELL, B C ; Mc LEAN, D L.; KINSEY, M. J.; JONES, K C.; DRYER, D L. 1982 Probing behaviour of the greenbug (*Schizaphis graminum*, biotype C) on resistant and susceptible varieties of sorghum. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 31:140-146.
 - 6 CASTRO, A.M.; RUMI, C.P.; ARRIAGA, H.O. 1984 Efecto del pulgón verde de los cereales sobre el crecimiento de plántulas de cebada. *Revista Facultad de Agronomía UNLP. Tomo LX (3era época: 1-2:43-50*
 - 7 CASTRO, A.M.; RUMI, C.P. 1985 Greenbug effect on the aerial vegetative production of two barley cultivars (Sometime para publicación).
 - 8 CHATTERS, R.M.; SCHLEHUBER, A.M. 1951 Mechanics of feeding of the greenbug (*Toxoptera graminum*, Rond.) on *Hordeum*, *Avena* and *Triticum*. Oklahoma Agriculture Experimental Station. Technical Bulletin 40. p. 1-18.
 - 9 DAHMS, R.G.; JOHNSTON, T.H.; SCHLEHUBER, A.M.; WOOD, E.A. 1955 Reaction of small-grain varieties and hybrids to greenbug attack. Oklahoma Agriculture Experimental Station. Technical Bulletin. 55. p. 1-61
 - 10 DIEHL, S.G.; CHATTERS, R.M. 1956. Studies on the mechanics of feeding of the spotted alfalfa aphid on alfalfa. *Journal of Economic Entomology* 49(5):589-591.
 - 11 HARVEY, T.L.; HACKEROTT, H.L. 1969. Recognition of a greenbug biotype injurious to sorghum. *Journal of Economic Entomology* 62(4):776-779
 - 12 HARVEY, T.L.; HACKEROTT, H.L. 1974 Effect of greenbug on resistant and susceptible sorghum seedlings in the field. *Journal of Economy Entomology* 67:377-380.
 - 13 MATTHEW, D. 1953 The ability of wheat plants to recover from differing amounts of feeding injury caused by the greenbug (*Toxoptera graminum*, Rond). Thesis, Kansas State University 46 p
 - 14 Mc ALLAN, J.W.; CAMERON, M.L. 1956 Determination of pectin polygalacturonase in four species of aphids. *Canadian Journal of Zoology* 34:559-564
 - 15 Mc ALLAN, J.W.; ADAMS, J.B. 1961 The significance of pectinase in plant penetration by aphids. *Canadian Journal of Zoology* 39:305-310
 - 16 MILLES, P.W. 1964 Studies on the salivary physiology of plant bug; oxidase activity in the salivary apparatus and saliva. *Journal Insect Physiology* 10:121-129
 - 17 MILLES, P.W. 1965 Studies on the salivary physiology of plant bug. The salivary secretions of aphids. *Journal of Insect Physiology* 11:1 261-1 268
 - 18 MORGAN, J.; WILDE, G.; JOHNSON, D. 1980 Greenbug resistance in commercial sorghum hybrids in the seedling stage. *Journal of Economic Entomology* 73(4):510-514.
 - 19 ORTMAN, E.E. 1957 A measurement of greenbug *Toxoptera graminum* (Rond.) damage to the root system and other plant parts of several varieties of wheat. M.S. Thesis, Kansas State University. 50 p
 - 20 ORTMAN, E.E.; PAINTER, R.H. 1960 Quantitative measurements of damage by greenbug, *Toxoptera graminum* to four wheat varieties. *Journal of Economic Entomology* 53(5): 798-801.
 - 21 PAINTER, R.G.; MAXWELL, F.G. 1964 Auxins in honeydew of *Therioaphis maculata* and *Schizaphis graminum*. *Annual Entomology of Society America* 55:229-232
 - 22 POLLARD, D.G. 1973. Plant penetration by feeding aphids (Hemiptera: Aphidoidea). A review. *Bulletin Entomology Research* 62: 631-714
 - 23 ROBERTS, F.M. 1940. Studies on the feeding methods and penetration rate of *Myzus persicae*, Sulz. *Myzus circumfexus* Buckt. and *Macrosiphum gei* Kock. *Annual Applied of Biology* 27:348-357
 - 24 SALTO, C.E. 1982 Effect of temperature and photophase on barley resistance to greenbug biotypes C and D. Thesis Oklahoma State University p. 16, 27, 28, 29, 30 y 32
 - 25 SAXENA, K.J.; CHADA, H.L. 1971. The greenbug *Schizaphis graminum* 1: mouth parts

- and feeding habits Annual of Entomology Society America 64(4):807-834
- 26 STARKS, K. J.; MUNIAPPAN, R.; EIKENBARY, R. D. 1972 Interaction between plant resistance and parasitism against the greenbug on barley and sorghum Annual of Entomology Society America 65(3):650-655
- 27 WEIBEL, D. E.; STARKS, K. J.; WOOD, E. A. Jr y MORRISON 1972 Sorghum cultivars and progenies rated for resistance to greenbug Crop Science 12(3):334-336
- 28 WOOD, E. A. 1971 Designation and reactions of 3 biotypes of the greenbug cultured on resistant and susceptible species of sorghum Journal of Economic Entomology 64(1): 183-185

Reseña de libros

Forest Research: British Overseas Research, 1976-1982. Este informe presenta una sinopsis de investigaciones forestales realizadas en los trópicos, auspiciadas por la Overseas Development Administration (ODA) de la Gran Bretaña. La publicación ha sido realizada por el Commonwealth Forestry Institute (CFI) en la serie Overseas Research Publications, con el número 27.

Resume esta bien presentada publicación los logros del programa de ODA en el período 1976-1982, en el contexto de su desarrollo en los últimos 20 años. Más de 50 países en toda la zona tropical mundial han estado involucrados en las investigaciones. El énfasis en el período ha sido en la difusión de especies de valor confirmado en estudios anteriores. Así, el pino hondureño, *Pinus caribaea* var *hondurensis*, en sus varios tipos identificados, ha confirmado su excelencia y su rapidez de crecimiento para las zonas bajas y de moderada elevación en todo el trópico mundial. También se revela que otras especies, principalmente *Pinus oocarpa*, pueden tener un buen potencial en zonas más altas. Estas dos especies de coníferas tropicales, ya habían pasado, en extensión plantada, medio millón de hectáreas en 1980 y un adicional millón de hectáreas serán plantadas entre 1980 y 2000. El interés por estos pinos tropicales se revela en las numerosas investigaciones hechas desde 1968, las que figuran en las bibliografías que acompañan al resumen de

cada proyecto, entre las que encontramos dos artículos publicados en Turrialba, uno en 1978, sobre una revisión taxonómica del género *Cedrela*, y otra en 1981, sobre hibridación de *Pinus caribaea* var *hondurensis* y *P. oocarpa*.

Otras especies que han recibido atención son africanas que tienen ya conocido prestigio como madera, por lo que se están estudiando y propagando. Entre ellas predomina la especie *Tripochilon scleroxylon* (esterculácea), en la que se está trabajando especialmente en Nigeria. Otro género que se está estudiando intensivamente es *Agathis*, ampliamente distribuido en el Sudeste de Asia y en las islas del Pacífico Sudoeste. Su madera tiene buena reputación y la resina de algunas especies es comercialmente importante con el nombre de copal de Manila.

De interés es también un proyecto, iniciado en 1982, sobre latifoliados tropicales para zonas áridas y semiáridas, que había sido concentrado sobre todo en *Pinus*, *Eucalyptus* y *Tectona* y que ahora se ha empleado para cubrir necesidades de madera y sobre todo de leña, en zonas secas. Atención especial se dedica a las especies de *Prosopis* (entre las que esperamos que se incluyan el algarrobo peruano y el tamarugo chileno) buscando su productividad en forraje y su ausencia de espinas. En una excursión a América Central, este proyecto ha colectado semillas de especies de *Guazuma*, *Pithecellobium*, que comprende los árboles conocidos como genízaro, casha sota caballo y ardilla, *Parkinsonia*, *Gliricidia* (Madero negro) y *Dalbergia* (cocobolo y granadillo). Adalberto Gorbitz

ESTUDO DA DECOMPOSIÇÃO DA POLPA DE CAFÉ A 45°C ATRAVÉS DO USO DE MICRORGANISMOS ISOLADOS DA POLPA¹ /

S. M. TAUK*

Summary

*A study of the decomposition of fresh and pressed coffee pulp by microorganisms was carried out. The inoculum was obtained from the same pulp. Optimal conditions were sought in order to accelerate the decomposition. The transformation of this residue was monitored by means of the assay of total N, total P, ash, water content, organic C and the C/N ratio. A temperature of 45°C and the use of the inoculum served to accelerate decomposition of fresh pressed residues. The best degradation of fresh pulp was achieved when the yeast *Hansenula polymorpha* was employed. The decomposition of pressed pulp was achieved when a mixture of microorganisms from the same pulp was used, but this process was slower than the degradation of fresh pulp*

Introdução

O interesse na polpa de café foi despertado devido aos graves problemas de contaminação ambiental, que vem ocasionando, principalmente em países onde o benefício do café é por via úmida. A natureza da polpa de café varia segundo a região onde é produzida (7, 8) e os problemas e suas possíveis soluções para utilizá-la não são iguais para todas as áreas. A polpa representa o resíduo mais volumoso do café, correspondendo a 40% do peso do fruto fresco. É geralmente acumulada em receptáculos abertos, nos quais ocorrem degradações mistas, aeróbicas, provocando maus odores, ocorrência de moscas e um líquido negro altamente contaminante. Existem proposições da utilização da polpa de café como alimento para gado (6, 10) e como adubo orgânico (21), porém sem tratamento prévio. Quanto à composição química, 45 kg de polpa são equivalentes a 4,5 kg de fertilizante inorgânico 14-3-37 ou a 9 kg do fertilizante 7-1, 5-18, 5 (19). Outras utilizações para a polpa têm sido estudadas como propagação de leveduras (11), obtenção de pectinas (12) e outros (17).

Fatores ambientais têm sido estudados durante a compostagem de resíduos e seus problemas tecnológicos (8) e nos últimos anos, tem sido demonstrada a importância de correlação da flora microbiana natural com os demais fatores atuantes neste processo (1, 2, 5)

A temperatura exerce influência na compostagem, acelerando o processo, sendo que em certos casos a ideal é a de 45°C (5). Um fungo termofílico, *Humicola*, em temperatura controlada de 50°C, durante 42 dias, foi capaz de produzir uma quebra maior de celulose e hemicelulose que populações mistas de microrganismos (15).

O objetivo deste trabalho é estudar a decomposição da polpa de café sob temperatura controlada de 45°C, juntamente com a utilização de inóculos constituídos de microrganismos isolados da própria polpa de café

Material e métodos

A polpa de café foi obtida nos benefícios situados próximos a cidade de Guatemala, Guatemala.

Realizaram-se ensaios prévios para verificação dos inóculos mais efetivos na degradação da polpa, em tubos de 20 ml, contendo 10 g de polpa inoculada com diferentes microrganismos encontrados no resíduo, em temperatura de 45°C.

¹ Recebido para publicação em 14 de maio de 1985.

Trabalho executado no Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), Guatemala, C.A. — Auxílio do CAPES

* Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, UNESP. Caixa Postal 178. 13 500 Rio Claro, SP. Brasil

Em três frascos de 3 l foram colocados 800 g de polpa de café fresca ou prensada, contendo tampas de cortiça possuindo três orifícios: o primeiro, para entrada de ar; o segundo, para a saída de ar do frasco e o terceiro, para introduzir um termômetro, a fim de medir a temperatura da massa durante sua decomposição. Outros tratamentos foram estudados, introduzindo inóculos, na polpa fresca ou prensada, com as seguintes composições: Amostra 1, que apresentou a mistura de microrganismos obtidos da parte superior da pilha da polpa de café mantida no benefício de café durante 15 dias; Amostra 2, teve mistura de microrganismos da mesma procedência entretanto, obtidos da parte mediana da pilha; Amostra 3, compreendeu mistura de microrganismos da parte inferior da mesma pilha e amostra 4 teve a mistura das amostras 1, 2 e 3. Microrganismos isolados destas amostras também foram utilizados como inóculos: *Aspergillus* sp; *Aspergillus niger*, *Rhizopus* sp; *Candida utilis*, *C. tropicalis*, *Hansenula anomala*, *H. polymorpha*, *Brettanomyces* sp; *C. utilis* + *H. anomala* e *C. tropicalis* + *H. polymorpha*.

Após as inoculações, colocaram-se os frascos em câmaras de temperatura contante, mantida a 45°C e, no interior de cada frasco, introduziram-se fluxos de ar, controlados em um fluxímetro a 100 ml/minuto. Em períodos de 7 dias, com uma câmara de ar de bola de futebol, foram coletadas amostras de ar no saída de cada frasco, de onde se transferiram imediatamente para o aparelho Orsat, para determinações dos gases, gás carbônico, oxigênio e monóxido de carbono (20). Um frasco sem polpa, submetido às mesmas condições que os demais, foi considerado como controle para este experimento.

Determinou-se a composição química da polpa fresca e da prensada, verificando-se os teores de Nitrogênio total, Fósforo total, umidade, acidez total, polifenóis, sólidos totais e insolúveis (3), açúcares totais e redutores (9), cafeína (4), carbono orgânico (18) e relação C/N. Após 8, 23, 45 e 60 dias de decomposição, em todos os tratamentos, a polpa de café teve sua composição química determinada através dos teores de N total, P total, cinza umidade e pH (3), carbono orgânico (18) e relação C/N.

Resultados

Na Tabela 1 estão os constituintes da polpa de café fresca e da prensada, sendo que os teores encontrados foram calculados em peso seco do material.

Verificou-se que a polpa fresca teve pH 5,5 e a polpa prensada pH 4,5 e que os demais componentes tiveram seus teores alterados, após prensar esse subproduto do café, na prensa hidráulica.

A Tabela 2 apresenta os resultados dos diferentes tratamentos da polpa de café fresca, quanto a variação de sua composição química após, 8, 23, 45 e 60 dias de decomposição a 45°C e com fluxo de ar constante de 100 ml/minuto. Observando-se os diferentes parâmetros analisados pode ser obtida baixa relação de C/N quando a polpa foi inoculada com *Rhizopus* ou com a amostra 2 e isto ocorreu aos 45 dias do processo.

Para a polpa de café prensada, Tabela 3, verifica-se que o inóculo, amostra 2, favoreceu uma relação de C/N menor aos 60 dias do processo.

Quando inoculou-se polpa prensada com leveduras não houve nenhum indicio de decomposição do material porém, utilizando-se polpa de café fresca, logo nos primeiros dias houve uma rápida alteração dos aspectos da polpa. Apresenta-se portanto apenas os resultados obtidos com a polpa fresca inoculada com leveduras, Tabela 4. Aos 15 dias de decomposição, a polpa se tornou uma massa negra e pastosa e as análises químicas foram realizadas apenas nos 15 e 30 dias de degradação.

Observou-se maior teor de N, cinza e menor umidade, carbono orgânico e relação C/N na polpa inoculada com *H. polymorpha*.

Nas Figs 1 e 2 estão os resultados obtidos da produção de CO₂ nos diferentes tratamentos utilizados. Verificou-se para a polpa inoculada com *Hansenula* uma produção alta, logo aos 7 dias de decomposição. De maneira geral, a máxima produção deste gás ocorreu entre 7 e 14 dias, somente para a polpa sem inóculo, houve outro pico máximo de produção do gás aos 42 dias.

Tabela 1 Composição química inicial da polpa de café fresca e da prensada em prensa hidráulica.

Componentes %	Polpa de café	
	Fresca	Prensada
N Total	1.98	1.96
P Total	1.11	1.08
Cinza	1.28	1.52
Umidade	81.55	75.75
Açúcares totais	22.45	11.49
Açúcares redutores	18.10	10.11
Acidez total	1.10	1.83
Cafeína	1.14	0.07
Polifenóis	2.55	2.96
C Orgânico	54.84	2.15
Relação C/N	27.69	28.04
Sólidos insolúveis	65.60	67.03
Sólidos totais	24.18	26.07

Tabela 2 Composição química da polpa de café fresca mantida a 45°C, com fluxo de ar constante durante 60 dias.

Polpa de café fresca	Dias	pH	N Total %	P Total %	Cinza %	Umidade %	C Orgânico %	Relação C/N
Sem inóculo	8	6.3	2.7	0.10	12.2	84.3	48.8	18.0
	23	8.5	3.0	0.11	12.3	86.6	48.7	16.4
	45	10.1	2.8	0.10	18.4	86.7	46.5	16.5
	60	10.1	2.8	0.10	18.4	91.0	46.3	16.5
Com inóculo								
Amostra 1	8	6.8	2.5	0.12	12.4	74.9	48.6	19.3
	23	9.4	3.2	0.12	11.7	80.3	48.6	15.4
	45	9.6	3.1	0.13	17.7	87.0	45.7	14.6
	60	9.8	3.1	0.12	17.7	87.0	45.7	14.6
Amostra 2	8	8.0	2.5	0.11	12.4	77.4	49.4	20.0
	23	9.5	3.4	0.12	11.7	87.4	49.0	14.5
	45	10.0	3.4	0.13	17.7	85.5	45.5	13.6
	60	11.0	3.4	0.13	17.7	84.5	44.5	13.6
Amostra 3	8	6.6	2.1	0.13	9.5	81.1	50.3	24.5
	23	9.5	3.2	0.14	11.0	85.9	49.5	16.4
	45	10.0	2.8	0.15	18.3	85.7	45.4	16.2
	60	10.1	2.8	0.14	18.3	85.7	45.4	16.2
<i>Aspergillus niger</i>	8	7.0	2.8	0.12	17.8	86.4	45.7	16.3
	23	7.4	2.9	0.13	18.7	87.8	45.2	15.6
	45	8.9	2.9	0.13	19.2	89.9	44.9	15.5
	60	8.9	3.0	0.13	19.4	90.0	44.8	14.9
<i>Rhizopus</i>	8	8.0	2.9	0.13	20.1	86.4	44.4	15.3
	23	8.2	3.0	0.14	20.3	89.3	44.3	14.8
	45	8.4	3.4	0.13	20.3	89.4	44.3	13.0
	60	8.7	3.4	0.12	20.6	90.0	44.1	13.0
<i>Aspergillus sp</i>	8	9.4	2.6	0.13	12.3	81.1	48.7	18.7
	23	9.7	3.1	0.13	10.0	85.9	50.0	16.1
	45	10.0	2.8	0.13	15.6	85.9	46.7	16.6
	60	10.0	2.8	0.14	15.6	85.9	46.7	16.6

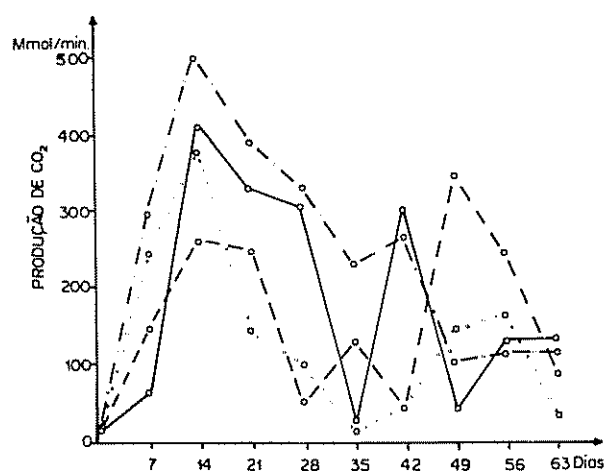


Fig. 1. Produção de CO₂ em polpa de café mantida a 45°C e com fluxo de ar constante de 100 ml/min. LEGENDA: — Fresca; --- Prensada; - - - Fresca + Amostra 1 e Fresca + *Rhizopus* e . . . Prensada + Amostra 1 e Prensada + *Rhizopus*.

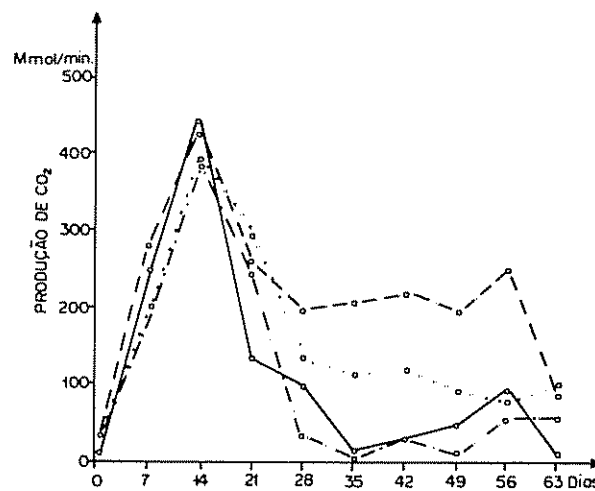


Fig. 2. Produção de CO₂ em polpa de café mantida a 45°C e com fluxo de ar constante de 100 ml/min. LEGENDA: — Fresca + Amostra 2; --- Prensada + Amostra 2; - - - Prensada + Hansenula e Prensada + Amostra 3 e . . . Fresca + Amostra 3 e Fresca + Hansenula.

Tabela 3 Composição química da polpa de café prensada, mantida a 45°C, com fluxo de ar constante durante 60 dias.

Polpa de café prensada	Dias	pH	N Total %	P Total %	Cinza %	Umidade %	C Orgânico %	Relação C/N
Sem inóculo	8	5.8	2.6	0.09	10.9	78.3	49.5	19.4
	23	8.8	2.8	0.10	11.5	80.5	49.2	17.3
	45	9.4	3.0	0.11	18.2	85.3	46.6	15.7
	60	9.8	3.0	0.10	18.2	84.0	45.5	15.1
Com inóculo								
Amostra 1	8	6.8	2.5	0.11	12.5	74.9	48.6	19.3
	23	9.4	3.2	0.11	11.7	80.3	49.0	15.4
	45	9.5	3.2	0.11	15.0	82.0	47.2	14.8
	60	9.8	3.1	0.12	17.7	87.1	45.7	14.6
Amostra 2	8	8.0	2.5	0.10	11.1	77.4	49.4	20.0
	23	9.5	3.4	0.11	11.8	87.4	49.0	14.5
	45	9.7	3.4	0.11	12.0	86.0	48.9	14.4
	60	10.2	3.4	0.11	18.0	85.6	45.6	13.6
Amostra 3	8	6.6	2.1	0.12	9.5	86.0	50.2	24.5
	23	9.5	3.2	0.12	11.0	85.9	49.5	15.5
	45	9.7	3.0	0.14	15.0	85.7	47.2	15.7
	60	10.2	3.0	0.14	18.3	85.7	45.4	15.1
<i>Aspergillus niger</i>	8	7.1	2.6	0.11	14.2	82.8	47.7	18.3
	23	7.6	2.7	0.12	14.5	84.3	47.5	17.6
	45	8.8	3.0	0.13	14.9	87.7	47.2	15.7
	60	8.9	3.1	0.13	14.3	89.7	47.0	15.2
<i>Rhizopus</i>	8	8.3	2.8	0.12	15.7	81.3	46.8	16.7
	23	8.5	2.8	0.13	15.7	82.7	46.8	16.7
	45	8.7	3.1	0.13	16.0	84.6	46.7	15.1
	60	8.8	3.3	0.12	16.2	85.5	46.6	14.1
<i>Aspergillus sp.</i>	8	9.4	2.6	0.12	12.3	80.9	48.7	19.8
	23	9.7	3.1	0.12	10.0	83.8	50.0	13.6
	45	9.8	3.0	0.12	14.0	82.0	47.8	15.9
	60	10.0	3.0	0.13	15.6	82.4	46.9	15.6

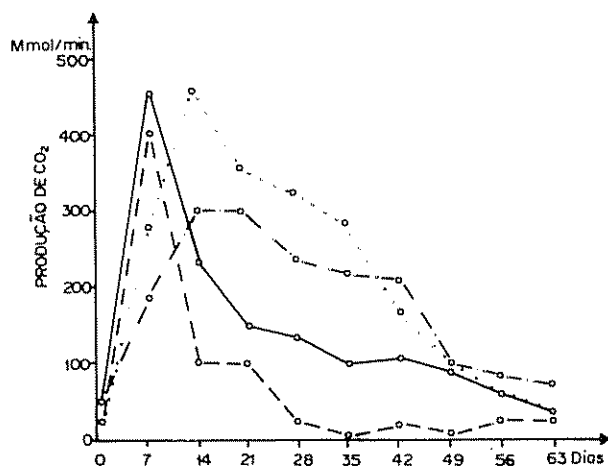


Fig. 3. Produção de CO₂ em polpa de café mantida a 45°C e com fluxo de ar constante de 100 ml/min. LEGENDA: — Fresca + *Aspergillus sp.*; - - - Prensada + *Aspergillus sp.*; . . . Fresca + *Aspergillus niger*; - . - . Prensada + *Aspergillus niger*.

Utilizando-se leveduras como inóculos, ocorreu alta produção de CO₂, permanecendo para alguns tratamentos por maior período de dias, Figs 3 e 4

Discussão

Na literatura alguns resultados apresentados demonstram que a comunidade microbiana é sempre mais eficiente que uma população, na decomposição de resíduos (15, 16); esta afirmação nem sempre é observada nos resultados aqui apresentados, Tabela 1. O inóculo contendo *Rhizopus* reduziu a relação C/N da polpa fresca de 27,69 para 13,0 após 45 dias de decomposição sendo que inóculo contendo amostra 2, isto é, mistura de microrganismos, neste mesmo tempo, reduziu esta relação para 13,6. Porém, para a polpa prensada o inóculo mais efetivo foi a amostra 2, reduzindo a relação C/N inicial de 28,04 para 13,6 após 60 dias, Tabela 3.

Tabela 4 Composição química da polpa de café fresca e perda do peso total do resíduo durante sua decomposição realizada a 45°C e com fluxo de ar contínuo.

Inóculo	Dias	pH	N Total %	P Total %	Cinza %	Umidade %	C Orgânico %	Relação C/N	Perda de peso %
<i>H. anomala</i>	15	9.0	3.5	0.1	14.1	75.6	47.7	13.6	12.1
	30	9.1	3.5	0.1	14.0	72.0	47.0	13.5	16.0
<i>C. utilis</i>	15	9.2	4.0	0.1	16.7	68.4	45.3	11.3	25.1
	30	9.3	4.0	0.1	16.0	66.0	45.0	11.3	24.0
<i>C. utilis</i> + <i>H. anomala</i>	15	9.0	4.2	0.1	18.2	80.3	45.4	10.8	44.0
	30	9.3	4.3	0.1	18.7	72.0	45.3	10.8	45.0
<i>H. polymorpha</i>	15	9.4	4.4	0.2	19.2	69.4	44.9	10.2	45.6
	30	9.5	4.4	0.1	20.0	60.0	44.0	10.2	47.0
<i>H. tropicalis</i>	15	9.4	3.8	0.1	18.2	81.6	54.4	12.1	18.7
	30	9.6	3.8	0.2	18.7	80.0	45.2	11.8	20.0
<i>Brettanomyces</i> sp.	15	9.3	3.7	0.2	16.6	74.9	46.3	12.5	15.3
	30	9.6	3.8	0.2	18.0	73.0	45.6	12.0	20.0
<i>H. polymorpha</i> + <i>C. tropicalis</i>	15	8.9	3.4	0.1	18.7	81.0	45.2	13.3	8.6
	30	9.2	3.5	0.1	19.0	80.0	45.0	13.0	15.0
Amostra 4	15	9.1	3.9	0.2	18.9	77.6	45.1	11.6	30.8
	30	9.4	4.4	0.2	21.0	70.0	50.6	11.5	35.0

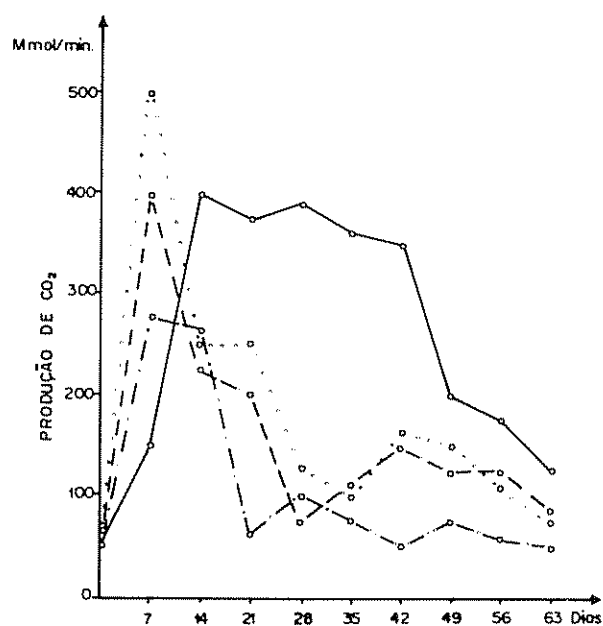


Fig. 4. Produção de CO₂ em polpa de café fresca, a 45°C, com fluxo de ar contínuo e com diferentes inóculos. LEGENDA: — *H. anomala*; --- *C. utilis*; - - - *H. anomala* + *C. utilis* e . . . *H. polymorpha*

Verifica-se portanto uma decomposição mais lenta e para a polpa prensada outros fatores como produção de CO₂, Figs 1 e 2 e relação de CO₂/O₂ produzido indicaram uma atividade mais intensa após 40 dias de decomposição, portanto mais tarde que para polpa fresca

Pode ser explicado este fato, talvez pela alteração da composição da polpa ao prensá-la, Tabela 1 e pelo menor número de microrganismos encontrados neste subproduto do café após seu prensamento

Verifica-se nos resultados que a utilização de inóculos acelera o processo de decomposição, entretanto seu uso na compostagem tem sido motivo de grande controvérsia (14). Na realidade, o inóculo poderá ser útil quando os organismos selvagens não possuem grande habilidade em degradar o resíduo; neste caso, a polpa de café poderá servir de exemplo. Geralmente os resíduos vegetais necessitam de inóculos, ao contrário dos resíduos sólidos urbanos (5).

A degradação da polpa prensada de modo geral foi igual ou menor que a polpa fresca, num mesmo período do processo e com o mesmo inóculo, porém na primeira pode ser observado um odor de terra úmida e na segunda um odor típico de matéria orgânica em

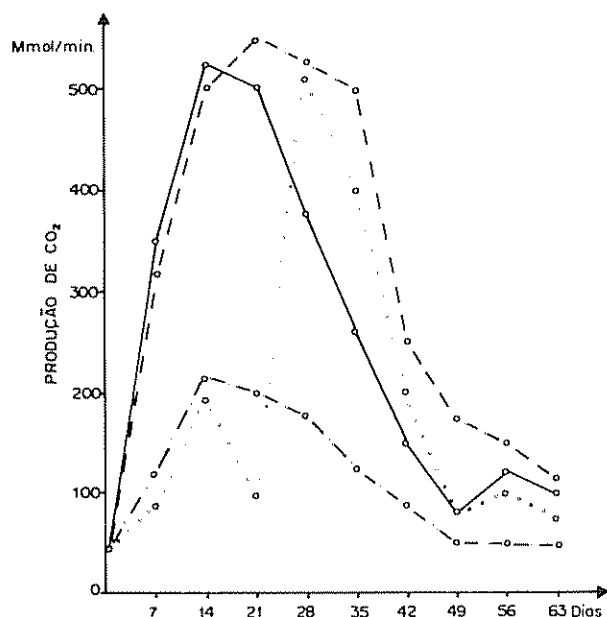


Fig 5 Produção de CO_2 em polpa de café fresca, a 45°C , com fluxo de ar contínuo e com diferentes inóculos. LEGENDA: — *C tropicalis* --- *Bretanomyces* sp; - - *C tropicalis* + *H polymorpha* e Amostra 4

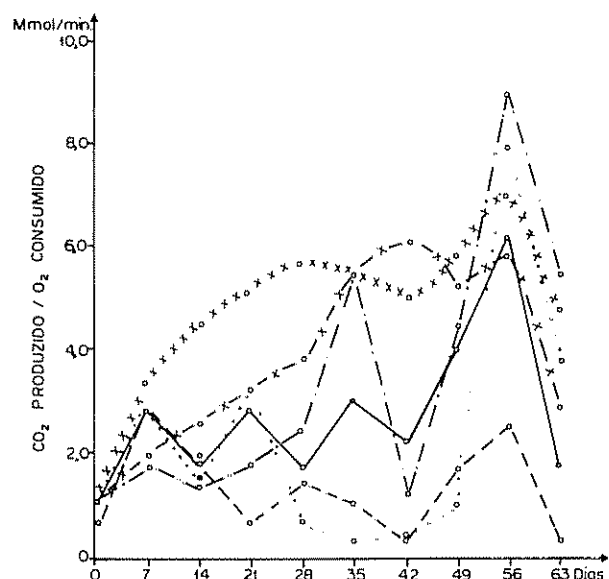


Fig 7 Relação de CO_2 produzido/ O_2 consumido na polpa de café mantida a 45°C , com fluxo de ar constante de 100 ml/min . LEGENDA: — Fresca + Amostra 2; --- Prensada + Amostra 2; - - Fresca + Amostra 3; . Prensada + Amostra 3; xxx Fresca + *Rhizopus* e -x- Prensada + *Rhizopus*.

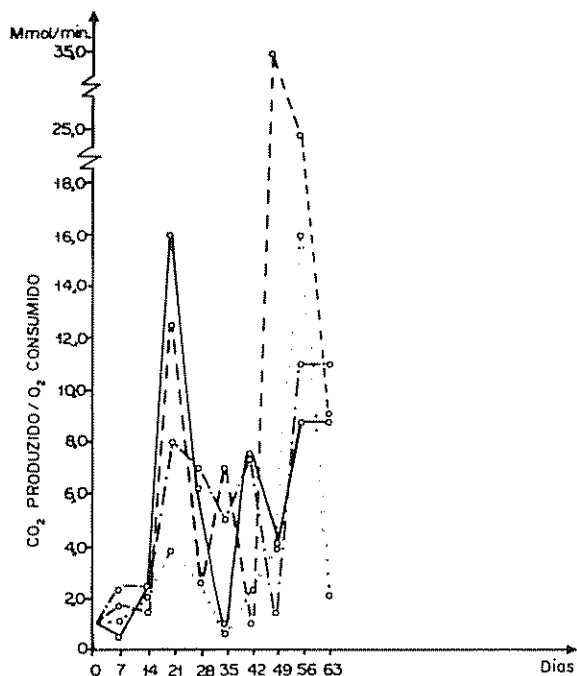


Fig 6 Relação de CO_2 produzido/ O_2 consumido na polpa de café, mantida a 45°C , com fluxo de ar constante de 100 ml/min . LEGENDA: — Fresca; --- Prensada; - - Fresca + Amostra 1 e . Prensada + Amostra 1.

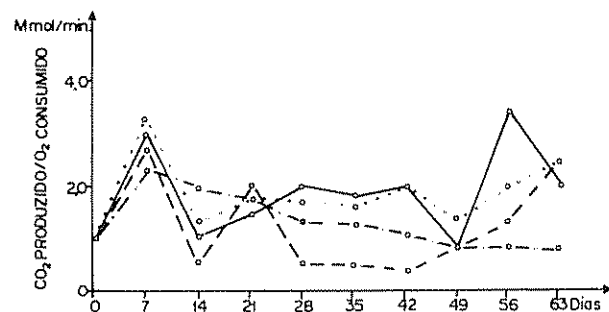


Fig 8 Relação de CO_2 produzido/ O_2 consumido na polpa de café mantida a 45°C , com fluxo de ar constante de 100 ml/min . LEGENDA: — Fresca + *Aspergillus* sp; --- Prensada + *Aspergillus* sp; - - Fresca + *Aspergillus niger* e . Prensada + *Aspergillus niger*.

decomposição. Na literatura este fato é atribuído à ocorrência de actinomicetos termofílicos (14) e pode ser também atribuído a uma baixa difusão de oxigênio na polpa fresca devido a uma maior compactação do material que está sendo decomposto.

Outra diferença observada foi quando se introduziu inóculos contendo leveduras; na polpa fresca houve uma resposta mais rápida observando-se uma forte produção de gases, uma alteração rápida da polpa e redução alta de volume, Tabela 4, enquanto que para a polpa fresca este fato não foi observado e por

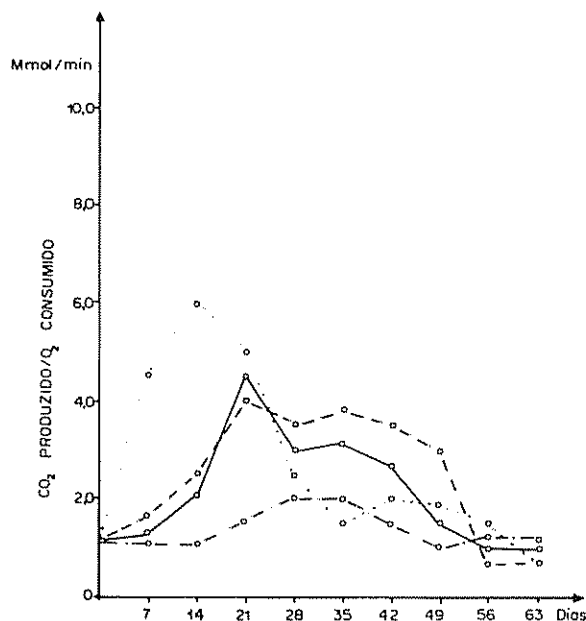


Fig 9 Relação de CO_2 produzido/ O_2 consumido na polpa de café fresca mantida a 45°C , com fluxo de ar constante e com diferentes inóculos LEGENDA: — *H. anomala*; - - - *C. utilis*; . . . *H. anomala + C. utilis* e - - - *H. polymorpha*

isso dixamos de apresentar os resultados, por não achá-los indicadores de uma decomposição real do resíduo

Nos ensaios realizados com fluxo de ar constante, 100 ml/minuto, todavia, torna-se difícil definir a quantidade correta de ar que deverá ser introduzida no processo já em escala industrial, para melhorar as condições de decomposição do resíduo. O excesso de aeração poderá impedir um aumento de temperatura, não possibilitando a realização de uma compostagem eficiente, com produção de um produto estável, uma vez que compostos contendo celulose e lignina são degradados acima de 60°C (14).

A produção de CO_2 na polpa de café variou de acordo com a natureza do inóculo utilizado. Geralmente, o máximo de produção de CO_2 ocorreu aos 14 dias do processo realizado com polpa fresca. Na polpa prensada, a máxima produção de CO_2 ocorreu somente após 49 dias do início do experimento, Figs. 1 e 2.

Alguns autores (4, 15, 16, 17) admitiram a possibilidade calcular a relação de CO_2 produzido com o O_2 consumido. Ao verificar esta relação com os resultados aqui obtidos, observa-se maior relação nos frascos contendo inóculos constituídos de leveduras, demonstrando maior atividade destas no início do processo, em relação aos demais inóculos.

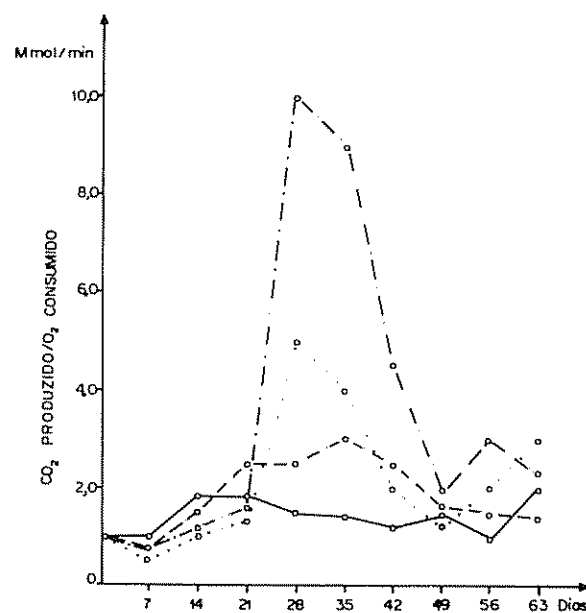


Fig 10 Relação do CO_2 produzido/ O_2 consumido na polpa de café fresca, mantida a 45°C , com fluxo de ar constante e com diferentes inóculos LEGENDA: — *C. tropicalis*, - - - *Brettanomyces sp*; . . . *C. tropicalis + H. polymorpha* e - - - Amostra 4

Considera-se entretanto, que essas determinações, realizadas em laboratório, nem sempre podem ser extrapoladas para as condições reais de campo, contudo, forneceram dados que permitiram selecionar o tipo de material a ser introduzido à polpa.

Finalmente, o processo de decomposição da polpa de café realizado a 45°C , demonstrou que a utilização de inóculo acelerou o processo e as leveduras foram mais hábeis em menor tempo que os fungos filamentosos e culturas mistas, nas condições aqui estabelecidas. Entretanto, comparando-se esses resultados com aqueles obtidos paralelamente verificou-se ainda que a compostagem da polpa de café foi mais rápida e efetiva quando utilizou-se um processo aeróbico, onde introduziu-se inóculo contendo *Trichoderma viride* e pedra-pomes para aumentar a aeração da massa do resíduo, processo realizado em temperatura ambiente.

A utilização de 45°C como temperatura utilizada para realizar a decomposição da polpa foi decorrente dos resultados obtidos na compostagem de bagaço de cana-de-açúcar, onde esta temperatura foi mais efetiva na realização do processo (13). Como para a polpa de café o tempo de decomposição não foi acelerado a níveis menores, comparando-se com os resultados acima citados, não se justificaria a utilização da temperatura de 45°C , que deverá ser mantida constante por muitos dias, acarretando em grande gasto de energia, o que tornaria o processo muito dispendioso.

Como o fator umidade é importante nesse processo quando utiliza-se inóculo contendo levedura (6), talvez este seja um dos motivos dos resultados aqui obtidos, uma vez que ao prensar a polpa houve uma redução no seu teor em água. Tabela 1

Entretanto, o uso da polpa fresca ou da prensada dependerá da tecnologia disponível, de uma análise econômica e dos objetivos traçados pela indústria de café.

Resumo

A procedência da polpa de café foi dos benefícios situados próximos a cidade da Guatemala. Guatemala. Fatores ambientais que atuam durante a compostagem desse resíduo, realizada a 45°C, foram estudados, pretendendo-se alcançar a otimização dos mesmos. Foi estudada a utilização de inóculos para acelerar o processo, sendo aqueles constituídos de microrganismos isolados da própria polpa de café, mantida em pilhas durante 15 dias, nos pátios dos benefícios. Os parâmetros analisados para verificar a decomposição do resíduo foram: teores de N total, P total, cinza, umidade, C orgânico e relação C/N. Foi determinada a atividade da polpa pela produção de CO₂ e a relação de CO₂ produzido/O₂ consumido. Dentre os inóculos utilizados o mais efetivo para polpa fresca foi *Hansenula polymorpha* e para a polpa prensada, o inóculo constituído de mistura de microrganismos obtidos da própria polpa. Entretanto a decomposição da polpa fresca foi mais rápida que a polpa prensada.

Literatura citada

1. ABD EL MALEK, V. *et al* 1978. Chemical and microbiological changes in some crop residues undergoing composting. 38. Microbial Changes. AIN Shams University Cairo, Egypt, 847 p 17.
2. ALBONETTI, S.G.; MASSARI, G. 1979. Microbiological aspect of a municipal waste composting system. *Europ Journal Appl Microbiology and Biotechnology* 7:91-95.
3. A.O.A.C. 1970. Official Method of Analysis. Ed. Association of Official Analytical Chemists. 10 ed. W.F. Horwitz. Washington, D.C.:223, 334-9 e 495.
4. ARRIOLA, N. 1972. Determinación espectrofotométrica de cafeína en café soluble. Tesis (M.S.) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 46 p.
5. BAGSTAN, G. 1978. Population changes in microorganisms during composting of spruce-bark. I. Influence of temperature control. *European Journal Appl. Microbiology Biotechnology* 5:315-330.
6. BARA, M. *et al* 1970. Determinación del nivel adecuado de la pulpa de café en la ración de novillos. *Boletín Informativo Salvadoreño de Investigación del Café* (92):1-8.
7. BRESSANI, R. 1974. Composición química de los subproductos del café. In Reunión Internacional sobre la utilización de subproductos agrícolas e industriales. la Turrialba, Costa Rica, Informe Final - C.R. IICA. 13 p.
8. BRESSANI, R. 1977. Antiphysiological factors in coffee pulp. In Pulpa del café - Composición Tecnología y Utilización. International Development Research Center, Canadá. 143-153.
9. BROWNE, C.A.; ZERBAN, F.W. 1941. Physical and chemical methods of sugar analysis. 3. John Wiley & Sons, New York: 60 p.
10. CABEZAS, M.T. *et al* 1979. Use of coffee pulp in ruminant feeding. In Coffee Pulp. International Development Research Center. Ottawa, Canadá. 25-38.
11. CALLE, V.H. 1951. Propagación de levaduras alimenticias en la pulpa y mucilago del café. *Revista Cafetera de Colombia* 10:3730-3732.
12. CLEVES, R. 1974. Justificación de un proyecto para investigar la obtención de pectina a partir del mucilago del café. Departamento de Estudios Técnicos y Diversificados Proyecto 1 Sub-proyecto 5 Oficina del Café, San José, Costa Rica. 10 p.
13. FILIP, Z. 1978. Effect of solid particles on the growth and endurance to heat stress of garbage compost microorganisms. *Europ Journal Appl Microbiology and Biotechnology* 6:87-94.
14. GOLUEKE, C.G. 1979. Composting in biological reclamation of solid wastes. Rodale Press, P.A. p. 1161.

15. GRAY, K.R. *et al.* 1971. A review of composting Part I Microbiology. In *Biochemical Process*. Academic Press, N.Y. p. 32-36.
16. GRAY, K.R. *et al.* 1972. Review of composting. Part II The practical process. In *Biochemical Process*. Academic Press, N.Y. 22-28
17. HORTON, R.K. *et al.* 1946. Estudio sobre el tratamiento de los desechos de los beneficios de café. *Café de El Salvador*, 16:971-986
18. MEBIUS, L.J. 1960. A rapid method for the determination of organic carbon in soil. *Analytical Chemistry Acta*, 22:120-124
19. MENCHU, J.F. 1978. El aprovechamiento de los subproductos del beneficio húmedo del café. In *VI Congresso Brasileiro de Café Resumos*. Ribeirão Preto, SP. 77 p.
20. ORSAT, O. 1978. Determinación del dióxido del carbono. *Catálogo ICATI*. 20 p.
21. PAZ, A.M. 1974. Modern method for decomposition of coffee pulp and uses of coffee pulp. *Suplemento Bibliográfico de Turrialba*, 4: 27 p.

Reseña de libros

COCHRAN R., T.T.; SANCHEZ, L.G.; AZEVEDO, L.G. de, PORRAS, J.A., y GARVER, C.L. 1985. *Land in Tropical America* (Vols 1, 2 y 3) Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária de Cerrados (EMBRAPA-CPAC), Planaltina, D.F., Brasil. I. 146 p, II 36 mapas, III 147 p

Los estudios regionales, aunque necesarios, son escasos debido a su elevado costo, así como a la dificultad técnica de homogenizar y aceptar un solo sistema que satisfaga por entero a los interesados en dicho estudio.

Después del esfuerzo realizado por la FAO/UNESCO, el presente es el primer trabajo regional sobre tierras de la América Latina, realizado en dos instituciones reconocidas internacionalmente por su contribución en este campo (CIAT y EMBRAPA-CPAC), el cual fue conducido por T.T. Cochrane.

El trabajo se publica en dos volúmenes; el Volumen 1 (146 páginas) resume los objetivos del proyecto e incluye la metodología y el procedimiento de trabajo en nueve capítulos. El Volumen 2 incluye 36 mapas a escala 1:1 000 000, con la clasificación de las tierras de los 820 millones de hectáreas inventareadas;

además a manera de resumen se adjunta un mapa a colores escala 1:5 000 000. Por último, en el Volumen 3 (147 páginas) se presenta en forma de cuadros computarizados la información específica de cada sistema de tierras.

El trabajo, publicado en 1985, incluye la recopilación y el almacenamiento de datos de las tierras bajas de la América Latina que drenan en el Océano Atlántico de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, esfuerzo realizado durante 1977-1981 y de acuerdo a la metodología descrita en el Volumen I.

El estudio se realiza siguiendo una modificación del sistema de clasificación de tierras de Christian y Stewart en Australia y por misma vez empleado en México en la América Latina. Los autores, además de utilizar la información ya existente, analizaron imágenes de satélite y de radar para delimitar los sistemas y las facetas del terreno.

Debido a la poca concordancia entre los mapas climáticos en existencia con la distribución de la vegetación y/o el potencial agrícola de la región, realizado por los sistemas de Holdridge, Köppen y Thornthwaite, se optó por redefinir los parámetros climáticos empleados. Se recopiló la información de aproximadamente 4 000 estaciones con más de 20 años de registro, la cual fue procesada por Hancock y colaboradores en la Universidad del Estado de Utah, separándose las regiones en función de la evapotranspiración durante la estación lluviosa (WSPE), el número de meses húmedos con un MAI mayor a 0.33% y la

temperatura media de los meses más húmedos (USMT) De esta manera se definió el bosque tropical lluvioso, el bosque estacional semi-siempreverde, la sabana isohipertérmica, la sabana isotérmica, el bosque (semi) deceduo, la vegetación subtropical y otros tipos de vegetación.

Los diferentes paisajes o regiones fisiográficas se discuten en términos geológicos, hidrológicos, fisiográficos, topográficos y de vegetación. Geológicamente la zona está dominada por los escudos brasileños y guayanes, con amplias zonas cubiertas por materiales aluviales erodados de la cadena montañosa de los Andes, siendo dividida por los ríos Orinoco, Amazonas y Paraná. Así las regiones fisiográficas más importantes corresponden a la Cuenca Amazónica, el Escudo Brasileño, el Codo de los Andes, el Pie de Monte Andino, el Escudo Guyanés, las Pampas de Mojos, la Cuenca del Orinoco, el Pantanal y la Cuenca del Paraná. La región incluye 170 millones de hectáreas mal drenadas y 649 millones de hectáreas bien drenadas.

De acuerdo a este estudio los Oxisoles ocupan el 40% del área, los Ultisoles el 25.9%, los Entisoles el 20.0%, los Alfisoles el 7.0%, los Inceptisoles el 6.4%, con pequeñas áreas de Espodosoles, Mollisoles, Aridisoles, Vertisoles e Histosoles. Se concluye que tan solo el 5% de la región tiene un alto contenido de bases siendo limitantes serias la toxicidad de aluminio, la deficiencia del fósforo, la baja capacidad de intercambio catiónico y las deficiencias generalizadas del nitrógeno, potasio, azufre, calcio y magnesio. En algunos suelos se presentan toxicidades de manganeso e hierro, mientras que los elementos menores a menudo deficientes son boro, zinc y cobre y en Brasil el molibdeno.

Dado que el 75% de la región sufre de lavado de nutrientes, se presenta una discusión de este fenómeno en función de la cobertura vegetal. Así, en las sabanas isohitéricas (83.8 millones de hectáreas), las principales limitantes son el exceso de Al, la deficiencia de

K, Ca, Mg, y P, el déficit de humedad y la textura arenosa. La sabana isotérmica (34.4 millones de hectáreas) presenta problemas similares pero menor toxicidad de aluminio y mayor contenido de magnesio. Los bosques estacional semi-deciduo (238 millones de hectáreas) tienen problemas similares pero menor fijación del fósforo. Las pérdidas, particularmente de nitrógeno, son mayores en las sabanas degradadas con un sistema radical pobre perdiéndose menos nutrientes en los bosques debido a que: 1) no hay muerte de raíces en la estación seca como sucede en los forrajes; 2) las lluvias, en particular las ligeras, son absorbidas por el follaje de los árboles y 3) con la excepción de bosque semi-deciduo, la época seca no es tan severa en los bosques, por lo que no hay una acumulación de nitratos en el piso del suelo. Por estas razones, la biomasa del bosque tiene un acúmulo de nutrientes que no tiene la sabana, requiriéndose un manejo de suelo diferente, ya sea que se inicia una explotación a partir del bosque o de la sabana.

En esta obra se presentan en escala generalizada todas las características físicas que afectan el manejo de las tierras de la mayoría de las zonas tropicales bajas de la América del Sur. En este sentido, el documento es mucho más importante que su predecesor de la FAO/UNESCO, el cual además de considerar principalmente los suelos no incluye la información generada en los últimos 10 años, desde su aparición. Cochrane y colaborador resumen bien el conocimiento actual de esta región, principalmente para fines de planificación global; aún queda el enorme vacío del detalle necesario para la planificación a nivel local. Por su claridad, el texto es de mucho valor en la enseñanza de los suelos, el clima y la geografía regional de la América del Sur, en especial si algún día llega a traducirse al español.

ALFREDO ALVARADO
ASESOR PROYECTO IBTA/CHAPARE
COCHABAMBA, BOLIVIA

Summary

Three soils were selected from both the Guanacaste volcanic range (NW) and the Agua Buena-Paso Canoas region (SW) in Costa Rica in order to analyze their potassium content

The research focussed on K in solution, exchangeable and non-exchangeable K, and total K, as well as the retention of this nutrient. Especially low levels of all forms of K were found in the SW Costa Rican soils, probably due to intense leaching and older (Tertiary) parent material

K in solution ranged from 14 to 33 mg/kg⁻¹, exchangeable K from 45 to 620 mg/kg⁻¹, non-exchangeable K from 58 to 125 mg/kg⁻¹, K extracted with HNO₃ from 108 to 704 mg/kg⁻¹, and total K from 1575 to 4900 mg/kg⁻¹.

Good correlation was found between the quantities of K extracted with the Olsen method, NH₄ OAc and HNO₃. Thus, the critical level of K obtained with the Olsen method, established at 0.2 cmol (+) L⁻¹, corresponds to 0.23 cmol (+) kg⁻¹ with NH₄ OAc and 0.45 cmol (+) kg⁻¹ with HNO₃.

K retention was low, ranging from 0 to 24%

Introducción

La información sobre el estado del potasio en los suelos de Costa Rica es bastante limitada, y la investigación realizada hasta ahora se ha concentrado principalmente en la caracterización del K disponible durante el ciclo de un cultivo dado

El estudio de las formas de K (total, estructural, no intercambiable, intercambiable y en solución) puede ayudar a resolver algunas interrogantes acerca de la dinámica de este elemento en el suelo, y además, permite conocer la capacidad de abastecimiento de K para las plantas (7, 20, 21)

La concentración de las distintas formas de K en Andepts por lo general es moderadamente alta (21), aunque puede variar enormemente (12). Su contenido se halla ligado a la composición del material piroclástico, al tiempo en que ocurrió la deposición de la ceniza y al medio o condiciones en las cuales se llevó a cabo su alteración (12, 17).

En general, los suelos volcánicos de Costa Rica no responden a las aplicaciones de K debido a los altos contenidos de todas las formas de K encontradas en ellos (20, 21, 28). Sin embargo, ocasionalmente se ha presentado respuesta en suelos ubicados fuera del Valle Central (4).

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el estado de las diferentes formas de potasio en seis Andepts de Costa Rica.

Materiales y métodos

Se escogieron seis suelos volcánicos en los cuales se habían encontrado problemas de potasio. Las muestras correspondieron a tres localidades de la Cordillera Volcánica de Guanacaste: Arenal, Bijagua y Dos Ríos, y tres de la Zona Sur: Sabalito, Agua Buena y Paso

¹ Recibido para publicación el 10 de mayo de 1986. Parte de la tesis de Ing. Agr. presentada por el primer autor a la Escuela de Fitotecnia de la Universidad de Costa Rica y financiada por la Vicerrectoría de Investigación

* Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

** IDIAP, Santiago, Veraguas, Panamá

*** USAID, Cochabamba, Bolivia

Canoas. En el Cuadro 1 se presenta la elevación y caracterización climática de los sitios muestreados.

Todos los suelos clasifican como **Typic Dystrandept** (8, 16, 22, 25).

Las muestras se tomaron a una profundidad de 0-20 cm, se secaron al aire y se pasaron por una criba de 2 mm.

Se hicieron análisis de las distintas formas de potasio en el suelo: K en solución, K intercambiable, K no intercambiable y K total.

K en solución: Se obtuvo mezclando 25 g de suelo con 50 ml de agua y manteniendo en agitación por 24 horas, de acuerdo con Halstead y Heeney (14).

K intercambiable: Se determinó por el método tradicional de NH_4OAc 1N a pH 7 (6).

K no intercambiable: Se realizó por dos métodos. En uno se utilizó el H_2SO_4 concentrado como extractante, mediante agitación de 10 g de suelo con 10 ml de ácido y 25 ml de agua destilada, de acuerdo con Hunter y Pratt (15). En el otro se mezclaron 25 g de suelo con 25 ml de HNO_3 1N y se calentó a ebullición suave por 10 minutos (26). Ambos métodos se estima que extraen, además del K intercambiable, parte del K no intercambiable disponible para las plantas.

K total. Se utilizó el método descrito por Suárez (28), poniendo a digerir 0.25 g de suelo con H_2SO_4 y HF concentrados en un crisol de platino con calentamiento.

Además, también se determinó el K extraído con Olsen modificado (10) y el K estructural por dife-

rencia entre el K total y el K extraído con HNO_3 (7).

Retención de potasio. Se hicieron curvas de retención de K, consistentes en la incubación del suelo con soluciones de K de concentración creciente, hasta el secado. Posteriormente, al extraer del suelo la concentración disponible del elemento a cada concentración agregada se puede conocer lo que se retiene. Este procedimiento se basa en la metodología propuesta por Díaz-Romeu y Hunter (10).

Resultados y discusión

Formas de potasio

Los resultados de la determinación de las formas de K en los suelos se presentan en el Cuadro 2.

El K en la solución corresponde al K disuelto en la solución del suelo (11). Esta fracción osciló entre 14 y 33 mg/kg^{-1} con un promedio de 21.1 mg/kg^{-1} (0.053 cmol (+) kg^{-1}), valor muy similar al informado por Fassbender (11) en **Andepts** de Centroamérica (20 mg L^{-1}). El factor intensidad en suelos volcánicos por lo general es alto (3) debido a la naturaleza del material parental y a la predominancia de texturas gruesas.

En términos porcentuales, el K en solución representó entre 0.3 y 1.2% del K total (Cuadro 3), lo cual está de acuerdo con lo encontrado por otros autores en **Andepts** (2, 7, 24).

El K disponible en Olsen varió entre 43 y 515 mg L^{-1} para un promedio de 157 mg L^{-1} (0.40 cmol (+) L^{-1}), y el K intercambiable en NH_4OAc entre 45 y 620 mg/kg^{-1} (0.11 - 1.59 cmol (+) kg^{-1}) para un

Cuadro 1. Elevación y caracterización climática de los sitios muestreados.

Suelo	Elevación ¹ (msnm)	Precipitación ¹ (mm)	Zona de vida ²
Arenal, Tilarán, Guanacaste	1 300	2 800	Bosque pluvial premontano
Bijagua, Upala, Alajuela	580	2 800	Bosque muy húmedo premontano
Dos Ríos, Upala, Alajuela	580	2 500	Bosque muy húmedo premontano
Sabalito, Coto Brus, Puntarenas	890	3 800	Bosque pluvial premontano
Agua Buena, Coto Brus, Puntarenas	700	3 500	Bosque muy húmedo premontano transición a pluvial
Paso Canoas, Corredores, Puntarenas	12	4 500	Bosque muy húmedo premontano transición a basal

1 Instituto Meteorológico Nacional.

2 Según Mapa Ecológico de Tossi (29)

promedio de 187 mg/kg^{-1} ($0.48 \text{ cmol (+)kg}^{-1}$). Estos resultados coinciden con los encontrados por Bertsch, Cordero y Alvarado (4) en suelos de las mismas regiones, pero son en promedio inferiores a los de otros Andepts del Valle Central de Costa Rica (1, 19, 28)

La diferencia puede atribuirse al mayor grado de meteorización de los suelos volcánicos fuera del Valle Central y a un régimen de humedad más intenso que promueve la lixiviación rápida del K intercambiable

La fracción intercambiable representó entre 1 y 12.6% del K total, lo cual se considera bajo. Las concentraciones más altas de K intercambiable se encontraron en los suelos de la Cordillera Volcánica de Guanacaste, con 287 mg/kg^{-1} en promedio ($0.74 \text{ cmol (+)kg}^{-1}$), en contraste con los Andepts de la Zona Sur, con 87 mg/kg^{-1} ($0.22 \text{ cmol (+)kg}^{-1}$), lo cual se explica por el mayor grado de precipitación pluvial que se presenta en la región sur que causa una alta lixiviación del elemento, que como se sabe, puede ser débilmente retenido por la alofana (12). Además el material parental de los suelos de la Zona Sur es de

Cuadro 2. Formas de potasio en seis Andepts de Costa Rica.

Suelo	A	B	C	D	E	F(E-C)	G(H-E)	H
	K Solución	K extraído con Olsen	K ¹ extraído con NH ₄ OAc	K extraído con H ₂ SO ₄	K ² extraído con HNO ₃	K ³ no intercambiable	K ⁴ estructural	K Total
	mg kg ⁻¹							
Arenal	14.0	47	45	65	152	107	3 948	4 100
Bijagua	19.2	160	195	157	320	125	1 255	1 575
Dos Ríos	15.8	515	620	349	704	84	4 196	4 900
Sabalito	33.0	43	40	35	108	68	3 842	3 950
Agua Buena	19.2	129	170	129	248	78	4 002	4 250
Paso Canoas	25.2	47	50	39	108	58	3 817	3 925
	cmol (+)kg ⁻¹							
Arenal	0.036	0.12	0.12	0.17	0.39	0.27	10.12	10.51
Bijagua	0.049	0.41	0.50	0.40	0.82	0.32	3.22	4.04
Dos Ríos	0.040	1.32	1.59	0.89	1.80	0.22	10.76	12.56
Sabalito	0.085	0.11	0.10	0.09	0.28	0.17	9.85	10.13
Agua Buena	0.049	0.33	0.44	0.33	0.64	0.20	10.26	10.90
Paso Canoas	0.065	0.12	0.13	0.10	0.28	0.15	9.79	10.06

1 K intercambiable, incluye el K en solución

2 Incluye el K en solución, el K intercambiable y el K no intercambiable.

3 Se obtuvo por diferencia entre el K extraído con HNO₃ 1N y el K extraído con NH₄OAc 1N

4 Es la diferencia entre el K total y el K extraído con HNO₃ 1N

Cuadro 3. Porcentaje de K en cada fracción con respecto al K total en seis Andepts de Costa Rica.

Suelo	K-solución	K-intercambiable	K-extraído con HNO ₃	K-estructural	K-total
	%				
Arenal	0.3	1.1	3.7	96.3	100
Bijagua	1.2	12.4	20.3	79.7	100
Dos Ríos	0.3	12.6	14.4	85.6	100
Sabalito	0.7	1.0	2.7	97.3	100
Agua Buena	0.4	4.0	5.8	94.2	100
Paso Canoas	0.6	1.3	2.8	97.2	100

origen Terciario (16), mientras que los suelos de Guanacaste son más recientes (período Cuaternario) (8, 22)

El K extraído con un ácido fuerte menos el K intercambiable, corresponde a la fracción no intercambiable

El H_2SO_4 concentrado no resultó un buen extractante de las formas no intercambiables ya que las cantidades obtenidas fueron inferiores al K intercambiable (Cuadro 2) El HNO_3 1N extrajo más del doble de K que el H_2SO_4

Estos resultados difieren de lo indicado por Hunter y Pratt (15) quienes encontraron que el K extraído con H_2SO_4 correlacionó con el K liberado de las formas no intercambiables. Sin embargo, Crisóstomo y De Castro (9) hallaron que el H_2SO_4 extrajo cinco veces menor K que el HNO_3 1N en varios suelos brasileños

Es probable que las diferencias encontradas con los dos métodos se deban a que en la extracción con HNO_3 , el calentamiento de la muestra de suelo a ebullición provee más energía al sistema, lo que no ocurre con el procedimiento del H_2SO_4

El K extraído con HNO_3 1N fluctuó entre 108 y 704 mg/kg^{-1} (0.28 y 1.80 $cmol(+)kg^{-1}$), con un promedio de 273 mg/kg^{-1} (0.70 $cmol(+)kg^{-1}$). Al restarle el K intercambiable, los valores oscilaron entre 58 y 125 mg/kg^{-1} (0.15 y 0.32 $cmol(+)kg^{-1}$) de K no intercambiable. Estos resultados se consideran bajos en **Andepts** Martini y Suárez (20) hallaron entre 16 y 240 mg/kg^{-1} de K no intercambiable en Andisoles del Valle Central de Costa Rica, mientras que Caicedo *et al.* (7) y Arteaga y Guerrero (2) en suelos volcánicos de Colombia y utilizando el método de cuatro extracciones sucesivas con HNO_3 , encontraron en promedio 1214 y 598 mg/kg^{-1} de K no intercambiable, respectivamente

La fracción intercambiable correspondió al 68% del K extraído con HNO_3 , similar al valor de 72% hallado por Martini y Suárez (20) en otros **Andepts** de Costa Rica.

El K no intercambiable representa la reserva de K disponible a mediano plazo para las plantas, por lo cual las bajas cantidades determinadas en los suelos bajo estudio no parecen ofrecer buenas perspectivas para la capacidad de suministro de este nutriente a partir de formas no intercambiables. Al comparar las concentraciones del K estructural con las del no intercambiable, se nota una amplia diferencia, lo que supone que el traspaso de una forma a otra es lenta o bien, el lavado de la fracción intercambiable es muy

intenso. Como se sabe el K en **Andepts** puede ser rápidamente lixiviado durante los procesos de meteorización

El K no intercambiable en los suelos de la Cordillera Volcánica de Guanacaste y de la Zona Sur fue en promedio de 105 mg/kg^{-1} (0.27 $cmol(+)kg^{-1}$) y 68 mg/kg^{-1} (0.17 $cmol(+)kg^{-1}$), respectivamente. Estas diferencias pueden atribuirse a la presencia de un clima más lluvioso en los suelos de la región sur que promueve una mayor lixiviación y al origen más antiguo del material parental

El K estructural corresponde a la diferencia entre el K total y el K extraído con HNO_3 1N. Esta fracción representó entre 79.7 y 97.3% del K total (Cuadro 3), con un promedio de 90%. Los suelos de la Zona Sur presentaron las cantidades porcentuales de K estructural más elevadas, lo que indica que su fracción de K disponible para las plantas es más pequeña. Suárez (28) encontró en **Andepts** de Costa Rica que esta fracción representó el 93% del K total

El K total varió entre 1 575 y 4 900 mg/kg^{-1} , con un promedio de 3 783 mg/kg^{-1} . Estos valores se consideran bajos si se toma en cuenta que los suelos volcánicos por lo general son ricos en micas y feldespatos potásicos (17)

En **Andepts** de Panamá y Colombia se han encontrado concentraciones superiores a 4 600 mg/kg^{-1} de K total en promedio (2, 7, 18). Suárez (28) informa que el contenido promedio de K total en suelos volcánicos del Valle Central de Costa Rica es de 7 051 mg/kg^{-1} . La actividad volcánica y la deposición de cenizas frescas ricas en minerales potásicas es más frecuente en el Valle Central que en los suelos de las regiones bajo estudio lo cual podría explicar la menor cantidad de K total hallada

En general, la reserva de K disponible para las plantas a partir de sus distintas formas es baja, principalmente en los **Andepts** de la Zona Sur. Una representación cuantificada de las posibilidades de suministro de potasio de estos suelos se presenta en la Fig. 1.

Se encontraron algunas correlaciones significativas entre las formas de potasio que se detallan en el Cuadro 4

El K estructural correlacionó con el K total, lo cual se considera normal ya que el K total está formada en gran parte (90 - 98%) por el K estructural (23)

Se encontró correlación entre las cantidades de K extraídas con Olsen modificado, NH_4OAc y HNO_3 . De acuerdo con esto, el nivel crítico de K extraído

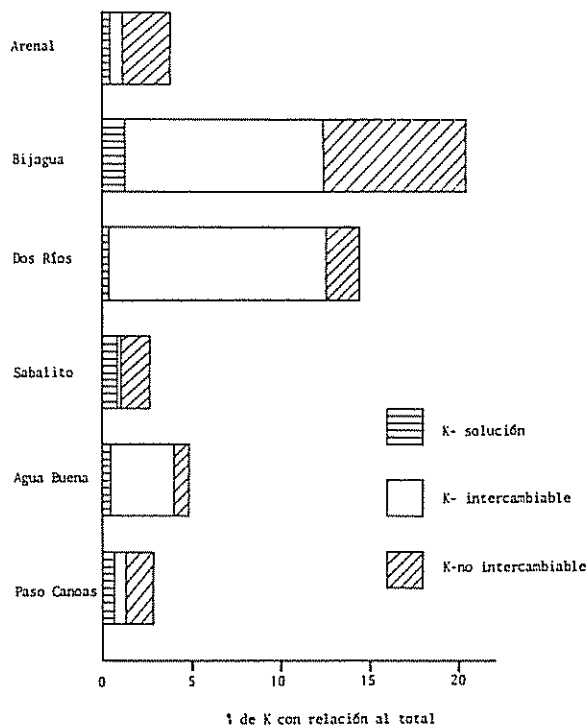


Fig 1. Representación esquemática de los porcentajes de K en solución, K intercambiable y K no intercambiable en los suelos

con Olsen establecido en 0.2 cmol (+)L⁻¹ corresponde a 0.23 cmol (+)kg⁻¹ con NH₄OAc, y a 0.45 cmol (+)kg⁻¹ con HNO₃, tal como se observa en la Fig 2. Estos resultados concuerdan con Briceño y Carvajal (5) quienes encontraron que 0.21 y 0.44 cmol (+)kg⁻¹ de K extraído con NH₄OAc y HNO₃, respectivamente constituyen los niveles críticos por debajo de los cuales se puede esperar respuesta al potasio por el café en Andepts de Costa Rica.

Retención de potasio

En la Fig. 3 se aprecia la curva de retención de K de los seis Andepts elaborada de acuerdo con la metodología de Díaz-Romeu y Hunter y utilizando las regresiones lineales.

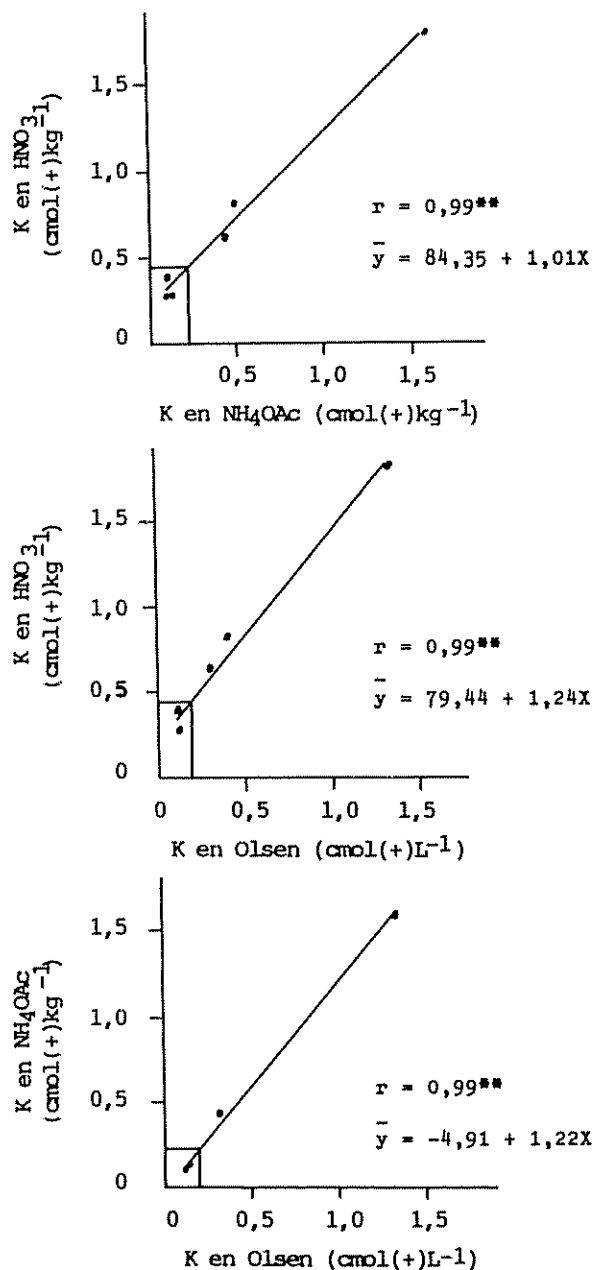


Fig 2. Relación entre el K extraído con las soluciones Olsen, NH₄ OAc y HNO₃ en seis Andepts de Costa Rica.

Cuadro 4. Índices de correlación entre las formas de potasio en los suelos antes del cultivo.

	K intercambiable en NH ₄ OAc	K extraído con HNO ₃	K estructural
K extraído con Olsen	0.99**	0.99**	
K intercambiable		0.99**	
K total			0.98**

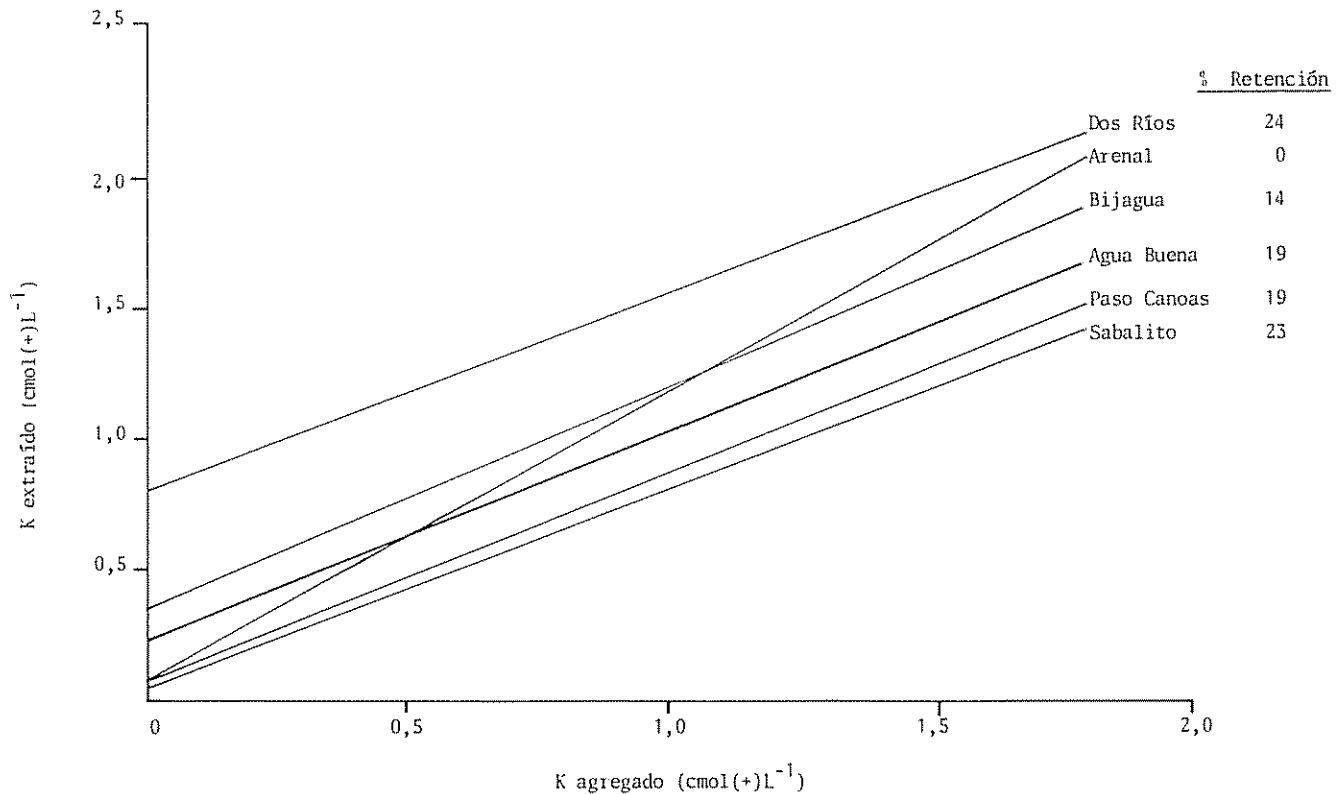


Fig. 3 Curvas de retención de K en seis Andepts de Costa Rica.

La fijación de K fue baja y oscila entre 0 y 24%. A pesar que la alofana presenta afinidad por el K (27), su poder de retención es muy débil (17). Al parecer, la alofana necesita un pH alcalino para fijar K (27) el cual no se presenta en las condiciones naturales de estos suelos.

En promedio, la retención de K en los suelos fue de 16.5%. Resultados similares han sido informados en otros Andepts (4, 13, 24).

Conclusiones

El K en solución resultó alto, oscilando entre 14 y 33 mg/kg⁻¹. De las otras formas de potasio, el K intercambiable varió entre 45 y 620 mg kg⁻¹, el K extraído con HNO₃ entre 108 y 704 mg kg⁻¹, el K no intercambiable entre 58 y 125 mg kg⁻¹ y el K total entre 1 575 y 4 900 mg kg⁻¹, resultados que se consideran bajos para estos suelos, especialmente en los Andepts de la Zona Sur.

El K en solución representó entre 0.34 y 1.2% del K total, el K intercambiable entre 1.0 y 12.4%, el K extraído con HNO₃ entre 2.7 y 20.3% y el K estructural entre 79.7 y 97.3%.

El HNO₃ fue más eficiente que el H₂SO₄ para extraer el K no intercambiable.

Las cantidades de K extraídas con Olsen, NH₄OAc y HNO₃ correlacionaron entre sí, correspondiendo el nivel crítico de 0.20(+)L⁻¹ de K en Olsen a 0.23 cmol(+)kg⁻¹ con NH₄OAc y 0.45 cmol(+)kg⁻¹ con HNO₃. La retención de K fue baja y varió entre 0 y 24%.

Resumen

Se escogieron tres Andepts de la Cordillera Volcánica de Guanacaste y tres de la Zona Sur, con el objeto de investigar el estado del potasio. Se analizaron las formas de K en el suelo: K en solución, K intercambiable, K no intercambiable y K total; y se determinó la retención de este nutrimento.

Las concentraciones de las distintas formas de K estuvieron bajas, principalmente en los suelos de la Zona Sur, lo cual se explica por la presencia de un régimen de precipitación más intenso que causa mayor lixiviación del elemento y por el origen más antiguo del material parental. El K en solución varió entre 14 y 33 mg/kg⁻¹, el K intercambiable entre 45 y

620 mg/kg⁻¹, el K no intercambiable entre 58 y 125 mg/kg⁻¹, el K extraído con HNO₃ entre 108 y 704 mg/kg⁻¹ y el K total entre 1 575 y 4 900 mg/kg⁻¹. Se encontró correlación entre las cantidades de K extraídas con Olsen, NH₄OAc y HNO₃. De acuerdo con esto, el nivel crítico de K extraído con Olsen, establecido en 0.2 cmol (+)L⁻¹, corresponde a 0.23 cmol (+) kg⁻¹ con NH₄OAc y 0.45 cmol (+)kg⁻¹ con HNO₃.

La retención de K fue baja y osciló entre 0 y 24%

Literatura citada

1. ALVARADO, A. 1975 Fertilidad de algunos Andepts dedicados a potreros en Costa Rica Turrialba 25(3):265-270
2. ARTEAGA, C ; GUERRERO, R 1978 Capacidad de restitución de potasio en suelos andinos de Nariño, Colombia Suelos Ecuatoriales 9(2):120-126.
3. BENAVIDES, G. 1978 El factor cantidad intensidad de potasio en algunos suelos de la Sabana de Bogotá y de la Amazonia colombiana Suelos Ecuatoriales 9(2):97-109.
4. BERTSCH, F ; CORDERO, A ; ALVARADO, A 1984 Fertilidad de Typic Dystrandeps de Costa Rica. I Metodología, acidez y cationes (Ca, Mg, K, Mn, Zn y Cu) Turrialba 34(2):187-197
5. BRICEÑO, J.A ; CARVAJAL, J.F 1973 El equilibrio entre los metales alcalinos y aluminotérreos en el suelo asociado con la respuesta del café al potasio Turrialba 23(1):56-71
6. BRICEÑO, J.A ; PACHECO, R 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas San José, Editorial Universidad de Costa Rica. 152 p.
7. CAICEDO, A. *et al.* 1971 El potasio en los suelos volcánicos del Valle de Sibundoy, Putumayo, Colombia Turrialba 21(2):176-180.
8. CERVANTES, C.A 1977 Caracterización de la fracción mineral y determinación del ZPC en cuatro Andepts de la provincia de Guanacaste Tesis Ing Agr San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia 66 p
9. CRISOSTOMO, L.A ; CASTRO, A.F. DE 1979 Poder de suprimento de potássio de solos da zona fisiográfica de Baturité, Ceará, Brasil Turrialba 20(4):425-433
10. DIAZ-ROMEY, R ; HUNTER, A 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 68 p
11. LASSBENDER, H.W. 1980 Química de suelos, con énfasis en suelos de América Central, San José, IICA. 398 p
12. FOX, R.L 1974. Chemistry and management of soil dominated by amorphous colloids Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings 33:112-119.
13. GOMEZ, C.M ; CARRILLO, I ; ESTRADA, G 1982 Adsorción de potasio en Andosoles de la zona cafetalera Cenicafé 33(4):104-128
14. HALSTEAD, R.L ; HEENEY, H.B. 1959 Exchangeable and water soluble potassium in soils and degree of saturation in relation to tomato yields Canadian Journal of Soil Science 39:129-135
15. HUNTER, A.H ; PRATT, P.F. 1957. Extraction of potassium from soils by sulfuric acid Soil Science Society of America Proceedings 21(6):595-598.
16. LOPEZ, H. 1978. Caracterización de la fracción mineral en cinco Andepts de los cantones de Corredores y Coto Brus. Tesis Ing Agr San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia, 51 p
17. LUNA, C ; SUAREZ, S 1978. El potasio en suelos derivados de cenizas volcánicas Suelos Ecuatoriales 9(2):37-44
18. MARTINI, J.A. 1966 Caracterización del estado del potasio en seis suelos de Panamá. Fitotecnia Latinoamericana 3(1-2):163-186
19. MARTINI, J.A. 1970 Caracterización del estado nutricional de los principales Andosoles de Costa Rica mediante la técnica del elemento faltante en invernadero Turrialba 20(1):72-84
20. MARTINI, J.A ; SUAREZ, A 1975 Potassium status of some Costa Rican Latosols and

- Andosols and their response to potassium fertilization under greenhouse conditions. Soil Science Society of America Proceedings 39(1):74-80.
- 21 MARTINI, J. A.; SUAREZ, A. 1977. Potassium supplying and fixing capacity in Latosols and Andosols determined by successive cropping extractions and incubations. Soil Science 123(1):37-47.
- 22 MENDOZA, L. F. 1977. Clasificación y caracterización de cinco Andosols de la Cordillera Volcánica de Guanacaste. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica. Universidad, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia, 55 p.
- 23 MIELNICZUK, J. 1977. Formas de potasio en suelos de Brasil. Revista Brasileña de Ciencia do Solo. 1(2-3):55-61.
- 24 MOSS, P.; COULTER, J. K. 1964. The potassium status of West Indian volcanic soils. Journal of Soil Science 15(2):284-298.
- 25 PEREZ, G.; ALVARADO, A.; RAMIREZ, E. 1978. Asociación de subgrupos de suelos de Costa Rica: (mapa preliminar). San José, Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria. Escala 1:200000. 9 h.
- 26 PRATT, P. F. 1975. Potassium. In Methods of soil analysis. Ed. by Black, C. A. Madison, Wisconsin. American Society of Agronomy, v. 2.; p. 1022-1030.
- 27 STICHER, H. 1972. Potassium in allophone and zeolites. In Colloquium of the International Potash Institute, 9th, Landshut, Germany, 1972. Potassium in soil. Berne, p. 43-51.
- 28 SUAREZ, A. 1968. Caracterización del estado del potasio en tres grandes grupos de suelos de Costa Rica. Tesis Mag. Science Turrialba, IICA, 305 p.
- 29 TOSSI, J. A. 1964. Mapa ecológico de la República de Costa Rica, según la clasificación de Zonas de Vida de L. Holdridge. San José, Centro Científico Tropical, Escala 1:750.000.

POTASIO EN ANDEPTS DE COSTA RICA. II. RESPUESTA A LA FERTILIZACION CON P Y K EN INVERNADERO¹ /

E. MOLINA*, A. CORDERO**, F. BERTSCH*

Summary

Three soils from the Guanacaste volcanic range (NW) and three from the Agua Buena-Paso Canoas region (SW) of Costa Rica were selected in order to study the response of sorghum to P and K fertilization in the greenhouse. Soil analyses and nutrient sorption curves were prepared prior to setting up a greenhouse experiment of 12 treatments in a factorial arrangement with three doses of P and four of K in each soil. Three consecutive sorghum plantings were made, each harvested four weeks after germination.

High P retention was found, ranging from 74 to 93%. SW Costa Rican soils retained more P (91%) than those from the NW (79%). Retention of more than 85% applied P correlated with a PH of 10.7 for NaF. All soils responded to the maximum P dose in all three harvests.

A response to K was noted from the first harvest in soils deficient in available K (Arenal in the NW, Sabalito and Paso Canoas in the SW) and for the third harvest in the Andepts with a medium P content (Bijagua in the NW, Agua Buena in the SW). The initial available K in the soils correlated positively with sorghum yield, absorbed K and foliar K of the optimum treatment without K. Results show that a modified Olsen solution was effective in predicting the response to K. The P and K interaction was significant beginning with the first harvest in K deficient soils, but not until the third harvest in the other soils.

Introducción

Los suelos derivados de cenizas volcánicas (Andepts), ocupan buena parte de las tierras agrícolas de Costa Rica. Se utilizan en cultivos tan importantes como caña de azúcar, café, hortalizas y pastos para ganadería de leche. Estos suelos se caracterizan por tener un comportamiento nutricional muy particular, como por ejemplo la alta fijación de fosfatos, la deficiente mineralización de la abundante materia orgánica presente y el eminente lavado de bases.

La adsorción de P en Andepts es extremadamente alta lo que resulta en una baja disponibilidad en los suelos y causa a menudo deficiencias de P para los cultivos (11, 13, 14). Se ha reconocido que el aluminio y el hierro amorfos son los principales componentes que reaccionan con los fosfatos produciendo una alta fijación de P (14).

La respuesta de K en Andepts de Costa Rica es poco frecuente, y se ha encontrado principalmente en suelos fuera del Valle Central. Es muy posible que el cultivo intensivo de la tierra y las altas aplicaciones de fosfatos que normalmente se hacen en estos suelos para corregir este factor limitante, puedan inducir deficiencias de K.

Debido que la retención de K por la alofana es muy escasa y la lixiviación de este catión es un problema serio, con frecuencia se requieren aplicaciones de fertilizantes potásicos para obtener buenos rendimientos en Andepts (4, 13, 26).

¹ Recibido para publicación el 10 de mayo de 1986. Parte de la tesis de Ing. Agr. presentada por el primer autor a la Escuela de Fitotecnia de la Universidad de Costa Rica, y financiada por la Vicerrectoría de Investigación.

* Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

** IDIAP, Santiago, Veraguas, Panamá

En un trabajo reciente llevado a cabo en suelos volcánicos fuera del Valle Central y utilizando la técnica del elemento faltante en invernadero se encontró respuesta al P y al K (4, 5). Con base en esos resultados y los comentarios anteriores, se propuso el presente estudio con el objeto de evaluar el efecto de la fertilización con P y K sobre el rendimiento del sorgo en invernadero en *Andepts* de Guanacaste y de la Zona Sur de Costa Rica

Materiales y métodos

Se escogieron seis suelos volcánicos, de los cuales tres correspondieron a la Cordillera Volcánica de Guanacaste: Arenal, Bijagua y Dos Ríos; y tres a la Zona Sur: Sabalito, Agua Buena y Paso Canoas. Las características climáticas y de elevación de los sitios muestreados se detallan en la primera parte de este trabajo (21). Los suelos de Guanacaste se formaron a partir de cenizas riolíticas y andesíticas del Cuaternario (20). Los de la Zona Sur se originaron de rocas volcánicas y sedimentarias del Terciario, que han sido rejuvenecidas por el volcán Barú, ubicado en Panamá (15). De acuerdo con Cervantes (7), Méndez (20) y López (15), los suelos clasifican como *Typic Dystrandept* y se encuentran bajo vegetación de pastos. Las muestras se tomaron a una profundidad de 0 a 20 cm, se secaron al aire y se pasaron por una criba de 2 mm.

Análisis químico de los suelos

Los análisis de los seis suelos se realizaron según la metodología propuesta por Díaz-Romeu y Hunter (9). El P, K, Cu, Mn, Fe y Zn se extrajo con la solución Olsen modificada (NaHCO_3 0.5 N, EDTA 0.01 M), en una relación suelo solución de 1:10. El P se determinó por colorimetría, el K por fotometría de llama y los micronutrientes por absorción atómica.

El Ca, Mg y acidez intercambiable se extrajeron con KCl 1 N, relación 1:10. Las bases se determinaron por absorción atómica y la acidez por titulación con NaOH 0.01 N en presencia de fenofaleína.

El S y el B se extrajeron con una solución de $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$, en una proporción de 10 ml de suelo y 25 ml de solución extractora. El S se determinó por turbidimetría, y el B por colorimetría usando curcumina.

El pH se midió potenciométricamente en H_2O y KCl 1 N en una relación 10:25 y también en NaF 1 M utilizando 1 g de suelo y 50 ml de solución (3).

La determinación de la materia orgánica se realizó por el método de digestión húmeda de Walkley y Black, y la textura por Bouyoucos (6).

Curvas de retención de nutrimentos

Se hicieron curvas de retención para P, K, S, Mn, Zn y Cu. Estas curvas consisten en la incubación del suelo con soluciones de concentraciones crecientes del elemento deseado, hasta el secado. Posteriormente, al extraer del suelo la concentración disponible del elemento correspondiente a cada concentración agregada, se puede conocer lo que se retiene y por lo tanto, la cantidad que hay que adicionar para extraer tres veces el nivel crítico que es el fijado para estudios de invernadero. Este procedimiento está apoyado en la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (9).

Ensayo de invernadero

Consistió en el establecimiento de 12 tratamientos, producto de la combinación de tres dosis de P con cuatro de K en cinco de los suelos, y seis tratamientos (tres dosis de P y dos de K) en el suelo Dos Ríos. Las dosis de P y K se definieron a partir de un óptimo de fertilización, basado en la cantidad a agregar de P o K a un suelo para obtener en solución tres veces el nivel crítico, de acuerdo a las curvas de retención. Las tres dosis de P fueron cero, uno y dos veces el óptimo; y las cuatro de K: cero, la mitad, una vez y uno y medio veces el óptimo. En el caso del suelo Dos Ríos sólo se hicieron dos tratamientos de K: sin K y 0.2 cmol de K por litro de suelo. En el Cuadro 1 se muestran las cantidades de P y K añadidas de acuerdo con sus dosis para todos los suelos.

Todos los tratamientos recibieron una base de fertilización que se estableció adicionando las cantidades indicadas por las curvas de retención para S, Zn, Mn y Cu. El Ca y el Mg se añadieron hasta alcanzar los niveles críticos y optimizar las relaciones Ca-Mg-K. El N se incluyó en forma uniforme para todos los suelos y 50 mg L^{-1} en el agua de riego. El B y el Mo también se agregaron uniformemente a todos los suelos. No se agregó Fe debido a que se encontró en suficiente cantidad de todos los suelos. Las concentraciones adicionadas de los diferentes elementos se resumen en el Cuadro 2.

Se usó sorgo forrajero var. TR-171, (*Sorghum vulgare* L.) como planta indicadora, en un volumen de 800 ml de suelo y 16 plantas por maceta. Se realizaron tres siembras sucesivas cosechando cada una cuatro semanas después de la germinación. A las plantas se les midió la altura, se cortaron 1 cm por encima de la superficie del suelo, se pusieron a secar en una estufa a 70°C y se les determinó el peso seco. Después de cada cosecha se procedió a sacar las raíces en cada maceta. Se realizaron análisis foliares para P y K en cada cosecha por el método de combustión seca (6).

Cuadro 1. Cantidades agregadas a los suelos correspondientes a las dosis de P y K.

Suelo	mg L. ⁻¹			cmol (+) L. ⁻¹			
	P ₀	P ₁	P ₂	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃
Arenal	0	200	400	0	0.25	0.50	0.75
Bijagua	0	225	450	0	0.25	0.50	0.75
Dos Ríos	0	150	300	0	0.20	—	—
Sabalito	0	475	950	0	0.50	1.00	1.50
Agua Buena	0	350	700	0	0.25	0.50	0.75
Paso Canoas	0	325	650	0	0.40	0.80	1.20

Cuadro 2. Cantidades agregadas como fertilización base a los seis suelos.

Suelo	cmol (+) L. ⁻¹			mg L. ⁻¹						
	Ca	Mg	N	S	B	Zn	Mn	Cu	Fe	Mo
Arenal	1.21	0.88	50	150	2	5	45	—	—	2
Bijagua	0.60	0.44	50	150	2	9	51	—	—	2
Dos Ríos	—	—	50	60	2	—	60	—	—	2
Sabalito	2.66	0.88	50	180	2	8	15	—	—	2
Agua Buena	—	0.19	50	90	2	8	60	—	—	2
Paso Canoas	—	0.44	50	150	2	8	21	—	—	2

El diseño experimental consistió de Bloque Completo al Azar con cuatro repeticiones, los tratamientos se combinaron en un arreglo factorial de 3 x 4, con tres dosis de P y cuatro de K.

Resultados y discusión

En el Cuadro 3 se presentan los resultados del análisis químico y textural de los suelos en su estado natural

La reacción del suelo en agua fue superior a 5.0 y la acidez o aluminio intercambiable, con excepción del suelo Sabalito, fue muy baja, lo que coincide con lo informado en otros *Andepts* de Costa Rica (2, 4, 16, 23). El pH en NaF fue más alto en los suelos de la región sur lo que indica la presencia de mayores contenidos de minerales amorfos

Las bases se presentaron en cantidades proporcionales, más Ca, luego Mg y por último K (4), y sus porcentajes de saturación siempre fueron altos. El Ca y el Mg aparecieron deficientes en los suelos Arenal y Sabalito, mientras que el K disponible fue bajo principalmente en los suelos de la Zona Sur, presentándose deficiente en Arenal, Sabalito y Paso Canoas

Como era de esperar, los contenidos de P fueron extremadamente deficientes. La presencia de minerales amorfos es la principal responsable de la alta retención de fosfatos en *Andepts*, disminuyendo la disponibilidad de P para las plantas (3, 4)

El S se encontró por debajo del nivel crítico en casi todos los suelos. Como anión que es, puede ser adsorbido por la alofana, aunque en menor magnitud que el P (5)

No se presentaron problemas de B, Fe y Cu. El Mn y el Zn, aunque por lo general no fueron deficientes, estuvieron bajos.

Los contenidos de materia orgánica fluctuaron entre 6.6 y 15.5%. Estos altos valores están asociados con la presencia de alofana y aluminio amorfo que reaccionan con la materia orgánica formando complejos de difícil mineralización (10, 16, 18)

Cinco de los suelos presentaron textura franco-arenosa y uno, el de Sabalito, clasificó como arena franca. La predominancia de fracciones gruesas (arena y limo) es producto de la relativa juventud de estos suelos (23) y de la continua deposición de cenizas frescas originada por un vulcanismo activo (18)

Cuadro 3. Análisis inicial de los seis Andepts.

Suelo	Textura	pH			cmol (+) L ⁻¹					mg L ⁻¹					%	
		KCl	H ₂ O	NaF ¹	K	Ca	Mg	Al ²	P	Cu	Fe	Mn	Zn	S		B
Arenal	Franco Arenoso	4.9	5.9	10.6	0.12	2.79	0.62	0.4	1	10	153	2	3	9.5	1.2	6.65
Bijagua	Franco Arenoso	5.0	6.0	10.5	0.41	9.37	1.18	0.3	4	8	53	8	4	14.0	0.8	8.55
Dos Ríos	Franco Arenoso	4.7	6.0	9.2	1.32	9.79	2.08	0.2	2	13	87	13	7	6.5	0.6	7.54
Sabalito	Arena Franca	4.8	6.0	11.2	0.11	1.34	0.62	0.6	1	12	30	10	4	3.5	1.2	12.53
Agua Buena	Franco Arenoso	5.3	6.5	11.1	0.33	9.95	1.56	0.2	2	10	53	9	4	6.0	1.0	13.53
Paso Canoas	Franco Arenoso	5.2	6.2	11.4	0.12	7.71	1.04	0.2	2	4	60	4	3	7.0	1.8	15.51

1 pH en NaF después de dos minutos.

2 Acidez intercambiable

El suelo Dos Ríos posee características muy particulares. Presentó el pH en NaF y la retención de P más bajas, y las más alta fijación de K con 24% (21). Además es rico en bases, está muy alto en K, y es el suelo que tiene el régimen de humedad más seco (21), lo cual podría haber estimulado la cristalización de los minerales amorfos, y por ende, la formación de arcillas 2:1 que fijan K. Es probable que este suelo corresponda más bien a un Eutraandept en lugar de un Dystrandept.

Comportamiento del P

La retención de P se manifestó con gran intensidad en los suelos bajo estudio. Las curvas de sorción de P para los seis suelos (elaboradas de acuerdo con la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (9)), se aprecian en la Fig. 1.

Para extraer 36 mg L⁻¹ de P (tres veces el nivel crítico de 12 mg L⁻¹) se requirieron entre 155 y

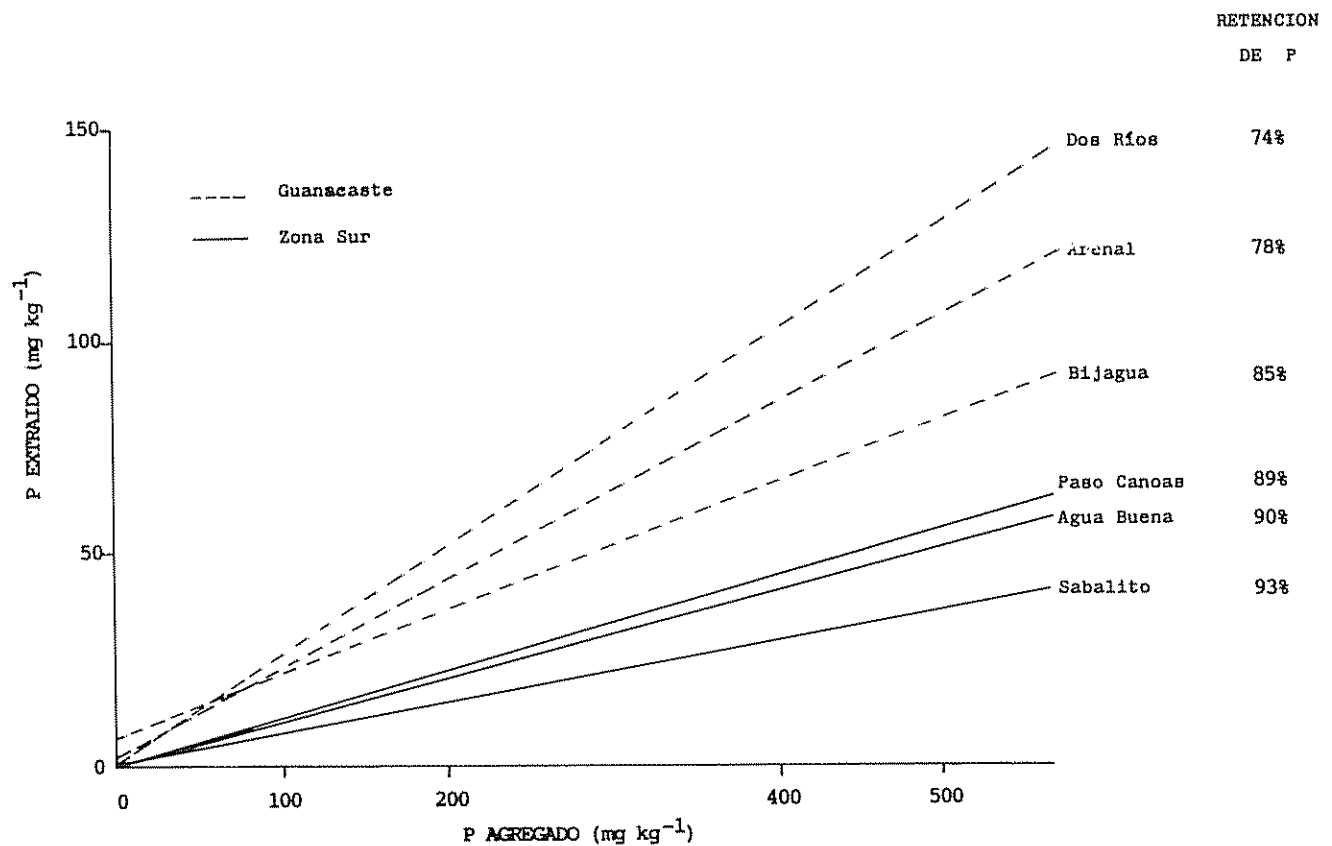


Fig. 1. Curvas de retención de P en seis Andepts de Costa Rica

478 mg L⁻¹ de P, lo que representa una retención de 74 a 93%. La gran reactividad de los materiales amorfos hacia los iones fosfato es la causa principal que se fijen grandes cantidades de P en **Andepts** (3, 11, 22). En promedio la retención de P en los seis suelos fue de 85%. Resultados similares han sido encontrados por Fassbender (12) en otros **Andepts** de Costa Rica. Los porcentajes de retención de P fueron calculados utilizando la pendiente de las ecuaciones de regresión lineal de cada suelo, de acuerdo con la fórmula: % retención = 100 (1-pendiente) (3).

Los suelos de la Zona Sur: Sabalito, Agua Buena y Paso Canoas, presentaron los más altos valores de retención de P, con un promedio de 91%, en contraste con los **Andepts** de Guanacaste, con un 79% de fijación. Esto podría explicarse debido a la presencia de mayores contenidos de alofana en los suelos de la región sur, por existir en ellos un régimen de humedad más údico, sin un período seco muy intenso ni definido, que estimule la cristalización del mineral amorfo.

El P retenido correlacionó en forma significativa al 5% con el pH en NaF (Fig. 2). Alvarado y Buol (3) han señalado que un pH en NaF mayor de 10.7 se relacionó con una retención de más de 90% del P aplicado en 59 suelos volcánicos de Guatemala y Costa Rica. En los **Andepts** bajo estudio, la retención de P a este mismo pH fue de 85%, valor muy similar si se toma en cuenta que sólo se usaron seis suelos.

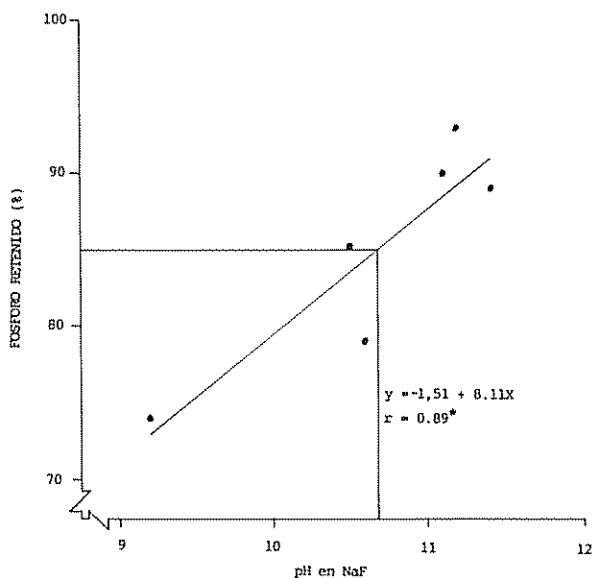


Fig. 2 Relación entre la retención de P y el pH en NaF en seis **Andepts** de Costa Rica

En términos biológicos la respuesta al P, usando la variable peso seco, fue evidente en todos los suelos y cosechas (Fig. 3), lo cual concuerda con la severa deficiencia de P determinada en el análisis de suelos.

La respuesta al P no es nada nueva en **Andepts**, pues es conocido que este elemento es el más limitante desde el punto de vista nutricional. En Costa Rica son numerosos los informes acerca de la respuesta al P en suelos volcánicos (2, 5, 11, 17, 24), debido a la alta retención de fosfatos por los minerales amorfos y los bajos contenidos de P disponible hallados (11).

El rendimiento del sorgo disminuyó drásticamente en todos los suelos después de la primera cosecha (Fig. 3), lo cual indica el escaso poder residual del P en estos suelos (10). En la cosecha tres hubo un ligero incremento con relación a la cosecha dos debido a que antes de sembrar por tercera vez, se realizó una fertilización extra con P, agregando un 25% más de la

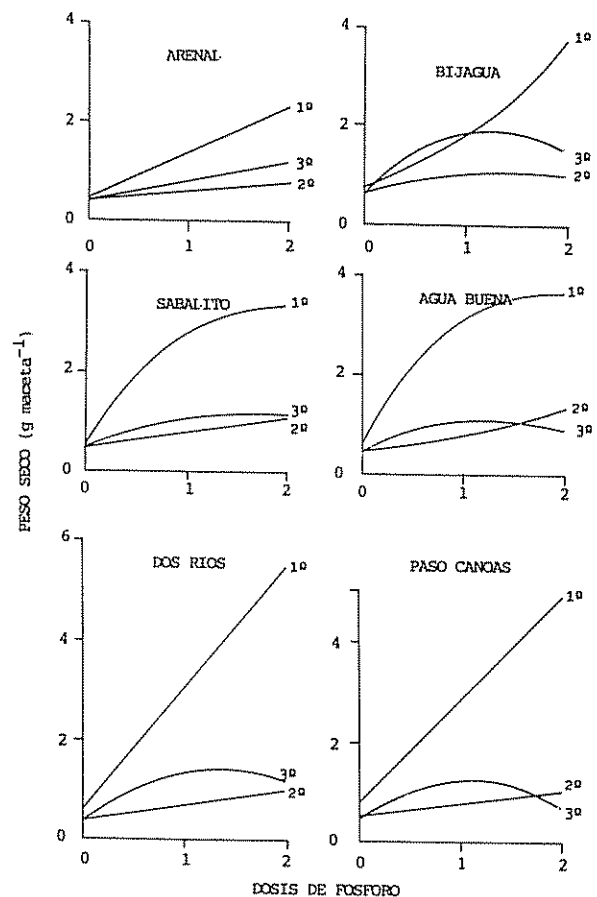


Fig. 3 Respuesta del sorgo a la fertilización fosfórica durante las tres cosechas de sorgo en los suelos

Cuadro 4. Porcentaje de rendimiento relativo del tratamiento completo sin P con respecto al tratamiento completo en los suelos estudiados.

Suelo	Rendimiento relativo %			
	Cosecha			
	1	2	3	1 + 2 + 3
Arenal	26	68	48	39
Bijagua	34	60	33	39
Dos Ríos	23	86	46	36
Sabalito	20	61	27	30
Agua Buena	16	51	35	26
Paso Canoas	24	65	26	31

dosis que se adicionó en la primera siembra, esto con el objeto de asegurar al menos una cosecha más de sorgo, para un estudio posterior de restitución de K.

Para la elaboración de las curvas de la Fig. 3 se utilizaron las regresiones lineales y cuadráticas de acuerdo con el modelo que mejor ajustara en cada caso. En los suelos Bijagua, Sabalito y Agua Buena, el modelo cuadrático ajustó mejor, y el modelo lineal en el suelo Arenal. En Dos Ríos y Paso Canoas, la respuesta fue lineal en la primera y segunda cosecha, y cuadrática en la tercera.

Los resultados del peso seco se analizaron también como porcentaje de rendimiento relativo (% RR). Este método es muy útil porque permite reducir considerablemente la variabilidad entre los suelos. En el Cuadro 4 se presenta el % RR del tratamiento óptimo sin P con respecto al tratamiento óptimo en cada suelo. Los suelos de la Zona Sur, con mayores porcentajes de retención de P, presentaron el menor rendimiento relativo (29% en promedio), para el tratamiento sin P en comparación con los suelos de Guanacaste (39%).

En promedio para las tres cosechas el rendimiento relativo para el tratamiento completo sin P estuvo por debajo de 40% en todos los suelos, lo que de acuerdo con Schenkel (25) se cataloga como "deficiencia muy grave".

La concentración de P foliar aumentó con la dosis de P agregada en todos los suelos y cosechas, oscilando entre 0.05 y 0.08% para la dosis cero, entre 0.07 y 0.25% para la dosis uno y entre 0.09 y 0.28% para la dosis dos.

Comportamiento del potasio

La respuesta al K fue significativa desde la primera cosecha en los suelos Arenal, Sabalito, y Paso Canoas

(Cuadro 5), que presentaron contenidos de K disponible en Olsen por debajo del nivel crítico de $0.2 \text{ cmol (+) L}^{-1}$. Este comportamiento se mantuvo también en las otras dos cosechas. En los suelos Bijagua y Agua Buena, con 0.41 y $0.33 \text{ cmol (+) L}^{-1}$ de K en Olsen, respectivamente, no hubo respuesta al K en las dos primeras cosechas, pero comenzó a mostrarse en la tercera cosecha. En el suelo Dos Ríos, con $1.32 \text{ cmol (+) L}^{-1}$ de K disponible, la aplicación del nutrimento tuvo efecto negativo en el rendimiento en la primera cosecha y en las otras dos no fue significativa.

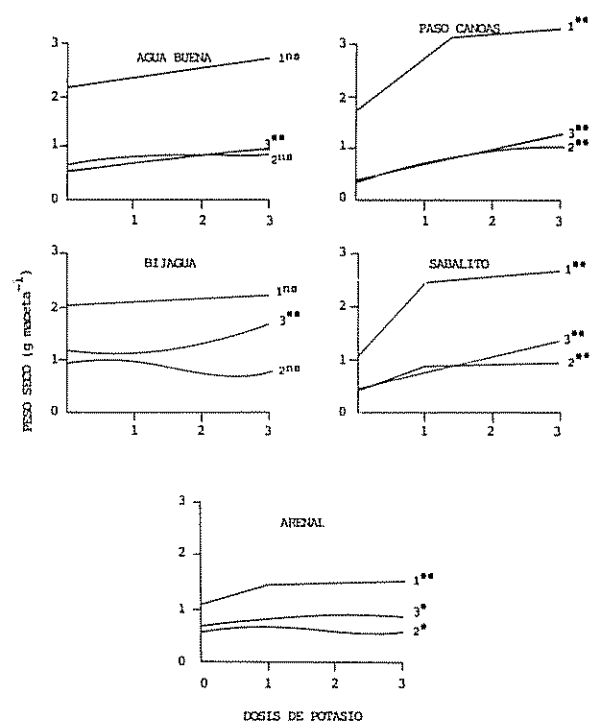


Fig. 4. Respuesta del sorgo a la fertilización potásica durante las tres cosechas de sorgo en los suelos estudiados.

Cuadro 5. Resumen de la respuesta encontrada al K en los suelos de acuerdo con los ANDEVAS de la variable peso seco.

Suelo	Cosecha			
	1	2	3	1 + 2 + 3
Arenal	*	*	**	**
Bijagua	ns	ns	**	**
Dos Ríos	—*	ns	ns	ns
Sabalito	**	**	**	**
Agua Buena	ns	ns	**	**
Paso Canoas	**	**	**	**

ns = no significativo.
 * = significativo al 5%
 ** = significativo al 1%

En la Fig 4 se observa el rendimiento del sorgo con relación a la dosis de K aplicada para los suelos Arenal, Bijagua, Sabalito, Agua Buena y Paso Canoas

La respuesta al K fue altamente significativa en las tres cosechas de los suelos Arenal, Sabalito y Paso Canoas. De acuerdo con el modelo de regresión de mejor ajuste, en la primera cosecha el efecto respecto a la dosis fue lineal potencial en estos suelos. La diferencia entre el tratamiento sin K y las otras dosis fue muy amplia, sin embargo hubo una tendencia a no aumentar mucho el rendimiento después de la dosis uno. Este comportamiento se mantuvo en la cosecha dos. El efecto residual de las dosis más altas de K causó que la respuesta al nutrimento se linealizara en la última cosecha, principalmente en los suelos Sabalito y Paso Canoas.

El K no tuvo efecto en el rendimiento de las dos primeras cosechas de los suelos Bijagua y Agua Buena, debido a que el contenido inicial de K disponible estaba por encima del nivel crítico. Sin embargo, al agotarse parte del K en el suelo después de dos cosechas sucesivas, las plantas respondieron a la fertilización residual, manifestándose un efecto cuadrático al K en ambos suelos.

La aplicación de K aumentó el contenido foliar de este nutrimento en el sorgo en todos los suelos, y a medida que se incrementó el número de cosechas hubo una disminución progresiva del K foliar. Los suelos deficientes en K disponible: Arenal, Sabalito y Paso Canoas, presentaron menos del nivel crítico de 2% de K foliar en los tratamientos con dosis cero de K. La aplicación más baja de K incrementó los valores por encima de 2%, lo que confirma una vez más la respuesta hallada al nutrimento en la prueba biológica. Se observaron síntomas de deficiencia de K (clorosis en bordes de las hojas más viejas seguida de necro-

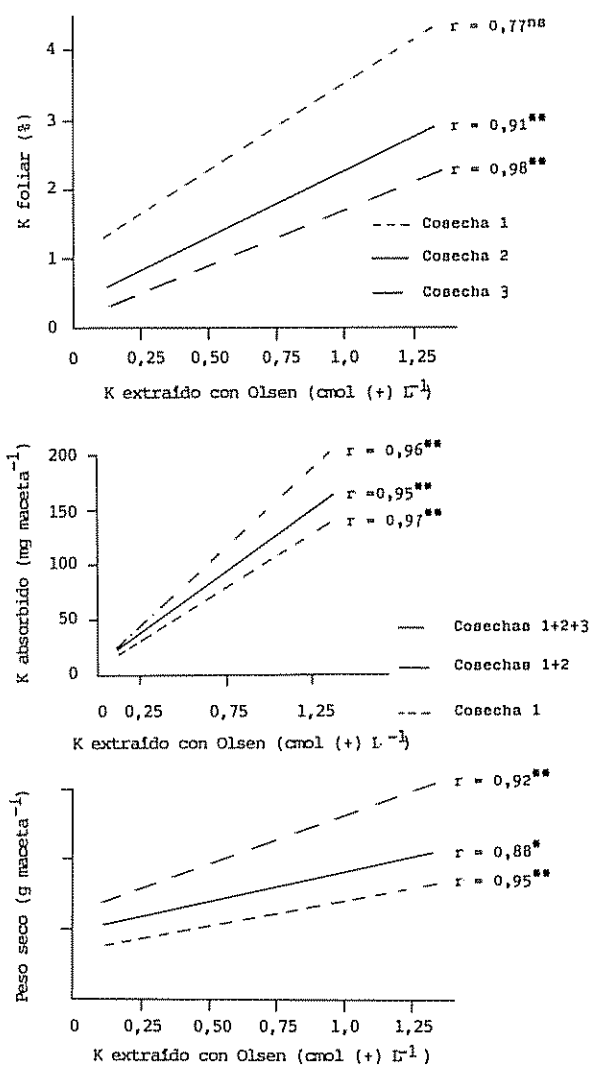


Fig 5. Relación entre el peso seco, K absorbido y K foliar del tratamiento completo sin K (1-0) en las tres cosechas y el K extraído con Olsen antes del cultivo en los suelos

sis), en plantas de sorgo con menos de 0.7% de K foliar. Resultados similares fueron encontrados por Chandler *et al.* (8) en trébol blanco y por Abruña (1) en pastos

Los resultados demuestran que existe una clara respuesta al K en **Andepts** alejados del Valle Central, confirmando lo encontrado por Bertsch, Cordero y Alvarado (4) y contradiciendo los conceptos emitidos acerca del comportamiento general de este nutriente en suelos volcánicos de Costa Rica (17, 18, 19)

En la Fig. 5 se aprecia la correlación hallada entre el K disponible inicialmente en los seis suelos y el rendimiento del sorgo, el K absorbido y el K foliar del tratamiento óptimo sin K (1-0) en las tres cosechas. Esto demuestra que la solución extractora Olsen modificada fue eficaz para determinar la respuesta al nutriente, lo cual no siempre ocurre en estos suelos (4, 19, 24)

Interacción entre P y K

La interacción P x K fue significativa en todas las cosechas de los suelos Arenal, Sabalito y Paso Canoas, que se encontraban deficientes en K disponible (Cuadro 6). En los suelos con contenidos medios de K, Bijagua y Agua Buena, la interacción se presentó en la tercera cosecha para el primer suelo y en la suma de las tres cosechas para ambos suelos. Mientras que en el suelo Dos Ríos no hubo efecto de la interacción P x K. Estos resultados concuerdan con la respuesta encontrada individualmente al P y K en los suelos.

En todos los tratamientos en los que no se agregó P, la aplicación de K no aumentó el rendimiento, ni aún en los suelos deficientes en K. Esto ratifica que el P es prioritario en la nutrición mineral de los suelos volcánicos y debe resolverse su deficiencia antes que cualquiera otra (5)

La combinación de tratamientos que produjo los rendimientos más altos en los suelos Arenal, Sabalito y Paso Canoas fue la dosis dos de P con la dosis uno de K (2-1), durante las dos primeras cosechas, y el tratamiento 2-2 para la suma de las tres cosechas (Cuadro 7). En Bijagua y Agua Buena el tratamiento 2-0 en las dos primeras cosechas y el 2-2 en las tres cosechas fueron los mejores. En el suelo Dos Ríos, el mejor tratamiento fue la dosis dos de P sin K (2-0)

Conclusiones

La retención de P, como era de esperar en **Andepts**, fue alta, oscilando entre 74 y 93%. Los suelos de la Zona Sur fijaron más P que los suelos de la Cordillera Volcánica de Guanacaste, lo que se atribuye a un mayor contenido de alofana.

La retención de más de 85% de P correlacionó con un pH de 10.7 en NaF.

La alta fijación de fosfatos explica que todos los suelos respondieron a la dosis máxima de P en las tres cosechas y que el efecto residual del P aplicado fuera muy bajo.

Los suelos deficientes en K: Arenal, Sabalito y Paso Canoas, respondieron al K desde la primera cosecha. En los suelos Bijagua y Agua Buena, con contenidos medios de K, el efecto del nutriente fue significativo hasta la tercera cosecha. No hubo respuesta en el suelo Dos Ríos con alta cantidad de K disponible.

El K disponible correlacionó con el rendimiento, el K absorbido y el K foliar, lo que prueba que la solución Olsen modificada fue eficaz para determinar problemas de K.

La interacción P x K se presentó desde la primera cosecha en los suelos que respondieron al K. El trata-

Cuadro 6. Resumen de la respuesta encontrada a la interacción P x K con la variable peso seco en los suelos.

Suelo	Cosecha			
	1	2	3	1 + 2 + 3
Arenal	**	**	**	**
Bijagua	ns	ns	**	**
Dos Ríos	ns	ns	ns	ns
Sabalito	**	**	**	**
Agua Buena	ns	ns	ns	*
Paso Canoas	**	**	**	**

ns = efecto no significativo.
* = efecto significativo al 5%
** = efecto significativo al 1%

Cuadro 7. Combinación de dosis de P y K que produjeron el mejor rendimiento en los suelos después de dos y tres cosechas de sorgo.

Suelos	2 Cosechas			3 Cosechas		
	Tratamiento	P	K	Tratamiento	P	K
		mg L ⁻¹			mg L ⁻¹	
Arenal	2-1	400	98	2-2	400	196
Bijagua	2-0	450	0	2-2	450	196
Dos Ríos	2-0	300	0	2-0	300	0
Sabalito	2-1	950	196	2-2	950	390
Agua Buena	2-0	700	0	2-2	700	196
Paso Canoas	2-1	650	156	2-2	650	312

miento 2-2 fue el mejor en los suelos Arenal, Bijagua, Sabalito, Agua Buena y Paso Canoas, y el 2-0 en Dos Ríos, para producir tres cosechas.

Resumen

Se escogieron tres *Andepts* de la Cordillera Volcánica de Guanacaste y tres de la Zona Sur, con el objeto de investigar la respuesta del sorgo en invernadero a la fertilización con P y K. Se hicieron análisis iniciales de los suelos y curvas de sorción de nutrimentos para montar una prueba biológica en invernadero con 12 tratamientos consistentes en un arreglo factorial de tres dosis de P con cuatro de K en cada suelo. Se realizaron tres siembras sucesivas de sorgo, cosechando las plantas cuatro semanas después de la germinación.

Se encontró alta retención de P, oscilando entre 74 y 93%. Los suelos de la Zona Sur (91%) fijaron más P que los de Guanacaste (79%). La retención de más de 85% de P aplicado correlacionó con un pH en NaF de 10.7. Todos los suelos respondieron a la dosis máxima de P en las tres cosechas.

La respuesta al K se presentó desde la primera cosecha en los suelos deficientes en K disponible (Arenal, Sabalito, Paso Canoas) y a partir de la tercera cosecha en los *Andepts* con contenidos medios de K (Bijagua y Agua Buena). El K disponible inicialmente en el suelo correlacionó con el rendimiento del sorgo, el K absorbido y el K foliar del tratamiento óptimo sin K. Los resultados demuestran que la solución Olsen modificada fue efectiva para predecir la respuesta al K. La interacción P x K fue significativa en los suelos deficientes en K desde la primera cosecha y en los otros suelos hasta la tercera cosecha.

Literatura citada

1. ABRUÑA, F. *et al.* 1976. Potassium supplying power of the major Ultisols and Oxisols of Puerto Rico. *The Journal of Agriculture of University of Puerto Rico* 60(1):45-60.
2. ALVARADO, A. 1975. Fertilidad de algunos *Andepts* dedicados a potreros en Costa Rica. *Turrialba* 25(3):265-270.
3. ALVARADO, A.; BUOL, S.W. 1985. Field estimation of phosphate retention by *Andepts*. *Soil Science Society of America Journal* 49(4):911-914.
4. BERTSCH, F.; CORDERO, A.; ALVARADO, A. 1984. Fertilidad de Typic Dystrandeps de Costa Rica. I. Metodología, acidez y cationes (Ca, Mg, K, Mn, Zn y Cu). *Turrialba* 34(2):187-197.
5. BERTSCH, F.; CORDERO, A.; ALVARADO, A. 1984. Fertilidad de Typic Dystrandeps de Costa Rica. II. Aniones (N, B, S, y Mo), materia orgánica y textura. *Turrialba* 34(2):199-205.
6. BRICEÑO, J.; PACHECO, R. 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. San José, Editorial Universidad de Costa Rica. 152 p.
7. CERVANTES, C.A. 1977. Caracterización de la fracción mineral y determinación de ZPC en cuatro *Andepts* de la provincia de Guanacaste. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica. Universidad, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia. 66 p.

8. CHANDLER, R F ; PEECH, M.; CHANG, C W 1945. The release of exchangeable and non-exchangeable potassium from different soils upon cropping. *Agronomy Journal* 37:709-721
9. DIAZ-ROMEU, R ; HUNTER, A 1978 Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelo y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 68 p
10. EGAWA, J 1980 Propiedades de los suelos derivados de cenizas volcánicas. In *Suelos derivados de cenizas volcánicas*. Ed. by Ishizuka, Y., y Black, C A En Japón, México, CIMMYT. p. 14-67
11. FASSBENDER, H W 1969 Deficiencia y fijación de P en suelos derivados de cenizas volcánicas de América Central. In *Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas en América Latina*. Turrialba, Costa Rica, 1969 (Trabajos presentados) Turrialba. IICA p B-4 1-10
12. FASSBENDER, H W 1969 Estudio del fósforo en suelos de América Central IV Capacidad de fijación de P y su relación con características edáficas. Turrialba 19(4):497-505
13. FOX, R L 1974 Chemistry and management of soil dominated by amorphous colloids. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings* 33:112-119
14. KAWAI, K 1980 The relationship of phosphorus adsorption to amorphous aluminium for characterizing andosols. *Soil Science* 129(3):186-190
15. LOPEZ, H. 1977 Caracterización de la fracción mineral en cinco Andepts de los cantones de Corredores y Coto Brus. Tesis Ing Agr San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia 51 p.
16. MARTINI, J.A 1969 Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas en Centroamérica. In *Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas en América Latina*. Turrialba, Costa Rica (Trabajos presentados) Turrialba, IICA p. A-5, 1-19
17. MARTINI, J.A. 1970 Caracterización del estado nutricional de los principales Andosoles de Costa Rica mediante la técnica del elemento faltante en invernadero. Turrialba 20(1):72-84.
18. MARTINI, J.A.; PALENCIA, J.A. 1975 Soils derived from volcanic ash in Central America: I. *Andepts Soil Science* 120(4): 278-287
19. MARTINI, J.A ; SUAREZ, A. 1975 Potassium status of some Costa Rican Latosols and Andosols and their response to potassium fertilization under greenhouse conditions. *Soil Science Society of America Proceedings* 39(1):74-80
20. MENDEZ, L F 1977 Clasificación y caracterización de cinco Andepts de la Cordillera Volcánica de Guanacaste. Tesis Ing Agr San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía Escuela de Fitotecnia. 55 p
21. MOLINA E ; BERTSCH, F.; CORDERO, A.; ALVARADO, A 1986 Potasio en Andepts de Costa Rica I. Formas en el suelo. Turrialba 36(3):281-288.
22. OSPINA, O 1974. El fósforo de los Andosoles Suelos Ecuatoriales 6(1):97-135
23. PALENCIA, J A ; MARTINI, J.A. 1970. Características morfológicas físicas y químicas de suelos derivados de cenizas volcánicas en Centroamérica. Turrialba 20(3):325-332.
24. SALAS, R 1979 Estudio de la fertilidad de suelos dedicados a potreros en la zona norte de Heredia. Tesis Ing Agr San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia 62 p
25. SCHENKEL, G 1971 Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayos de macetas. I. Representaciones gráficas usadas. Turrialba 21(3): 253-262
26. YUAN, T.L. 1974 Chemistry and mineralogy of Andepts. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings* 33:101-108

EVALUACION NUTRICIONAL MINERAL DE CERDOS CRIADOS INDUSTRIALMENTE EN CHILE¹

I. DIAZ*, M.S. MORALES*, A. SKOKNIC**, R. BRAVO**, J.I. EGAÑA*

Summary

The percentages of mineral nutrients in feeds from 20 commercial piggeries were evaluated. Plasma concentrations of Ca, Mg, Cu, and Zn, and the hepatic levels of Fe, Cu and Zn were determined by atomic absorption spectrophotometry, plasmatic concentration of P was determined by photocolometry.

A sample of 214 crossbred swine from 90-100 kg was used. The results obtained were statistically evaluated and compared with normal values reported in the literature. With the exception of P, all the minerals evaluated varied between piggeries ($P < 0.05$). The mean concentrations of Ca, P and Mg fluctuated between 11.0 – 13.5, 8.1 – 11.4, and 4.0 – 6.7 mg/dl, respectively; the Ca and Mg concentrations were higher than the levels reported as normal and ranged between 72.7 – 122.1 and 166.4 – 232.8 g/dl respectively.

Hepatic concentrations of Fe, Cu and Zn were 342 – 927, 19.2 – 138.8 and 112 – 242 g/g DM respectively, normal with the exception of Fe, which resulted higher than normal. It can be concluded that there is an excess in dietary content of Ca, P, Mg and Fe due either to the use of diets with foodstuffs rich in these elements and/or the excess in mineral supplementation.

Introducción

El estado nutricional mineral se ve determinado por múltiples factores, tanto dietéticos como fisiológicos. Entre los factores dietéticos destacan el contenido y la biodisponibilidad de los elementos minerales incluidos en la dieta. A su vez, la biodisponibilidad de un elemento mineral en particular resulta de interrelaciones poco conocidas con factores dietéticos (fibra dietaria, proteína, agentes quelantes) y de las interacciones que se establecen con otros elementos, la forma química del mineral, etc.

En Chile, en la formulación de raciones para cerdos, el aporte mineral de las dietas recibe poca atención ya que fuera de la inclusión de sal común, sólo se ajustan los requerimientos nutritivos de los aportes de Ca y P, asumiendo para los restantes macroelementos, que la ración los suple en cantidad y proporción adecuadas. En lo que respecta a los microminerales, es habitual la inclusión de mezclas de elementos trazas que aportan cantidades iguales o superiores a los requerimientos, sin considerar el contenido de éstos en la dieta. Es así como esta situación puede modificar la biodisponibilidad y la utilización de los distintos minerales, originando problemas de deficiencias y/o toxicidad de uno o más minerales.

El presente trabajo evaluó el estado nutricional mineral de cerdos provenientes de criaderos industriales existentes en el país, como estimador de los diferentes manejos alimentarios a que se someten los cerdos. Para este fin se determinó en cerdos a término, la concentración de los principales macro y microminerales en plasma e hígado.

¹ Recibido para publicación el 20 de junio de 1985

* Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Universidad de Chile.

** Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Chile

Materiales y métodos

Se muestrearon 214 cerdos híbridos de ambos sexos, de la cruce de razas Large White x Landrace x Duroc Jersey, de 90 – 100 kg de peso, provenientes de 20 criaderos industriales existentes en la zona central del país. Las dietas suministradas en los criaderos bajo estudio, se ajustaban a las pautas establecidas por NRC (19) para cerdos en período de engorde. Los insumos más comúnmente utilizados eran maíz, harinilla de trigo, y harina de pescado como concentrado proteico.

Mediante un muestreo sistemático y dirigido considerando la procedencia (criadero) se tomaron al momento del sacrificio de los animales muestras de sangre e hígado. Las muestras de sangre se obtuvieron al momento de la yugulación y fueron recibidas en tubos de ensayo previamente desmineralizados, los cuales contenían citrato de litio como anticoagulante en concentración de 5 mg/ml de sangre. Se obtuvieron alrededor de 20 ml de sangre, que dentro de las 18 h de obtenidas, fueron centrifugadas a 3 000 rpm, separándose el plasma que fue congelado hasta su posterior análisis. En las muestras de plasma sanguíneo se determinaron las concentraciones de Ca, P, Mg, Cu y Zn.

Al momento de la evisceración se tomó una muestra de hígado proveniente del lóbulo central derecho, de aproximadamente 50 g. la que fue congelada hasta el momento de su análisis. En estas muestras se determinaron las concentraciones de Fe, Cu y Zn.

La determinación de los elementos Ca, Mg, Fe, Cu y Zn se realizó por espectrofotometría de absorción atómica (Perkin Elmer 303) de acuerdo a las técnicas propuestas por Fick *et al.* (8). Mientras que el P se determinó utilizando la técnica fotocolorimétrica de Fiske y Subbarow (9).

Los resultados obtenidos por criadero fueron descritos estadísticamente a través de su promedio aritmético y de su desviación estándar. El efecto de la variable procedencia fue estudiado mediante análisis de varianza y por la prueba de diferencias entre medias de Student-Newman-Keuls (23).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo se compararon con los valores normales publicados en la literatura, considerando como tales a los entregados por tablas y aquéllos que presentaron los animales controles de diversos ensayos de nutrición y alimentación mineral de cerdos.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se entregan los resultados obtenidos de la concentración plasmática de los macromine-

rales Ca, P y Mg. Las concentraciones promedio de Ca plasmático por criadero fluctuaron entre 11.0 y 13.5 mg/dl, las que resultaron ser superiores a las reportadas por Ullrey *et al.* (27), Furugouri (11), Martison y Ekman (17) y Kornegay y Thomas (16), quienes informan valores que fluctúan entre 10.2 y 11.8 mg/dl. Con base en el rango de normalidad estimado de la literatura consultada, el 60% de los criaderos presentaron concentraciones promedio de Ca plasmático elevadas. Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$), entre las distintas procedencias analizadas, estratificándose la muestra en tres subgrupos diferentes.

En el P plasmático no se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los diferentes criaderos, oscilando el rango de concentraciones entre 8.1 y 11.4 mg/dl, correspondiendo dichos valores extremos a los criaderos No. 20 y 3, respectivamente. Estas concentraciones obtenidas resultan superiores a las reportadas por Fox y Care (10) y Widdowson y Dickerson (31), quienes encontraron valores de 7.8 y 7.1 mg/dl, respectivamente. Las concentraciones de P en plasma encontradas en este estudio fueron similares a las obtenidas por Ferreira y Vieira (7), quienes informan una concentración promedio de 10.2 mg/dl.

Las altas concentraciones plasmáticas obtenidas para Ca y P, pueden ser una consecuencia de excesos en el aporte de estos elementos en las dietas. Confirmando lo anteriormente señalado, Pokniak *et al.* (21), al analizar 66 ensayos de nutrición y alimentación de cerdos realizados en el país entre los años 1960 y 1976, encontraron que las concentraciones de Ca y P en las raciones de engorda excedían en un 36 y 70%, respectivamente, a las recomendaciones para tales elementos del NRC (19). Esto se debe a la práctica habitual de considerar en la formulación de raciones un aporte de sólo el 50% del P total presente en los vegetales y ajustar la relación Ca:P a ese P disponible. Este procedimiento, no considera que los requerimientos de P están establecidos considerando la disponibilidad del P, el cual proviene mayoritariamente de insumos vegetales.

Si bien es sabido que entre los elementos Ca y P existe un antagonismo en su adsorción intestinal y en la regulación hormonal de los niveles circulantes (29), los resultados obtenidos en este estudio indicarían que los cerdos al ingerir dietas con altas concentraciones de Ca y P, aumentan los niveles plasmáticos de ambos elementos. Viperman *et al.* (3) obtuvieron resultados semejantes al suministrar a cerdos dietas que contenían concentraciones de Ca y P que excedían un 50% los requerimientos establecidos por NRC (19).

Cuadro 1. Concentraciones plasmáticas promedios de los macrominerales calcio, fósforo y magnesio en las diferentes procedencias evaluadas.

Procedencia	Macrominerales plasmáticos (mg/dl)		
	Ca	P	Mg
1	12.4 ± 1.0 abc	8.4 ± 2.3	5.3 ± 0.7 abcd
2	11.7 ± 1.1 ab	9.3 ± 1.8	5.7 ± 1.1 bcd
3	13.2 ± 0.7 bc	11.4 ± 2.7	4.8 ± 0.7 ab
4	11.9 ± 1.0 abc	9.4 ± 1.8	5.8 ± 0.9 bcd
5	11.7 ± 0.6 ab	9.7 ± 1.9	4.5 ± 1.0 ab
6	11.5 ± 0.8 a	8.2 ± 1.0	4.7 ± 0.6 ab
7	12.0 ± 1.9 abc	9.7 ± 2.3	6.0 ± 1.9 bcd
8	13.5 ± 0.6 c	9.2 ± 1.1	6.7 ± 0.9 d
9	13.2 ± 1.3 c	8.4 ± 0.8	5.5 ± 0.9 abcd
10	11.5 ± 0.7 a	8.4 ± 1.1	5.0 ± 0.6 abc
11	12.3 ± 0.6 abc	9.1 ± 2.1	6.7 ± 0.9 d
12	11.0 ± 1.0 a	9.5 ± 1.7	6.4 ± 0.8 cd
13	13.2 ± 1.0 bc	9.1 ± 2.3	5.3 ± 0.6 abcd
14	12.9 ± 1.3 abc	10.7 ± 2.0	5.4 ± 1.0 abcd
15	12.1 ± 0.3 abc	9.4 ± 1.0	4.8 ± 0.7 ab
16	12.6 ± 1.0 abc	10.3 ± 1.5	5.2 ± 1.1 abcd
17	12.5 ± 0.5 abc	9.2 ± 1.0	5.0 ± 0.7 abc
18	12.9 ± 0.9 abc	9.4 ± 0.7	4.0 ± 0.2 a
19	11.9 ± 0.4 abc	9.5 ± 2.0	5.5 ± 0.8 abcd
20	11.8 ± 0.9 abc	8.1 ± 0.7	4.4 ± 0.8 ab

a, b, c, d: Letras exponenciales en una misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

Las concentraciones de Mg plasmático oscilaron entre 4.0 y 6.7 mg/dl, las que resultaron considerablemente superiores a las determinadas por Ullrey *et al.* (27), Svajgar *et al.* (26), Kaneko (15) y Birkeland (1), quienes informan valores de 3.0, 2.6, 3.2 y 1.9 mg/dl, respectivamente. Además se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los distintos criaderos evaluados.

Las causas que determinan las diferencias entre las concentraciones obtenidas en el presente trabajo y las reportadas como normales en la literatura, no aparecen suficientemente claras. Como factores que podrían explicar parcialmente estas diferencias, se pueden mencionar la utilización en el país de insumos dietéticos ricos en Mg, como son los subproductos de molienda del trigo, y además de algunos tipos de suplementos de Ca que presentan altas concentraciones de Mg. Gerken y Fontenot (12) y Cunha (3), señalan que los carbonatos de Ca de origen dolomítico contienen hasta 13% de Mg. En Chile no existe información acerca de los carbonatos de Ca utilizados en alimentación animal.

Los resultados obtenidos de Cu y Zn plasmáticos se describen en el Cuadro 2. Al estratificar estos valores por criadero, se observaron diferencias significati-

vas ($P < 0.05$), agrupándose la muestra analizada en cuatro subgrupos.

Las concentraciones de Cu plasmático fluctuaron entre 166.40 y 232.80 $\mu\text{g/dl}$, las que resultaron similares a los encontrados por De Goeij *et al.* ((4), Gipp *et al.* (13) y Martinson y Ekman (17).

Los resultados de Zn plasmático (72.70 – 122.10 $\mu\text{g/dl}$) demostraron que la mayoría de los criaderos estudiados presentaron valores considerados como normales. Es así como Ullrey *et al.* (27), De Goeij *et al.* (4) y Sullivan y Burch (24) reportan niveles de Zn sérico de 88, 117 y 105 $\mu\text{g/dl}$, respectivamente. De acuerdo a este mismo criterio, los criaderos No. 10, 11, 15, 18 y 20 presentaron concentraciones consideradas deficitarias. El análisis estadístico para procedencia estratificó la muestra en dos subgrupos.

Las bajas concentraciones de Zn encontradas en algunos criaderos, podrían ser explicadas considerando el antagonismo existente en los mecanismos de absorción del Ca y del Zn (18), ya que los valores de Ca plasmático obtenidos en el presente trabajo indicarían que los cerdos criados en el país están consumiendo raciones con niveles altos de Ca que afectan negativamente la biodisponibilidad del Zn.

Cuadro 2. Concentraciones plasmáticas promedios de los microminerales cobre y zinc de las diferentes procedencias evaluadas.

Procedencia	Microminerales plasmáticos ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	
	Cu	Zn
1	203 \pm 20 abcd	94 \pm 13 ab
2	179 \pm 22 abcd	56 \pm 23 ab
3	192 \pm 26 abc	100 \pm 23 ab
4	201 \pm 32 bcd	90 \pm 27 ab
5	180 \pm 19 ab	97 \pm 32 ab
6	192 \pm 17 abc	94 \pm 20 ab
7	207 \pm 30 bcd	107 \pm 9 ab
8	207 \pm 15 bcd	104 \pm 26 ab
9	166 \pm 11 a	116 \pm 21 b
10	192 \pm 36 abcd	82 \pm 17 ab
11	199 \pm 21 abcd	73 \pm 10 a
12	203 \pm 19 abcd	92 \pm 11 ab
13	233 \pm 36 d	103 \pm 20 ab
14	220 \pm 26 bcd	91 \pm 13 ab
15	226 \pm 35 cd	81 \pm 6 ab
16	215 \pm 35 bcd	106 \pm 44 ab
17	199 \pm 29 abcd	109 \pm 23 ab
18	203 \pm 16 abcd	77 \pm 21 ab
19	220 \pm 12 bcd	122 \pm 14 b
20	195 \pm 36 abcd	80 \pm 24 ab

a, b, c, d: Letras exponenciales en una misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Cuadro 3. Concentraciones hepáticas promedios de los microminerales de hierro, cobre y zinc en las diferentes procedencias analizadas.

Procedencia	Microminerales hepáticos ($\mu\text{g}/\text{g MS}$)		
	Fe	Cu	Zn
1	593 \pm 226 abc	22.4 \pm 15.8 a	145 \pm 51 abc
2	467 \pm 139 ab	2.8 \pm 13.3 a	173 \pm 35 abcd
3	426 \pm 51 ab	30.6 \pm 10.5 a	199 \pm 51 cd
4	404 \pm 154 ab	44.0 \pm 48.0 a	181 \pm 40 abcd
5	478 \pm 54 ab	26.2 \pm 19.2 a	141 \pm 27 ab
6	601 \pm 177 abc	20.7 \pm 11.0 a	213 \pm 93 cd
7	498 \pm 252 ab	19.2 \pm 9.2 a	199 \pm 47 bcd
8	927 \pm 245 d	64.5 \pm 89.6 a	173 \pm 24 abcd
9	733 \pm 165 c	23.4 \pm 15.4 a	138 \pm 28 abc
10	639 \pm 231 bc	29.2 \pm 14.8 a	112 \pm 20 a
11	588 \pm 75 abc	21.2 \pm 3.4 a	232 \pm 63 d
12	424 \pm 200 ab	31.6 \pm 24.1 a	157 \pm 48 abcd
13	342 \pm 111 a	21.6 \pm 11.8 a	182 \pm 21 abcd
14	430 \pm 179 ab	39.8 \pm 30.2 a	168 \pm 35 abcd
15	453 \pm 46 ab	42.6 \pm 23.8 a	161 \pm 37 abcd
16	638 \pm 165 abc	24.2 \pm 8.3 a	226 \pm 54 d
17	560 \pm 64 abc	35.2 \pm 6.8 a	153 \pm 31 abcd
18	430 \pm 59 ab	25.8 \pm 4.6 a	195 \pm 25 abcd
19	521 \pm 246 abc	43.8 \pm 32.6 a	182 \pm 81 abcd
20	393 \pm 26 ab	138.8 \pm 157.7 b	242 \pm 62 d

a, b, c, d: Letras exponenciales en una misma columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

Las concentraciones hepáticas de Fe, Cu y Zn se presentan en el Cuadro 3. Los niveles de Fe hepático obtenidos fluctuaron entre 342 y 927 $\mu\text{g/gMS}$. La literatura informa de concentraciones normales de Fe hepático muy variables, las que oscilan entre 186 $\mu\text{g/g MS}$ (11) y 480 $\mu\text{g/g MS}$ (13). De acuerdo a esta información sólo el 50% de los criaderos evaluados presentarían valores normales y el 50% restante valores excesivos. El análisis de los promedios de los criaderos mostró diferencias significativas ($P < 0.05$), agrupándose de acuerdo a la prueba de diferencias de medias en 4 subgrupos, siendo el criadero No. 8 diferente a los restantes.

Estos resultados, indicarían aportes dietéticos excesivos de Fe en las dietas lo que sería causado por la práctica habitual en la alimentación del cerdo de suministrar suplementos minerales trazas que cubren el 100% o más de los requerimientos de estos elementos sin considerar el aporte que de ellos realizan los insumos. Otro factor dietético que podría incidir en los resultados obtenidos es la utilización en el país de fuentes proteicas de origen animal (harina de pescado) como principal o único concentrado proteico. Al respecto Underwood (28) señala que las harinas de pescado contienen niveles de 400 – 600 ppm de Fe y que, al ser incorporadas en los niveles habituales, aportan por sí solas la totalidad del requerimiento de este elemento. Adicionalmente, los suplementos de Ca y P, como son conchuela, fosfatos de Ca desfluorinados, fosfatos dicálcicos contienen entre 2 000 – 10 000 ppm de Fe (19), que al ser incorporados en cantidades excesivas incrementarían aún más el aporte de Fe.

La gran mayoría de las concentraciones promedios de Cu en tejido hepático fluctuaron entre 19.2 y 64.5 $\mu\text{g/MS}$, las que son similares a las reportadas por Cox y Hale (2), Pond *et al.* (20) y Ferreira y Machado (6). El criadero No. 20 presentó una concentración (139 $\mu\text{g/gMS}$) significativamente ($P < 0.05$) superior a los restantes. El análisis estadístico estratificó la muestra en dos subgrupos, siendo uno de ellos el criadero No. 20 y el otro compuesto por las restantes procedencias que presentaron concentraciones distribuidas en un amplio rango, existiendo diferencias de 300% entre los valores extremos de este subgrupo. Esto se debe a la gran variabilidad individual en la capacidad para almacenar Cu (28), y que no se manifestó a nivel plasmático, debido a la existencia de un eficiente mecanismo de regulación del Cu sanguíneo que moviliza los excesos a los tejidos de depósito (25). Las diferencias en las concentraciones de Cu hepático se pueden explicar al menos parcialmente por el amplio uso en Chile del CuSO_4 como estimulante del crecimiento (5), el cual se incorpora en concentraciones de hasta 250 ppm de Cu, en la etapa de 35 – 60 kg de peso de los cerdos.

Las concentraciones de Zn hepático obtenidas en este estudio, presentaron un rango bastante estrecho, entre 112 y 242 $\mu\text{g/g MS}$, siendo comparables a los valores entregados por Morgan *et al.* (18), Gipp *et al.* (13), Prasad (22) y Greer *et al.* (14). Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre los distintos criaderos ($P < 0.05$).

La gran variabilidad observada en los niveles plasmáticos de los elementos minerales analizados, era esperable de obtener al considerar el diseño experimental utilizado en el presente trabajo. Sin embargo, destaca la elevada frecuencia de niveles plasmáticos considerados como excesivos, particularmente para los elementos Ca, P, Mg y Fe, lo que indicaría deficiencias en el manejo nutricional mineral a que se somete la especie porcina en el país.

La escasa caracterización del aporte y biodisponibilidad mineral de la mayoría de los insumos utilizados en la formulación de dietas para cerdos, especialmente de los subproductos agroindustriales de amplio uso en Chile, hace que la adecuación mineral, particularmente de los microminerales se realice adicionando premezclas de estos elementos que aportan la totalidad de las necesidades de los cerdos, sin considerar el contenido de los alimentos que constituyen la ración.

Los resultados de esta investigación sugieren la necesidad de realizar una adecuada caracterización mineral de los insumos dietéticos o alimenticios nacionales para con base a esta información poder establecer las pautas de formulación adecuada de raciones para cerdos.

Resumen

Se evaluó el estado nutricional mineral de 214 cerdos híbridos de ambos sexos, de 90 – 100 kg de peso, provenientes de 20 criaderos industriales, para lo cual se determinaron las concentraciones plasmáticas de Ca, P, Mg, Cu y Zn y las hepáticas de Fe, Cu y Zn, mediante técnicas de espectrometría de absorción atómica, a excepción del P el cual se determinó por fotocolorimetría. Los resultados obtenidos fueron confrontados con valores considerados normales a la literatura. El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los diferentes criaderos para todos los elementos analizados salvo P. Los macroelementos Ca, P y Mg presentaron concentraciones promedios que fluctuaron entre 11.0 – 13.5, 8.1 – 11.4 y 4.0 – 6.7 mg/dl respectivamente. Las concentraciones de Ca, P y Mg fueron superiores a las publicadas como normales en la literatura. Los niveles plasmáticos de Zn y Cu oscilaron entre 72.7 – 122.1 y 166.4 – 232.8 $\mu\text{g/dl}$, respectivamente, siendo coincidentes con valores informados como adecuados.

Las concentraciones promedios hepáticas de Fe, Cu y Zn presentaron un rango entre 342 - 927, 192 - 1388 y 112 - 242 $\mu\text{g/g}$ MS, respectivamente, de los cuales sólo el Fe presentó valores elevados. Se concluye que para los elementos Ca, P, Mg y Fe existiría un aporte excesivo en la dieta, debido a la utilización de insumos alimenticios ricos en estos elementos, y al uso de una suplementación mineral que sobrepasa los requerimientos de estos minerales.

Literatura citada

1. BIRKELAND, R. 1968. Comparative investigations on the concentrations of calcium in the blood plasma and peritoneal fluid of sheep and pig. *Nord. Vet. Med.* 20:155
2. COX, D.H.; HALE, D.M. 1962. Liver iron depletion without copper loss in swine fed excess zinc. *Journal Nutrition* 77:225-228
3. CUNHA, T.J. 1977. Swine feeding and nutrition. Academic Press, New York. 352 p.
4. DE GOEY, L.W.; WAHLSTROM, EMERICK, R.J. 1971. Studies of high copper supplementation to rations for growing swine. *Journal Animal Science* 33:52-57
5. DEVILAT, J.; SKOKNIC, A. 1971. Manual de producción porcina. CORFO Eds., Santiago de Chile. 97 p.
6. FERREIRA, J.M.; MACHADO, R. 1979. Influencia da idade nos níveis de elementos minerais no fígado de suínos. *Arquivos da Escola Veterinária UFMG (Brasil)* 31:319-327
7. FERREIRA, J.M.; VIEIRA, R.M. 1979. Teores séricos de Ca, P e glicose de suínos Yorkshire do nascimento aos quinze meses. *Arquivos da Escola Veterinária UFMG (Brasil)* 31:329-335
8. FICK, K.; MILLER, S.; FUNK, J.; McDOWELL, L.; HOUSER, R. 1976. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y de animales. Universidad de Florida Instituto de Ciencias Alimentarias y Agropecuarias. Gainesville. 82 p.
9. FISKE, C.H.; SUBBAROW, Y. 1925. The colorimetric determination of phosphorus. *Journal of Biological Chemistry* 66:375.
10. FOX, J.; CARE, A.D. 1978. Effect of low calcium and low phosphorus diets on the intestinal absorption of phosphate in intact and parathyroidectomized pigs. *Journal of Endocrinology* 77:225-231
11. FURUGOURI, K. 1972. Effect of elevated dietary levels of iron stored in liver, some blood constituents and P deficiency in young swine. *Journal of Animal Science* 34:573-577
12. GERKEN, H.J.; FONTENOT, H.P. 1967. Availability and utilization of Mg from dolomitic limestone and Mg oxide in steers. *Journal of Animal Science* 26:1404-1408
13. GIPP, W.F.; POND, W.G.; WALKER, E.F. Jr. 1973. Influence of diet composition and mode of Cu administration on the response of G-F swine to supplemental Cu. *Journal of Animal Science* 36:91-99
14. GREER, E.B.; LEWIS, C.E.; CROFT, M.G. 1979. Mineral and vitamin supplementation of diets for growing pigs 4. Effects of copper, zinc and iron supplements in a wheat/animal protein diet on performance, liver mineral stores and backfat quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 19:312-317
15. KANEKO, J.J. 1973. Standard values in domestic animals. Department of Clinical Pathology, University of California, Davis. 3a. Ed. 28 p.
16. KORNEGAY, E.T.; THOMAS, H.R. 1981. Phosphorus in swine II. Influence of dietary Ca and P levels and growth rate on serum minerals, soundness scores and bone development in barrows, gilts and boars. *Journal of Animal Science* 52:1070-1084
17. MARTINSON, K.; EKMAN, L. 1976. The effect of prolonged supplementation of dietary zinc on weight gain, tissue storage of zinc and some serum variables in fattening pigs. *Acta Veterinaria Scandinavica* 17:279-285
18. MORGAN, D.P.; YOUNG, E.P.; EARLE, I.P.; DAVEY, R.J.; STEVENSON, J.W. 1969. Effects of dietary calcium, and zinc on calcium, phosphorus and zinc retention in swine. *Journal of Animal Science* 29:900-905
19. NRC. 1979. Nutrient requirements of domestic animals. Nutrient requirements of swine. 8°

- revised Ed. National Research Council, Washington, D.C.
20. POND, W.G.; WALKER, Jr. E.F.; KIRTLAND, D. 1975. Weight gain, feed utilization and bone and liver mineral composition of pigs from weaning to slaughter weight. *Journal of Animal Science* 41:1 053-1 056
21. POKNIAK, J.; BONACIC, M.; HAARDT, E.; SEGURE, T. 1977. Estimación de la respuesta productiva de cerdos durante la etapa de crecimiento-engorde y su comparación con el National Research Council 1973. *Revista de la Sociedad de Medicina Veterinaria (Chile)* 27:29-43.
22. PRASAD, A. 1976. Deficiency of zinc in man and its toxicity. In *Trace elements in human health and disease*. Ed. by Prasad A. Academic Press, New York. Vol. I. p. 1-20.
23. SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. 1969. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*, Eds. Freeman, W.H. San Francisco. 776 p.
24. SULLIVAN, J.F.; BURCH, R.E. 1976. Potential role of Zn in liver disease. In *Trace elements in human health and disease*. Ed. by Prasad A. Academic Press, New York. Vol. I. p. 67-85
25. SUTTLE, N.F.; MILLS, C.F. 1966. Studies of the toxicity of copper to pigs. 1. Effects of oral supplements of Zn and Fe salts on the development of copper toxicosis. *Br. Journal Nutrition* 20:135-148.
26. SVAGR, A.J.; PEO Jr. E.R.; VIPPERMAN Jr., P.E. 1969. Effects of dietary levels of manganese and magnesium on performance of growing-finishing swine raised in confinement and on pasture. *Journal of Animal Science* 29:439-443
27. ULLREY, D.E.; MILLER, E.R.; BRENT, B.E.; HOEFER, J.A. 1967. Swine hematology from birth to maturity. IV. Serum calcium, magnesium, sodium, potassium, copper, zinc and inorganic phosphorus. *Journal of Animal Science* 26:1 024-1 029.
28. UNDERWOOD, E.J. 1971. *Trace elements in human and animal nutrition*. 3 ed. Academic Press, New York. 500 p.
29. UNDERWOOD, E.J. 1981. *The mineral nutrition of livestock*. 2. ed. C.A.B. England. 180 p.
30. VIPPERMAN Jr., P.E.; PEO Jr., E.R.; CUNNINGHAM, P.J. 1971. Calcium and phosphorus balance studies with swine. *Journal of Animal Science* 33:240 (Abstract)
31. WIDDOWSON, E.M.; DICKERSON, W.T. 1964. Chemical composition of the body. In *Mineral metabolism*. Ed. by Comar C.L. and F. Bronner. Academic Press. Vol. 2, Part A. p. 1-247

Reseña de libros

J. SREGEDI (editor). Soil biology and conservation of the biosphere. Akademia Kiadó, Budapest, Hungría, 2 Vol. 1984. 902 p.

En este libro se incluyen los 87 trabajos presentados en la 8a. Conferencia de la Sección de Biología de Suelos de la Sociedad Húngara de la Ciencia del Suelo. Las investigaciones expuestas resumen los puntos de vista de científicos de una docena de países, principalmente de Europa Central. Sin embargo, es interesante notar autores de Cuba en cinco de los trabajos presentados.

El tono general de la conferencia refleja un enfoque ecológico en la biología de suelos. Todos los trabajos se presentan en un buen inglés para el público científico general. La sección de Biología de Suelos de la Sociedad de la Ciencia de Suelos de Hungría merece una felicitación de la Comunidad Científica, por haber puesto esta información interesante a la disposición del público en general.

La primera sección que incluye 17 trabajos que dedica al campo muy moderno del efecto del abonamiento mineral y orgánico sobre los procesos biológicos en suelos. Se examinaron aquí los efectos de diferentes tratamientos sobre los sistemas biológicos y particularmente los sistemas enzimáticos en suelos. El campo de gran actualidad de la interacción entre los plaguicidas y los organismos en el suelo es el tema de la segunda sección. Esta división, que incluye un trabajo de Cuba sobre el efecto de Diurón, consta de catorce trabajos y cita mucha bibliografía e información poco accesible, especialmente en inglés, a lectores de Latinoamérica.

La tercera sección se refiere al papel de los organismos en el suelo en la descomposición y la síntesis de la materia orgánica. El material se limita a la experiencia en suelos de Europa Central y Oriental y así es de poca aplicación directa en Latinoamérica. Sin embargo el enfoque de las investigaciones puede servir de ejemplo para indicar las formas de trabajo necesarias en este campo en el subcontinente.

La cuarta sección se refiere a la importancia de la fijación biológica de nitrógeno en la fertilidad de suelo. Aunque este tema ha sido muy ampliamente discutido en la bibliografía mundial, los doce trabajos en la sección complementan el resto de la información con experiencia Centro Europea y Árabe.

La sección más amplia es la quinta, con veinte trabajos, se dedica al papel de los organismos en el suelo en el ecosistema del suelo. Esta fracción, como las anteriores, se inicia con un trabajo introductorio e incluye no menos de cuatro trabajos de Cuba, información que no se ve muy frecuentemente.

La última sección se dedica al campo importante, pero no frecuentemente estudiado de la influencia de los organismos del suelo sobre los procesos formadores del suelo. Se consideran aquí también los fenómenos de reclamación de suelos afectados por residuos industriales o mineros.

En general, los dos volúmenes presentan información muy moderna, poco accesible en otras formas y así útil para los interesados en la interacción fertilidad y biología de suelo.

Un buen índice al final facilita el manejo de la obra a la cual se le recomienda a los profesores e investigadores en biología, microbiología y fertilidad de suelos.

ELEMER BORNEMISZA S.
CIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

THE EFFECT OF DIFFERENT PARTICLE SIZES OF SAWDUST AND FOREST TOPSOIL
ON GERMINATION, GROWTH AND DEVELOPMENT OF TWO COCOA VARIETIES
IN THE NURSERY¹ /

U. CHINWUKO*
E. O. LUCAS*

Resumen

En un experimento llevado a cabo por 24 semanas en un semillero, se observó el efecto de suelo húmico del bosque y aserrín de diferentes texturas sobre la germinación, crecimiento y desarrollo de dos variedades de cacao en el semillero. El único aspecto beneficioso de la mezcla aserrín/suelo fue que produjo una germinación más rápida que el suelo solo. En otras variables, como los parámetros morfológicos, producción de material seco, absorción de nutrimentos y promedio de crecimiento, las plántulas sembradas en suelo húmico sólo mostraron mejores resultados.

Las plántulas de F₃ Amazon mostraron más vigor y mayores promedios que las de Amelonado en todos los parámetros estudiados, posiblemente debido a una producción más temprana de una zona efectiva de hojas. En los dos cultivares, la absorción de nutrimentos fue mucho mayor en las hojas, luego los tallos y las raíces en orden descendiente. Entre los elementos, K fue el mejor absorbido, seguido por N, Ca Mg y P, en ese orden.

Introduction

It is now an established practice to raise cocoa seedlings in the nursery. Benstead (5) and Freeman (8) have shown that nurseries are essential insurance against germination failure. Previously in Nigeria baskets filled with topsoil were used to raise cocoa seedlings in the nursery, but in recent years, perforated polythene bags have been substituted for baskets in response to the work of Gordon (10). The use of topsoil alone as a propagating medium has been questioned, as evidenced from the work of Atanda and Jacob (4), who found that cocoa beans planted in a sawdust/topsoil mixture germinated faster than in topsoil alone. There has been a recent reduction in areas where topsoil can be obtained in

cocoa growing areas of Nigeria, as a result of massive clearing of many virgin forests for food crop production. This study was therefore designed to investigate whether topsoil alone or in combination with various types of sawdust of different particle sizes would affect germination, growth and development, and nutrient uptake of nursery seedlings of two cocoa varieties, F₃ Amazon and Amelonado.

Materials and methods

The experiment was carried out in 1984 with two varieties of cocoa, F₃ Amazon and Amelonado, which are the two predominant varieties in West Africa. The sowing media used were:

- a) unsieved sawdust on topsoil
- b) 4 mm mesh-sieved sawdust on topsoil
- c) 2 mm mesh-sieved sawdust on topsoil
- d) 0.6 mm mesh-sieved sawdust on topsoil and
- e) topsoil alone

Black perforated polythene bags (25 cm x 16 cm x 5 cm) were used. For the sawdust treatment, each polythene bag was filled to three-quarters of its

¹ Received for publication on October 20, 1985

The authors wish to thank Dr. E. B. Esan, Dr. V. Chude, and Mr. T. C. N. Ndubuaku, all of Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN) Ibadan, for their valuable contributions towards the completion of this study.

* Department of Agronomy, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria

capacity with 2.5 kg of unsieved forest topsoil, and the remaining quarter was filled with sawdust. In the topsoil treatment, the bags were filled to within 5 cm of the brim. The nutrient status of the topsoil and the sawdust is given in Table 1.

The 10 treatments (2 varieties x 5 growing media) were replicated four times in a randomized block design. Ten bags were used in each replicate, for a total of 400 bags. The experiment was set up at the Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN), the main Watson (16) and Radford (14). The nutrient uptake was determined from the product of dry weight and the percent of nutrient contents.

Sampling started one month after sowing and continued at a monthly interval. Six samples were taken throughout the experimental period of 24 weeks. Each time, the morphological parameters of height, girth and number of leaves were taken. The polythene bag containing each of the sampled seedlings was then torn away and the whole seedling removed with the roots intact. The roots were thoroughly washed with water and the seedling broken into leaves, stem and roots. The fresh weights of each organ was taken. Leaf areas were determined with a leaf area meter (Lamba Instrument Corporation Model L13100). All the plant parts were then

dried to a constant weight at 100°C in a forced air draught oven for 36 hours. Growth analysis variables were computed on the basis of the formulae used by the nursery at Idi-Ayunre, under artificial shade with incident light intensity of about 20% full daylight according to Goodall (9). Seeds were selected from the middle portion of ripe cocoa pods, after they had been washed with dry sawdust to remove the mucilage covering them, and were sown on 23 January, 1984. They were watered immediately after planting and consequently every morning. Germination counts were taken every day for one month.

Results

Germination

The mean days to germination in both varieties increased as the particle sizes of the sowing media decreased. Seeds planted in sawdust/topsoil germinated better than those planted in topsoil alone, as the mean days to germination in topsoil was higher than in all the sawdust/topsoil combinations. The fastest germination was obtained from seeds planted in the unsieved sawdust/topsoil. F₃ Amazon germinated faster than Amelonado in all media and had a higher percentage of germination (Table 2).

Table 1. Nutrient status and physical properties of the sowing media.

Sowing Media	A		Sawdust		
	Total % N	Total % P	% K	% Ca	% Mg
Unsieved sawdust	0.003	0.039	0.5	0.015	0.001
Sieved sawdust, 4 mm mesh	0.006	0.052	0.6	0.016	0.002
Sieved sawdust, 2 mm mesh	0.006	0.052	0.6	0.014	0.001
Sieved sawdust, 0.6 mm mesh	0.007	0.059	0.6	0.015	0.002

Forest Topsoil	B			Forest Topsoil					
	pH	% sand	% Silt	% Clay	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
Forest Topsoil	6.5	47.0	22.0	31.0	0.12	0.18	4.0	1.5	0.23

Morphological parameters

The overall means of the seedling height, girth and number of leaves per plant increased with time. At the final sampling, seedlings planted in topsoil alone

significantly excelled in all these parameters. F_3 Amazon gave significantly higher values of these parameters than Amelonado (Table 3). All these parameters were found to be highly correlated with one another (Table 4).

Table 2. Mean days to germination in F_3 Amazon and Amelonado grown in different sowing media.

	Unsieved sawdust on topsoil	4 mm mesh-sieved sawdust on topsoil	2 mm mesh-sieved sawdust on topsoil	0.6 mm mesh-sieved sawdust on topsoil	Topsoil alone	Mean
F_3 Amazon	8.9	10.5	11.1	11.2	13.1	11.0
Amelonado	10.5	11.8	11.4	13.5	16.7	12.2
Mean	9.7	11.1	11.3	12.4	14.9	

LSD ($P = 0.05$)
 Variety 0.89
 Medium 1.04
 Interaction 1.48

Table 3. Mean values for Girth (cm), height (cm) and number of leaves of F_3 Amazon and Amelonado grown in the nursery (24 weeks after sowing).

Varieties	Unsieved sawdust on topsoil			4 mm mesh-sieved sawdust on topsoil			2 mm mesh-sieved sawdust on topsoil			0.6 mm mesh-sieved sawdust on topsoil			Topsoil alone		
	Girth	Height	No. of Leaves	Girth	Height	No. of Leaves	Girth	Height	No. of Leaves	Girth	Height	No. of Leaves	Girth	Height	No. of Leaves
F_3 Amazon	0.63	27.6	14.0	0.58	20.1	10.5	0.50	25.9	13.0	0.68	21.8	10.5	0.68	30.9	14.3
Amelonado	0.48	19.1	11.0	0.53	17.0	13.8	0.50	17.9	10.0	0.53	15.1	7.0	0.60	17.1	11.8
S.E.	0.145	5.01	2.19	0.145	5.01	2.19	0.145	5.01	2.19	0.145	5.01	2.19	0.145	5.01	2.19

Table 4. Correlation matrix between some growth parameters in F_3 Amazon and Amelonado grown in the nursery for 24 weeks ($n - 2 = 4$).

	Seedling height	Stem girth	Leaf number	Leaf area
Seedling height	—			
Stem	0.99**	—		
Girth	0.97**	—		
Leaf number	0.93**	0.94**	—	
	0.93**	0.87**		—
Leaf area	0.96**	0.96**	0.98**	—
	0.89*	0.89*	0.64	—

Note: F_3 Amazon/Amelonado

Dry matter production and distribution

The mean total dry matter yield of the seedlings increased with time, peaking at the final harvest. F₃ Amazon gave a higher yield of total dry matter than Amelonado throughout the experimental period. There were significant varietal differences at 12 and 24 weeks after sowing (Fig 1). Moreover, at the final sampling seedlings of both varieties grown in topsoil had the highest total dry matter yield (Table 5)

The leaves had the highest proportion of dry matter, by comparison with the other organs. At the first sampling, the proportions of dry matter in the leaves, stem and roots of F₃ Amazon were 40%, 39% and 21% respectively. The corresponding figures in the Amelonado were 38%, 35% and 27%. At the final sampling, the proportion of dry matter in these organs in F₃ Amazon were 43% in the leaves, 31% in the stem and 26% in the roots. The corresponding figures for Amelonado were 43%, 35% and 22% (Figs 2 and 3)

Growth rates

The highest mean net assimilation rates (NAR) in both varieties were recorded between 8 and 12 weeks after sowing. F₃ Amazon recorded a higher overall mean NAR than Amelonado (0.0829 g/dm²/wk and 0.0797 g/dm²/wk respectively). However there was no significant varietal difference in NAR values throughout the experimental period (Table 6). The peak relative growth rate (RGR) value, like the NAR value, was also obtained between 8 and 12 weeks after sowing, with F₃ Amazon having a higher value. The leaf area ratio (LAR) decreased with the age of the seedlings in both varieties, with F₃ Amazon recording a significantly higher peak value (Table 6). The leaf area index (L) in both varieties increased with age, although there was a slight drop for Amelonado at 20 weeks after sowing. The peak L value

for F₃ Amazon was 3.3, while the peak for Amelonado was 2.7 (Fig 4). Seedlings grown in topsoil alone gave the highest value and had the highest number of leaves

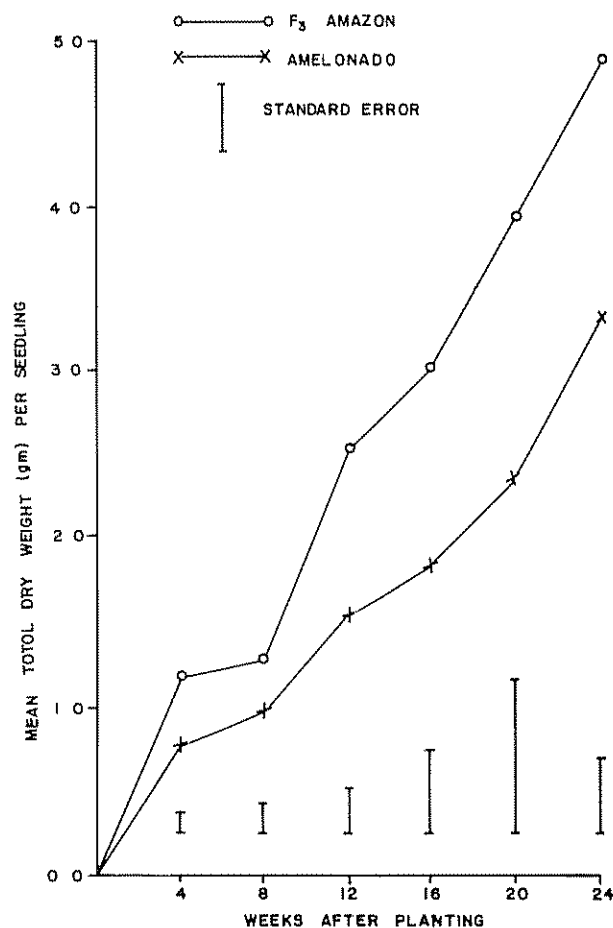


Fig 1. Mean total dry weight (g) per seedling of F₃ Amazon and Amelonado for 24 weeks after planting

Table 5. Mean total dry weight (g/seedling) of F₃ Amazon and Amelonado grown in the nursery (24 weeks after sowing).

Varieties	Unsieved sawdust on topsoil	4 mm mesh-sieved sawdust on topsoil	2 mm mesh-sieved sawdust on topsoil	0.6 mm mesh-sieved sawdust on topsoil	Topsoil alone	Variety mean
F ₃ Amazon	4.6	3.5	4.3	4.7	7.5	4.9
Amelonado	3.9	2.9	3.7	1.7	4.4	3.3
Medium mean	4.2	3.2	4.0	3.2	5.9	

S.E. Variety	=	0.45
S.E. Medium	=	1.30
S.E. Interaction	=	1.84

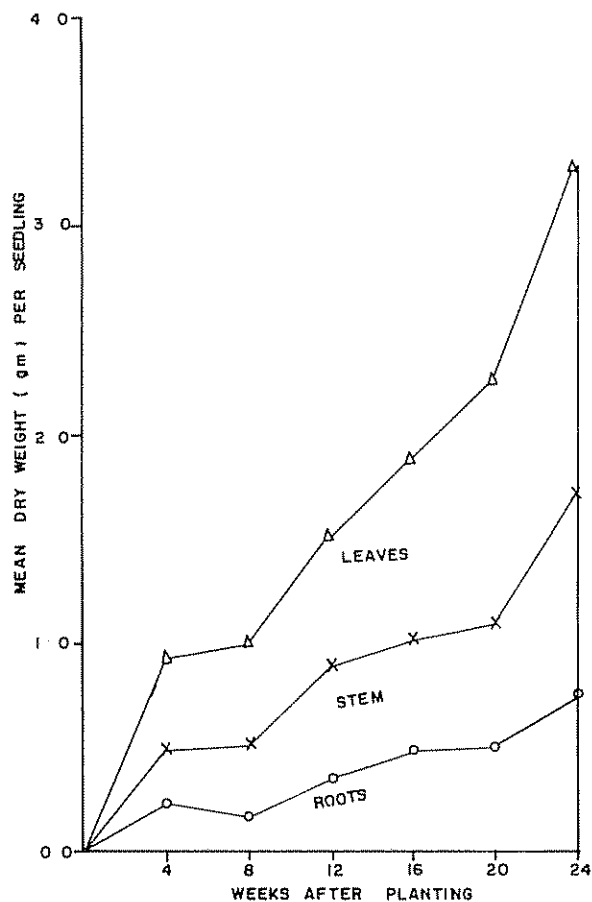


Fig. 2. Dry matter distribution in different organs of Amelonado seedlings for 24 weeks after planting.

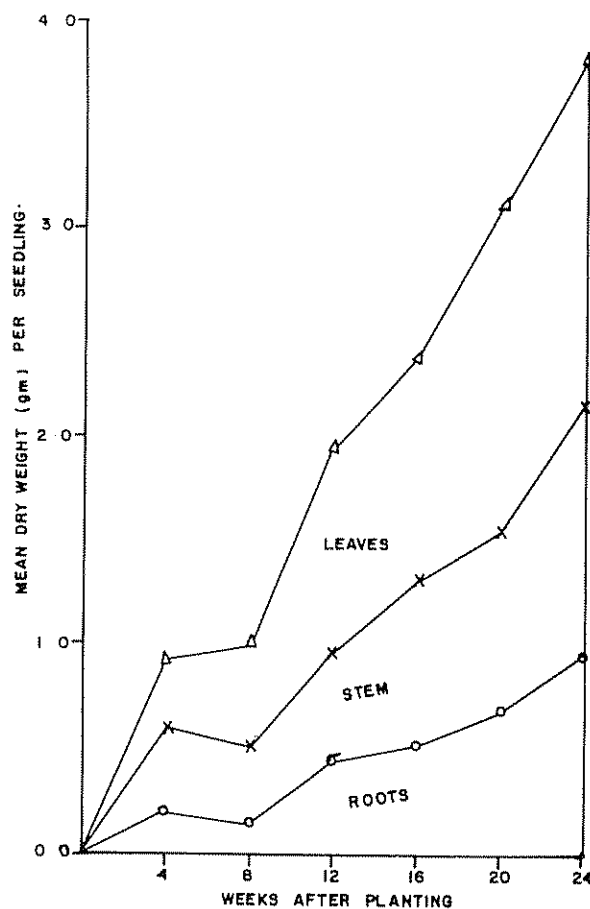


Fig. 3. Dry matter distribution in different organs of F₃ Amazon seedlings for 24 weeks after planting

Table 6. Mean values of Net Assimilation Rate, (NAR) Leaf Area Ratio, (LAR) and Relative Growth Rate (RGR) of F₃ Amazon and Amelonado during the first 24 weeks of growth.

Interval (weeks)	F ₃ Amazon			Amelonado		
	NAR g/dm ² /wk	LAR cm ² /g	RGR g/g/day	NAR g/dm ² /wk	LAR cm ² /g	RGR g/g/day
4-8 weeks	0.022	150.2	0.018	0.009	126.7	0.006
8-12 weeks	0.032	117.4	0.024	0.030	113.0	0.020
12-16 weeks	0.016	105.7	0.011	0.009	72.5	0.011
16-20 weeks	0.014	101.6	0.009	0.015	62.8	0.013
20-24 weeks	0.013	65.5	0.008	0.018	57.7	0.018
Total	0.097		0.07	0.081		0.068
Mean	0.019		0.014	0.016		0.013

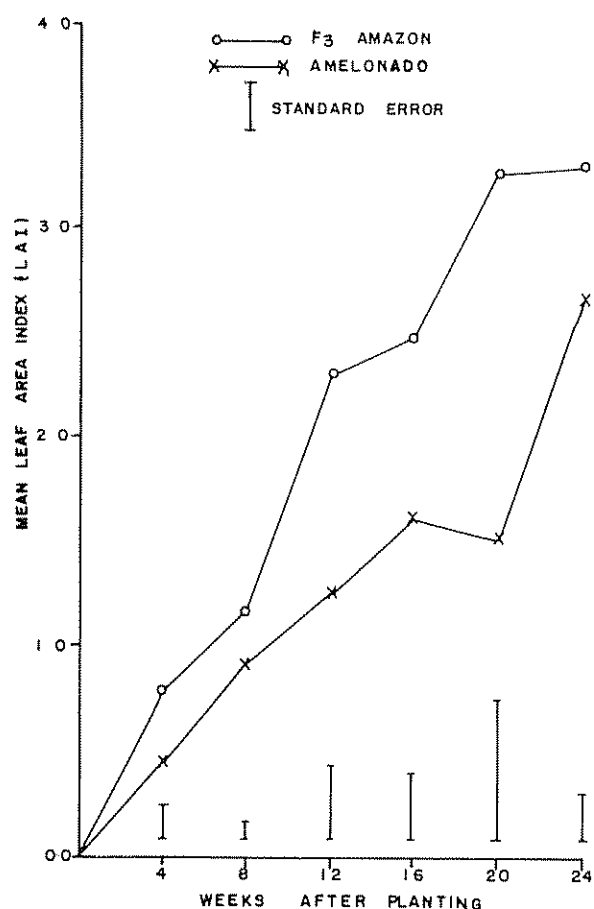


Fig 4 Mean leaf area index (LAI) of F₃ Amazon and Amelonado seedlings for 24 weeks after planting

Nutrient Uptake

F₃ Amazon variety recorded higher uptake of N, P, K, Ca and Mg than Amelonado. Nutrient uptake in the leaves was highest, followed by that of the stem and

the roots. Uptake of potassium by the different organs of both varieties was the highest, followed by nitrogen, calcium, magnesium and phosphorus in that order. Seedlings grown in topsoil alone had the highest uptake in both varieties (Table 7).

Discussion

The study reported here showed the overall superiority of sawdust on top of soil over topsoil alone. This confirmed the work of Atanda and Jacob (4), who attributed this advantage to better drainage, good water potential and less "bean-medium" contact of the sawdust. Also the study showed that the F₃ Amazon variety had higher germination percentage and grew faster than Amelonado. This difference in germination percentage may be attributed to the higher percentage of seed coat in Amelonado seeds as found by Atanda and Jacob (4). It is a well-documented fact that the seed coat exerts a tremendous effect on germination because it is impermeable to water and dissolved gases, particularly carbon dioxide, has high mechanical strength due to stratification, and is impermeable to chemical inhibitors (Croucher and Barton (7)). The particular factors militating against early germination of Amelonado seeds when compared with F₃ Amazon merits further investigation.

In other measurements examined in this study, such as morphological parameters, dry matter production, growth rates and nutrient uptake, seedlings raised in topsoil alone were superior to seedlings raised in any sawdust/topsoil mixture. This can be attributed to the low nutrient content of sawdust compared with topsoil.

The consistently significant varietal differences observed in the experiment might be attributed to

Table 7. Nutrient uptake in cocoa seedlings (g/plant) 24 weeks after sowing.

Organs	Nitrogen		Phosphorus		Potassium		Magnesium		Calcium	
	F ₃ Amazon	Amelonado	F ₃ Amazon	Amelonado	F ₃ Amazon	Amelonado	F ₃ Amazon	Amelonado	F ₃ Amazon	Amelonado
Leaf	0.033	0.023	0.0032	0.0022	0.06	0.04	0.011	0.009	0.023	0.015
Stem	0.011	0.006	0.0019	0.0014	0.036	0.024	0.010	0.007	0.016	0.009
Root	0.006	0.004	0.0012	0.0008	0.023	0.015	0.005	0.003	0.005	0.003
Total	0.05	0.03	0.0063	0.0044	0.12	0.08	0.03	0.02	0.04	0.03

the inherent genotypic properties of the varieties. The rapid production of leaves by F_3 Amazon no doubt helped it to establish its photosynthetic apparatus earlier than Amelonado and made it less dependent on the seed endosperm at initial stages of growth. The net result of this was that F_3 Amazon was able to surpass Amelonado in all the growth measurements examined. Leaf number, in particular, has been found to be an important growth parameter in the development of nursery seedlings Adenikinju (1).

The study provided an opportunity to compare the growth rates of the varieties observed here with those found in other studies. The overall NAR mean value obtained in this study was slightly less than the value obtained by Oyebade (13), but it added support to the prevailing opinion that NAR values of cocoa seedlings are low, as in other tree crops such as oil-palm Rees (15); Lucas (11). The peak relative growth rates (RGR) of the two varieties obtained in this study agreed with the earlier results obtained by Goodall (9) and Atanda (3), who suggested that the high value obtained between 10 and 15 weeks after sowing was associated with leaf flushing and full expansion of leaves. In this study there was a sharp increase in the leaf area index between 8 and 12 weeks after planting in Amelonado. The decrease in leaf area ratio (LAR) with time observed in the study was consistent with the findings of Oyebade (13), but in conflict with those of Atanda (3), who obtained peak LAR value at 15 weeks after sowing. The apparent difference might be to the different locations of the experiments. This experiment, like that of Oyebade (13), was sited at CRIN main station at Onigambari (Forest zone), while Atanda's (3) was sited at the Uhonmora substation (a derived savannah zone).

Little work has been done on the nutrient uptake of cocoa nursery seedlings for ease of comparison. However, in oil palm nursery seedlings, Lucas, Ataga and Thomas (12) found that K uptake was highest, followed by N, Ca, Mg and P in that order. A similar situation was observed in this study. Also, Cooke (6) found that in adult coffee, the order of uptake from highest to lowest was K, N, P, while in tea the order was N, P, K. There is a need for further investigation on the relative importance of these nutrients in cocoa nursery seedlings.

Conclusion

The importance of raising cocoa nursery seedlings in a medium of sawdust on top of forest topsoil lies in the fact that cocoa beans planted in such a medium germinate faster than beans planted in topsoil alone.

However, for subsequent growth, seedlings raised in topsoil alone show better morphological parameters, higher growth rates, dry matter production and nutrient uptake. The superior growth of F_3 Amazon over Amelonado can probably be attributed to inherent genotypic differences between the two varieties, which were manifested in the early establishment of bigger leaf area, higher photosynthetic capacity (L) and better photosynthetic efficiency (NAR).

The measurements of nutrient uptake suggest the need for further investigation on the nutrient needs of cocoa seedlings in a well-designed fertilizer experiment.

Summary

A nursery experiment was carried out for 24 weeks using sawdust of different particle sizes added to topsoil, and using topsoil alone, to test the germination, growth and development of two cocoa varieties. It revealed that the only beneficial effect of the sawdust/topsoil mixture was faster germination of cocoa seeds. In other measurements, such as morphological parameters, dry matter production, growth rates and nutrient uptake, seedlings grown in topsoil alone gave better results.

F_3 Amazon seedlings grew more vigorously and performed better than Amelonado seedlings in all the parameters examined, presumably because of the earlier establishment of effective leaf area by F_3 Amazon. Nutrient uptake by the seedlings of both varieties was highest in the leaf, followed by the stem and then the roots. Potassium uptake was the highest, followed by nitrogen, calcium, magnesium and phosphorus in that order.

Literature cited

- 1 ADENIKINJU, S.A. 1974. Analysis of the growth patterns in cocoa seedlings as influenced by maturity. *Experimental Agriculture* 10:144.
- 2 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1975. *Methods of Analysis* 12 edition 2049 Washington D.C.
- 3 ATANDA, O.A. 1971. Growth analysis of F_3 Amazon and West African Amelonado seedlings under nursery conditions. *Nigerian Journal of Science* 5(1):45-59.

4. ATANDA, O.A ; JACOB, V.J 1970. Bean germination studies in *Theobroma cacao* L. Cacao XV (4):13-18
5. BEHSTEAD, R.J 1948 Nursery technique information Cocoa Report of West African Cocoa Research Institute 57-59
6. COOKE, G.W. 1974. Changes in amounts of fertilizers used and the forms in which they are produced, together with comments on current problems in valuing fertilizers and using them efficiently Seminar on fertilizer analytical methods. sampling and quality control. Pakistan
7. CROUCER, W.; BARTON, L.V 1953 Physiology of seeds Published by Chronica Botanica London.
8. REEMAN, G.H. 1965 Methods of raising cocoa seedlings in the nursery and their effects on subsequent growth in the field Journal of Horticultural Science 40:341-349
9. GOODALL, D.W 1950 Growth analysis of cacao seedlings Annals of Botany (N.S) 14:291-305.
10. GORDON, J. 1976 Cocoa. Its nature, habitat and production. John Simmons, Praeger publishers New York Washington London 413
11. LUCAS, E.O 1977 Growth analysis of polybag nursery oil palm seedlings. Technical consultation on palm crops for West and central Africa FAO Paper OC/77/151.
12. LUCAS, E.O ; ATAGA, D.O ; THOMAS, G.O. 1979 Partitioning of dry matter and nutrients in oil palm seedlings grown in polybags. Experimental Agriculture 15:361-369
13. OYEBADE, I.T 1972. A comparative growth analysis study of four cacao varieties. Turrialba 22(3):275-181.
14. RADFORD, P.J 1967 Growth analysis formulae – their uses and abuse Crop Science 7:171-175
15. REES, A.R 1963 An analysis of growth of oil palm seedlings in full daylight and in shade Annals of Botany (N.S) 27(106):325-337
16. WATSON, D.J 1952 The physiological basis of variation in yield Advances in Agronomy 4:101-145

RELACIONES ENTRE LA EDAD FISIOLÓGICA Y EL CONTENIDO DE AZÚCARES
TOTALES Y REDUCTORES EN TUBÉRCULOS DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)
DESTINADOS A NUEVA PLANTACIÓN¹ /

D. O. CALDIZ*, J. R. ALANIZ*, F. K. CLAVER**

Summary

It is well known that environmental conditions during seed crop growing and storage modify the physiological age of the potato tuber, but processes involved in such regulation are still unknown

In this work, attention was focussed on the effect of different planting dates upon the physiological age and sugar content of seed tubers, in an attempt to obtain further information on the possible mechanisms involved in such regulation

After harvest of the seed crop, the physiological age of the tuber was measured by its incubation period, as suggested by Claver and the total and reducing sugar content by the Cronin and Smith technique

Results obtained with four cultivars showed that physiologically old tubers contained a higher level of total and reducing sugars from sprouting onwards. It is proposed that these results are associated with senescent decay, in accordance with van Es and Hartmans's hypothesis

Introducción

Es bien conocido el hecho de que las condiciones ambientales durante el cultivo y el almacenamiento de los tubérculos simiente modifican su edad fisiológica (2, 4, 6); pero poco se conoce de los posibles mecanismos involucrados en tal regulación

Müller (15) y Reust (19) han demostrado que el contenido de sacarosa, ácido málico y ácido cítrico en la brotación, pueden resultar indicadores adecua-

dos de la edad fisiológica; en tanto que Wurr (21) sugirió que el mecanismo de control podría ser un incremento gradual en el nivel de reguladores de crecimiento, que eventualmente podría modificar el contenido de azúcares o la movilización de N dentro del tubérculo. Al respecto, Moreno (13) determinó que las distintas condiciones agroecológicas durante el cultivo de la simiente modificaban el nivel de compuestos nitrogenados en los tubérculos, resultando más aptos para nuevas plantaciones, aquellos con un mayor contenido de aminoácidos libres. Lowe y Ries (12) también encontraron, en semillas de trigo, que el contenido de proteínas tenía influencia sobre el crecimiento de la plántula y aún sobre el rendimiento de materia seca (11).

El objetivo de este trabajo es aumentar la información disponible acerca de los posibles mecanismos involucrados en la regulación de la edad fisiológica. Para lograr modificaciones de ésta, se realizaron plantaciones escalonadas con tubérculos simiente de cuatro cultivares, relacionando luego, en brotación, el contenido de azúcares con las variaciones experimentadas en aquel parámetro

¹ Recibido para publicación el 27 de agosto de 1985

Este trabajo es parte del Programa "Lecofisiología de Papa" (Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires - Facultad de Agronomía, UNLP, La Plata) y recibió apoyo parcial de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires y de la Asociación Cooperadora de la Chacra Experimental de Miramar

* Instituto de Fisiología Vegetal, Facultad de Agronomía, UNLP, C.C. 31 (1900) La Plata, Argentina

** El Prof. Ing. Agr. Francisco K. Claver falleció el 31 de agosto de 1981

Materiales y métodos

Durante el año agrícola 1979/1980 se realizaron tres plantaciones escalonadas, en la localidad de Miramar ($38^{\circ}10' \text{ L S}$ y $58^{\circ}00' \text{ L O}$, 50 m sobre el nivel del mar), el 9 de noviembre, 15 de diciembre (1979) y el 5 de enero (1980). Se utilizaron tubérculos certificados de los cultivares cv Spunta, cv Kennebec (semitempranos), cv Huinkul MAG y cv Bonaerense La Ballenera MAA (semitardíos). Las plantaciones se realizaron en forma manual, con tubérculos cortados y encalados, en un suelo franco, con buen contenido de m o y con una densidad de 40 000 plantas por ha^{-1} a la cosecha. Mayores detalles experimentales se pueden encontrar en el trabajo de Pabelo *et al* (17), en tanto que los datos climáticos correspondientes al ciclo de cultivo se presentan en la Fig. 1

Determinación del contenido de azúcares

Los tubérculos provenientes de las distintas plantaciones se cosecharon en julio de 1980 y se almacenaron en la oscuridad a 17°C hasta la primera quincena de agosto, cuando se iniciaron las determinaciones del contenido de azúcares totales y reductores, de acuerdo a Cronin y Smith (1979). Se tomaron al azar muestras de 600 g de tubérculos por tratamiento; se lavaron y se extrajeron de 4-6 cilindros por tubérculo con un sacabocado de 10 mm de diámetro; luego se cortaron estos cilindros en discos de 2 mm de espesor. De estas muestras, se tomaron 10 g (tres repeticiones) para efectuar las determinaciones de azúcares y del peso seco, este último a 105°C hasta peso constante.

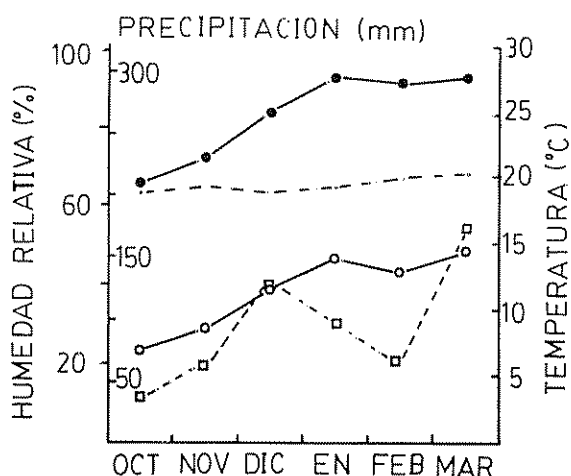


Fig 1 Temperaturas, precipitaciones y humedad relativa durante el ciclo de cultivo 1979/1980 en Miramar.

Temperaturas media mínima (— ○) y máxima (— ●); precipitaciones (--- □) y humedad relativa (--- △).

Determinación de la edad fisiológica

Luego de la cosecha, un lote de 25 tubérculos (cinco repeticiones) por tratamiento se colocó en las condiciones descritas por Claver (5, 6) a fin de determinar el inicio de la brotación y la duración del periodo de incubación, que se daba por finalizado cuando el 80% de la muestra había formado nuevos tubérculos sobre los brotes. La duración del periodo se utilizó como una medida de la edad fisiológica de los tubérculos, de acuerdo a los lineamientos propuestos por Claver (5, 6), pues indica el grado de avance en el estado fisiológico de los mismos; de este modo, cuánto más corto resulta el periodo, los tubérculos se consideran fisiológicamente más envejecidos.

Los datos de ambas determinaciones se analizaron estadísticamente mediante un análisis de varianza en factorial ($4 \times 3 \times 3$ y $5 \times 4 \times 3$), considerándose las diferencias al nivel de significancia del 0.05, según Tukey.

Resultados y discusión

Los tubérculos de los cultivares cv Spunta y cv Kennebec, provenientes de la primera plantación, iniciaron la brotación a fines de agosto. A mediados de setiembre, se inició la brotación de los tubérculos de cv Spunta y cv Kennebec de segunda plantación y cv Huinkul MAG y cv Ballenera MAA de primera plantación. Hacia fines del mismo mes, se produjo la brotación de los tubérculos de estos dos últimos cultivares, provenientes de la segunda y tercera plantación.

Las plantaciones tardías (diciembre y enero) también produjeron tubérculos simiente fisiológicamente más jóvenes que los obtenidos de las plantaciones de noviembre (Cuadro 1). El atraso en la época de plantación modificó el inicio de la tuberización y consecuentemente la edad cronológica de los tubérculos, lo cual determinó las diferencias en brotación ya mencionadas. Las distintas condiciones ambientales en las cuales se formaron los tubérculos (Fig 1) también modificaron la edad fisiológica (5, 6) y en mayor medida cuando las temperaturas fueron más elevadas (4); en consecuencia, las modificaciones en el periodo de incubación resultan de la influencia de ambos factores.

En líneas generales, cv Huinkul MAG y cv Ballenera MAA resultaron fisiológicamente más jóvenes que el resto (Cuadro 1), lo cual demuestra una respuesta diferencial de los genotipos, tal como lo mencionan Reust (19) y Caldiz *et al* (13). Estas modificaciones en la edad fisiológica estuvieron asociadas a las variaciones que se registraron en el contenido de

azúcares totales y reductores (Cuadros 2 y 3); resultó menor para los tubérculos simiente fisiológicamente más jóvenes, ya sea al considerar las distintas variedades o por el atraso en la época de plantación, como sucedió en forma significativa con cv Spunta

Existió una notable tendencia a que el contenido de azúcares fuera menor cuanto más jóvenes eran los tubérculos, aunque recientemente van Es y Hartmans (9) determinaron que durante el envejecimiento el contenido de glucosa disminuye a temperaturas de 12° a 20°C, en tanto que el de sacarosa se incrementa, particularmente en el tejido que rodea al brote

El mayor nivel de azúcares totales estuvo relacionado con la brotación, como ya fue demostrado por Bailey *et al* (1) El avance en la edad fisiológica de los tubérculos, que se demuestra por un inicio precoz de la tuberización (Cuadro 1), indicaría, al menos parcialmente, un grado mayor de senescencia, lo cual determina una mayor fragilidad de las membranas de los amiloplastos (10, 16), permitiendo que el gránulo de almidón esté expuesto a la acción de enzimas degradativas que originan sacarosa. Esta por acción de la invertasa (18) se descompone en glucosa y fructosa, azúcares solubles fácilmente utilizados por los brotes en crecimiento, que tienen grandes requerimientos

Cuadro 1. Edad fisiológica de los tubérculos, expresada en función de la duración del período de incubación (en días).

Cultivares	Épocas de plantación 1979/1980		
	Noviembre	Diciembre	Enero
Spunta	91 c	122 b	133 c
Kennebec	91 c	88 c	151 b
Huinkul MAG	108 b	127 b	152 b
Ballenera MAA	136 a	135 a	183 a

C V : 6.3%

Los promedios de una misma columna, seguidos de letras iguales, no difieren entre sí (P < 0.05)
 Los promedios unidos por líneas continuas difieren entre sí (P < 0.05)

Cuadro 2. Contenido de azúcares totales en los tubérculos provenientes de las tres épocas de plantación. Expresado en mg g⁻¹ de peso seco.

Cultivares	Agosto			Setiembre			Octubre		
	Época previa de plantación								
	Nov.	Dic.	En.	Nov.	Dic.	En.	Nov.	Dic.	En.
Spunta	8.4 b	5.6 b	7.2 a	29.3 a	21.3 a	15.8 a	18.5 a	10.1 a	9.5 a
Kennebec	9.0 b	4.7 b	5.0 a	19.4 b	18.8 a	14.1 a	10.1 b	6.0 b	6.4 a
Huinkul MAG	16.6 a	15.5 a	—	30.0 a	18.3 a	—	12.2 a	14.1 a	—
Ballenera MAA	7.1 b	6.9 b	7.6 a	20.8 b	19.2 a	17.1 a	9.6 b	7.1 a	9.4 a
Promedio mensual		8.5			20.3			10.2	

C V : 6.6%

Los promedios de una misma columna, seguidos de letras iguales, no difieren entre sí (P < 0.05).
 Los promedios unidos por líneas continuas difieren entre sí (P < 0.05)

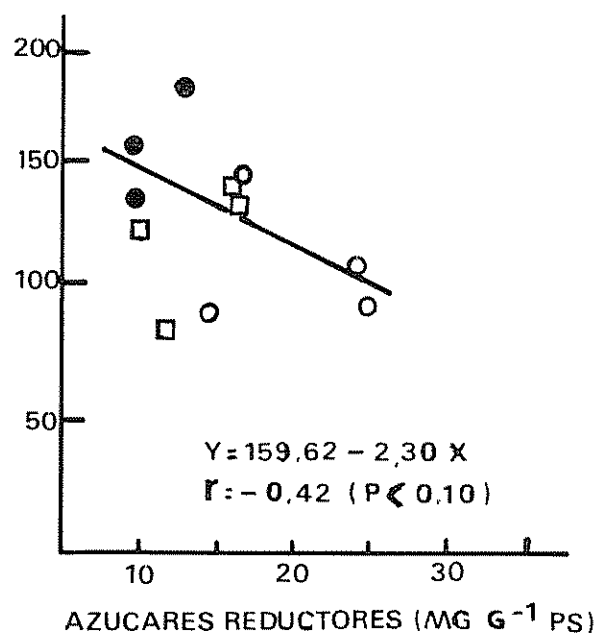
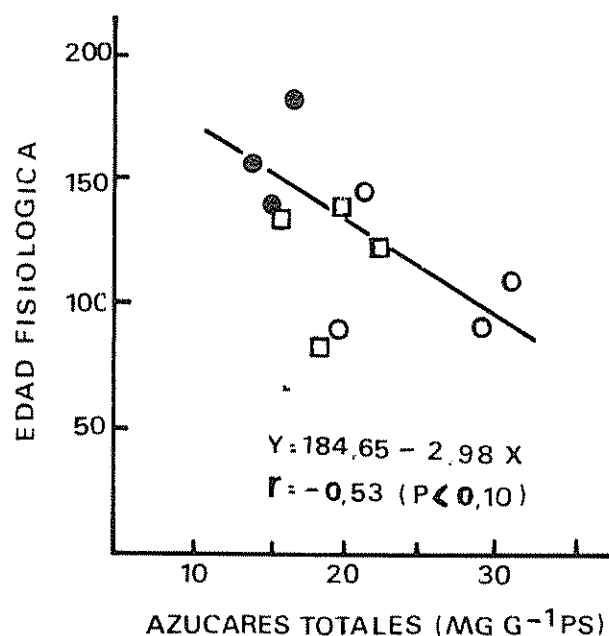


Fig 2 y 3 Relaciones entre la edad fisiológica, expresada en función del período de incubación, y el contenido de azúcares totales y reductores

Primera (○), Segunda (◻) y Tercera (●) plantación

energéticos (20) De allí los altos niveles de estos compuestos que se encontraron en los tubérculos fisiológicamente envejecidos, que provenían de la plantación de noviembre (Cuadro 3).

A partir de estos resultados, se sugiere que uno de los factores intervinientes en la regulación de la edad fisiológica de los tubérculos es la integridad de las membranas, la cual está asociada a fenómenos de decaimiento que implican un avance en la senescencia y un desbalance en las membranas y enzimas, el cual se refleja en el aumento de azúcares solubles (Figs 2 y 3)

Estas sugerencias coinciden con los resultados de Moreno y García (14), quienes determinaron que los tubérculos preferidos para las nuevas plantaciones por los agricultores de Huasahuasi (Perú) provenían de la zona alta de Chirás y Cayán, y poseían un menor contenido de azúcares totales que aquellos provenientes del Valle de Huacas. Esto indica, evidentemente, que existe una relación entre el contenido de azúcares y el potencial simiente de los tubérculos. De allí que resulte importante conocer el estado fisiológico de la simiente, a fin de predecir, al menos parcialmente, el patrón de crecimiento del cultivo y optimizar la productividad por medio de las prácticas que correspondan en cada caso (fechas de plantación, dosis de fertilizantes, riego adicional, cultivos más densos etc.)

Resumen

Relaciones entre la edad fisiológica y el contenido de azúcares totales y reductores en tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) destinados a nueva plantación

Es bien conocido que las condiciones ambientales durante el cultivo y el almacenamiento de los tubérculos simiente modifican su edad fisiológica; empero, los procesos que determinan esa regulación aún permanecen desconocidos

En este trabajo, se prestó atención al efecto de diferentes épocas de plantación sobre la edad fisiológica y el contenido de azúcares de los tubérculos, en un intento por obtener mayor información sobre los posibles mecanismos involucrados en tal regulación.

Luego de la cosecha de los tubérculos simiente, se midió la edad fisiológica, de acuerdo al período de incubación, tal como fue sugerido por Claver (6) y el contenido de azúcares totales y reductores según la técnica de Cronil y Smith (7).

Los resultados obtenidos con cuatro cultivares demostraron que los tubérculos fisiológicamente envejecidos alcanzaron un mayor nivel de azúcares totales y reductores a partir de la brotación. Se sugiere que estos resultados están asociados a fenómenos de decaimiento por senescencia, de acuerdo a la hipótesis de van Es y Hartmans (9).

Cuadro 3. Contenido de azúcares reductores en los tubérculos provenientes de las tres épocas de plantación. Expresado en mg g⁻¹ de peso seco.

Cultivares	Agosto			Setiembre			Octubre		
	Nov.	Dic.	En.	Epoca previa de plantación			Nov.	Dic.	En.
				Nov.	Dic.	En.			
Spunta	7.1 a	4.1 a	5.1 a	25.2 a	11.6 a	10.2 a	12.0 a	6.7 a	5.6 a
Kennebec	5.3 a	1.9 a	1.9 a	14.6 b	12.0 a	10.0 a	5.9 a	3.3 a	3.3 a
Huinkul MAG	9.4 a	10.9 a	—	24.9 a	15.9 a	—	4.9 a	10.0 a	—
Ballenera MAA	4.5 a	4.2 a	5.5 a	16.4 b	15.2 a	13.1 a	4.0 b	4.6 a	5.3 a
Promedio mensual		5.4			15.3			5.9	

C.V. : 19.5%

Los promedios de una misma columna, seguidos de letras iguales, no difieren entre sí (P < 0.05)
 Los promedios unidos por líneas continuas difieren entre sí (P < 0.05)

Literatura citada

- 1 BAILEY, K.M.; PHILLIPS, I.D.J.; PITT, D. 1978. The role of buds and gibberelin in dormancy and the mobilization of reserve materials in potato tubers. *Annals of Botany* 42:649-657
- 2 CALDIZ, D.O.; CLAVER, F.K.; ESCANDE, A.R. 1984. Effect of harvesting time and storage system on the quality of seed potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) *Turrialba* 34(3):287-290
- 3 CALDIZ, D.O.; PANELO, M.; CLAVER, F.K.; MONTALDI, E.R. 1984. The effect of planting dates on the physiological age and yielding potential of seed potatoes grown in a temperate climate in Argentina (sin publicar)
- 4 CARLS, J.; CAESAR, K. 1979. Influence of storage and growth temperature on the physiological age and yield of the progeny of seed potatoes under tropical conditions. *Potato Research* 22:87-99
- 5 CLAVER, F.K. 1973. Influence of temperature during the formation of tubers in relation with their incubation state (physiological age) and seed value. *Experientia* 30:97-98.
- 6 CLAVER, F.K. 1975. Influence of temperature during the formation of potato tubers and its effects on the first progeny. *Phyton* 33:1-5
- 7 CRONIN, D.A.C.; SMITH, S. 1979. A simple and rapid procedure for the analysis of reducing, total and individual sugars in potatoes. *Potato Research* 22:99-105
- 8 ES, A. van; HARTMANS, K.J. 1981. Aspects and preliminary results of physiological ageing. Some biochemical aspects. Abstracts Conference Papers 8th Trienn Conf EAPR, München p. 74
- 9 ES, A. van; HARTMANS, K.J. 1984. Some aspects of changes in chemical composition of tubers and sprouts during physiological aging. Abstracts Conference Paper 9th Trienn Conf EAPR, Interlaken 231-232.
- 10 ISHERWOOD, F.A. 1976. Mechanism of starch-sugar interconversion in *Solanum tuberosum*. *Phytochemistry* 15:33-41
- 11 LOWE, L.B.; AYERS, G.S.; RIES, S.K. 1972. Relationship of seed protein and amino acid composition to seedling vigor and yield in wheat. *Agronomy Journal* 64:604-611

- 12 LOWE, L.B.; RIES, S.K. Effects of environment on the relation between seed protein and seedling vigor in wheat. *Canadian Journal Plant Science* 52:157-164.
- 13 MORENO, U. 1970. Physiological studies on the potato plant with special reference to different environments. Ph.D. Thesis, Cornell University, Ithaca, N.Y.
- 14 MORENO, U.; GARCIA, M. 1973. Citado por Moreno, U. In: Primer Curso Internacional de Mejoramiento de Semillas de Papa. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 18 p.
- 15 MULLER, K. 1975. Analytisch fassbare Indikatoren für die Qualität der Kartoffel. Abstracts Conference Papers 6th Trienn Conference EAPR, Wageningen. 4-5.
- 16 OHAD, I.; FRIEDBERG, I.; NE'EMAN, Z.; SCHRAMM, M. 1971. Biogenesis and degradation of starch. I. The fate of the amyloplast membranes during maturation and storage of potato tubers. *Plant Physiology* 47:465-477.
- 17 PANELO, M.; CALDIZ, D.O.; CLAVER, F.K. 1982. La tuberización y el rendimiento de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivados en Miramar, Argentina. *Revista Facultad de Agronomía, La Plata* 58:99-120.
- 18 PRESSEY, R.; SAW, R. 1966. Effect of temperature on invertase inhibitor and sugar in potato tubers. *Plant Physiology* 41:1657-1661.
- 19 REUST, W. 1982. Contribution à l'appréciation de l'âge physiologique des tubercules de pommes de terre (*Solanum tuberosum* L.) et étude de son importance sur le rendement. These Dr. Sc. Techniques Ecole Polytechnique Fédérale Zürich. 113 p.
- 20 SMITH, O.E. 1968. Potatoes: Production, storing and processing. Avi Pub. Corp. Westport, Connecticut. 642 p.
- 21 WURR, D.C.E. 1978. Seed tuber production and management. In: *The Potato Crop*. Ed. by P.M. Harvis. Chapman and Hall, London. 730 p.

Summary

Morphometrics and differential plant responses confirmed the presence of host races 1, 2 and 3 of M. incognita in Florida, USA. Differences in certain morphometric characters were found among the races, but they were not clear enough to be considered as diagnostic for race differentiation. Starch gel electrophoresis showed malate dehydrogenase, isocitrate dehydrogenase, α - glycerophosphate dehydrogenase, phosphoglucose isomerase and fumerase isozyme patterns were identical among races and could not be used to differentiate them.

Introducción

La importancia económica de los nematodos formadores de nódulos radicales, *Meloidogyne* Goidi, 1887, su distribución mundial, su interacción con otros patógenos y su amplísima gama de hospedantes son las causas de que este género haya sido estudiado más intensamente que cualquier otro grupo de nematodos fitoparásitos (1). La especie *M. incognita* (Kofoid y White, 1919) Chitwood, 1949 es la más importante en todo el mundo (10, 11) y en la actualidad se ha establecido que la misma tiene cuatro razas (11, 12, 13). La separación de las razas se basa en la habilidad de reproducirse o no en plantas de tabaco "NC-95" y algodón "Deltapine 16". La raza 1 no se reproduce en ninguna de las dos plantas diferenciales, mientras que la raza 4 se reproduce en ambas. La raza 2 se caracteriza por reproducirse en tabaco pero no en algodón, mientras que la raza 3 se reproduce en algodón pero no en tabaco (10, 11, 13). Se considera que la identificación de la raza es importante para la aplicación de medidas de combate basadas en la rotación de cultivos y la siembra de cultivares resistentes (13).

Sasser (10) ha señalado que las cuatro razas de *M. incognita* no son distinguibles por su morfología, mientras que Triantaphyllou (15) encontró que, desde el punto de vista citogenético, no existe correspondencia entre las cuatro razas y las dos formas cromosómicas detectadas en esta especie. Recientemente se ha informado que ciertos patrones de isoenzimas, obtenidos mediante la técnica de electroforesis del gel de almidón, permiten diferenciar especies y variantes patogénicas intraespecíficas en este género (8), por lo que se juzgó pertinente aplicar esta técnica para tratar de diferenciar razas de *M. incognita*. Con tal motivo se realizó esta investigación, que tuvo como objetivos confirmar la reacción de las plantas diferenciales usadas para distinguir razas, realizar un estudio morfométrico y determinar los patrones de ciertas isoenzimas de las razas de *M. incognita* presentes en Florida, EUA.

Materiales y métodos

Poblaciones de *M. incognita*

Tres poblaciones de *M. incognita* de Florida, USA, fueron utilizadas para este estudio. La designación, hospedante en que fue colectada y lugar de origen fueron: M-165, tabaco, Condado de Alachua; M-195, maíz, Condado de Suwannee, y M-198, tomate, Condado de Manatee. Estas poblaciones fueron incrementadas en tomate, cv Rutgers, en invernadero, a partir de varias docenas de masas de huevos. Una mezcla de suelo y arena (3:1, v/v pH 7.1, 1.5% M.O., 91.8% arena, 6.2% limo y 2% de arcilla) tratada con vapor de agua a 100°C durante 24 horas fue usada en todas

¹ Recibido para su publicación el 20 de mayo de 1986. Investigación financiada por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Costa Rica. Se agradece las facilidades prestadas por el Dr. D.W. Dickson, University of Florida, y la ayuda del Sr. A.L. Taylor en el trabajo fotográfico.

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

las pruebas. El suelo en cada maceta fue fertilizado con 100 ml de una solución al 1% de Nutrisol (12-10-20) dos veces por semana durante las primeras 6 semanas de crecimiento.

Plantas diferenciales

Las plantas diferenciales utilizadas, el procedimiento para la recolección del inóculo de las poblaciones de nematodos, la inoculación y la evaluación de la respuesta de las plantas hospedantes ya han sido descritos previamente (7). excepto que, previo a la evaluación, los sistemas radicales fueron sumergidos en una solución de Floxine B al 0.0016% durante una hora para teñir las masas de huevos y facilitar su recuento (2).

Morfometría

Para cada caracter estudiado se observó 20 especímenes de cada población. Todas las medidas fueron tomadas de trazos obtenidos con una cámara lúcida a 1000X de magnificación, excepto la longitud total de los segundos estadios juveniles (100X) y la longitud y ancho máximo del cuerpo de las hembras (40X).

Las hembras fueron disectadas de raíces agalladas de tomate que fueron hervidas previamente en lactofenol por 2 min. Los diseños perineales fueron preparados con la técnica de Franklin (4) modificada por Taylor y Netscher (14). El diseño perineal fue dividido en zonas imaginarias, de acuerdo con el método de Esser *et al* (3). Hembras enteras fueron montadas en lactofenol en un portaobjetos cóncavo, y su largo y ancho máximo fueron esquematizados. Las hembras fueron luego sacadas de la solución y se les hizo un hueco en el centro del cuerpo con una aguja fina, para reducir la presión interna. La región que abarca la cabeza y el cuello fue cortada y luego montada en una gota de lactofenol en un portaobjetos, cubierta con un cubreobjetos y sellada con Zut.

Para obtener segundos estadios juveniles, varias masas de huevos colectadas al azar en raíces de tomate fueron mantenidas por 18-24 h en agua destilada. Juveniles vivos fueron montados en una gota de agua en un portaobjetos, un anillo de Zut fue colocado alrededor de la gota y luego se puso encima un cubreobjetos. 15 a 20 min. después se observó los juveniles; ciertas características fueron trazadas y se observó y anotó la posición del hemizonidio en relación al poro excretor y la dilatación del recto.

Para obtener machos se disectó raíces agalladas de tomate en platillos petri que contenían agua destila-

da. Después de una o dos horas se montó los machos usando la misma técnica descrita para los juveniles.

Todas las medidas y proporciones fueron analizadas estadísticamente mediante un modelo completamente al azar, y los valores promedio fueron comparados entre sí usando la prueba de amplitud múltiple de Duncan.

Estudios electroforéticos

La preparación de las muestras, así como los procedimientos utilizados para determinar los patrones electroforéticos de las isoenzimas deshidrogenasa de malato (MDH), deshidrogenasa de isocitrato (IDH), deshidrogenasa de α -glicero-fosfato (α -GPDH), fumarasa (FUM) e isomerasa de fosfoglucosa (PGI) han sido descritos con detalle en un trabajo previo (8).

Resultados

Plantas diferenciales

Las poblaciones M-195, M-165 y M-198 fueron identificadas respectivamente como razas 1, 2 y 3 de *M. incognita*, de acuerdo con la reacción de las plantas diferenciales (Cuadro 1). El tomate, cv Rutgers, el chile, cv California Wonder, la sandía, cv Charleston Grey y el maíz, cv Minnesota A-401 fueron buenos hospedantes de las tres poblaciones, mientras que el mani, cv Florunner no fue hospedante de ninguna. El tabaco, cv NC-95, no fue hospedante de M-195, fue un mal hospedante para M-198 y un buen hospedante para M-165. El algodón, cv Deltapine 16, fue un buen hospedante para M-198 pero no fue hospedante para M-165 y M-195.

Cuadro 1. Respuesta de siete plantas diferenciales a tres poblaciones de *Meloidogyne incognita*.

Planta	Población		
	M-195	M-165	M-198
Tomate 'Rutgers'	5*	5	5
Tabaco 'NC-95'	0	5	1
Chile 'California Wonder'	5	5	5
Algodón 'Delta Pine 16'	0	0	5
Mani 'Florunner'	0	0	0
Sandía 'Charleston Grey'	5	5	5
Maíz 'Minnesota A-401'	4.5	4.5	4.5

* Promedio de cuatro repeticiones. Respuesta evaluada de acuerdo al número de masas de huevos/sistema radical: 0 = 1; 1 = 1-2; 2 = 3-10; 3 = 11-30; 4 = 31-100 y 5 = > 100 masas de huevos.

Morfometría

La interpretación del tipo predominante de diseño perineal en cada población se presenta en el Cuadro 2. Ninguna de las poblaciones presentó hembras que tuvieran una protuberancia posterior, incisuras laterales o estrías en el perineo. Se observó unas pocas estrías que salían lateralmente de la vulva en hembras

Cuadro 2. Interpretación del tipo predominante de diseño perineal de tres razas de *Meloidogyne incognita*

Características	Población		
	M-195 Raza 1	M-165 Raza 2	M-198 Raza 3
Protuberancia posterior	A*	A	A
Estrías en labios vulvales	A	P	A
Perineo	A	A	A
Incisuras laterales	A	A	A
Estrías			
Zona 1	P	P	P
Zona 2	POI	MOI	POI
Zona 3	POI	MOI	POI
Zona 4	POI	MOI	POI
Forma	Piriforme, con un arco dorsal alto y trapezoidal		

* A = asuente; P = pocas; M = moderadas en número; O = onduladas; I = interrumpidas

de M-165, pero las mismas no estuvieron presentes en hembras de M-195 y M-198. Las tres poblaciones tenían relativamente pocas estrías en la zona 1. En las poblaciones M-195 y M-198 las estrías en las zonas 2, 3 y 4 eran relativamente pocas, onduladas e interrumpidas mientras que en M-165 su número era moderado, pero también eran onduladas e interrumpidas. La forma general del diseño perineal en las tres poblaciones era piriforme, con un arco dorsal trapezoidal y alto. Se observó unas pocas variantes de esta forma predominante en las tres poblaciones. En la Fig. 1 se ilustra un diseño perineal de cada población.

Los valores promedio y las amplitudes de los caracteres medidos en las hembras se presentan en el Cuadro 3. No se encontró diferencia significativa alguna entre poblaciones en el poro excretor, estilete y en las distancias interfasmidial y ano-vulval. La población M-195 tuvo un OGDE significativamente menor que el de las otras dos poblaciones, mientras que la longitud total de M-198 fue significativamente menor que las de M-165 y M-195. El ancho máximo de M-165 fue significativamente mayor que el de M-195 y M-198. La vulva de M-165 fue significativamente más larga que la de M-198.

En el Cuadro 4 se presenta los valores promedio y las amplitudes de los caracteres medidos en los segundos estadios juveniles. No se encontró diferencias significativas entre poblaciones en ancho máximo del cuerpo, ancho anal y la distancia entre la base del estilete y el estoma. En la población M-198 la longitud total y la cola fueron significativamente menores que en las otras poblaciones, mientras que el OGDE

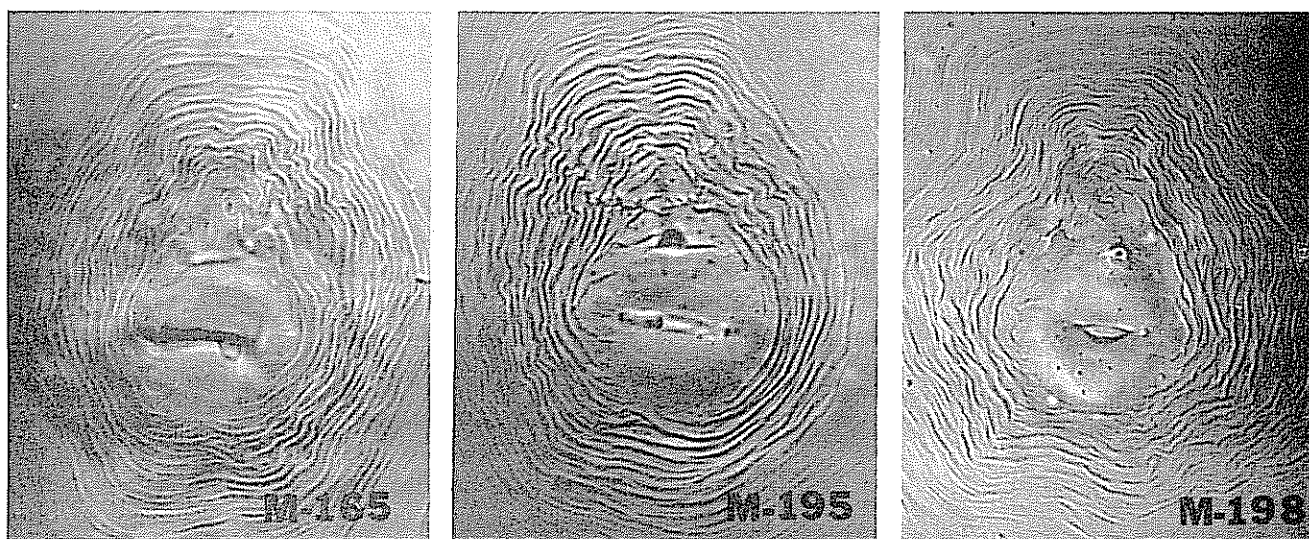


Fig 1 Fotomicrografías del diseño perineal de hembras de tres razas de *Meloidogyne incognita*. M-165: raza 2; M-195: raza 1 y M-198: raza 3

Cuadro 3. Algunas características morfométricas de hembras de tres razas de *Meloidogyne incognita*

Características	Población			cv (%)
	M-195	M-165	M-198	
Poros Excretor	26 a* (13-52)	23.8 a (13-48)	27.4 a (17-44)	35.0
Estilete	16.5 a (14-19)	16 a (13-18)	16.8 a (15-20)	7.1
OGDE**	4.3 b (3-5)	4.9 a (4-7)	5.1 a (3-7)	17.4
Ancho máximo	441 a (328-601)	535 a (476-593)	463 b (375-609)	12.0
Longitud	716 a (562-867)	715 a (539-1015)	641 b (468-796)	12.8
Vulva	21.9 ab (18-26)	22.7 a (20-26)	20.9 b (17-25)	8.5
Dist. ano-vulval	16.1 a (12-18)	16.3 a (14-18)	15.6 a (13-20)	9.3
Dist. interfasmidial	18.3 a (12-26)	19.7 a (17-25)	18.2 a (14-24)	15.3

* Promedio de 20 observaciones: Promedios en una misma línea seguidos por una misma letra no difieren significativamente entre sí (Duncan P = 0.01)

Valores en paréntesis representan la amplitud de la observación. Todas las medidas en μm

** Distancia entre la base del estilete y el orificio de la glándula dorsal esofágica

fue significativamente mayor en M-195 que en M-165 y M-198; la diferencia en OGDE entre estas dos últimas poblaciones fue significativa también. La proporción a fue significativamente diferente para cada población, mientras que la proporción c de M-198 fue significativamente mayor que la de las otras poblaciones. Los juveniles de las tres poblaciones tenían un recto dilatado y el hemizonidio estaba localizado anterior al poro excretor.

Los valores promedio, las amplitudes y algunas observaciones morfológicas hechas en los machos se presentan en el Cuadro 5. Todos los especímenes observados tenían cuatro líneas laterales, campos laterales areolados y en todas las poblaciones un 95% de los mismos tenían una sola gónada. No hubo diferencias significativas entre poblaciones en estilete y espiculas (cuerda del arco). La población M-195 tenía un OGDE significativamente más corto que el de M-198.

Las amplitudes de todas las medidas y proporciones en hembras, segundos estadios juveniles y machos se traslaparon entre las tres poblaciones.

Patrones electroforéticos

Todas las isoenzimas migraron anódicamente en los gels. Las bandas de cada isoenzima fueron numeradas consecutivamente, comenzando con la que estaba situada más cerca del origen. Los resultados mencionados constituyen un promedio de cuatro observaciones hechas en cada caso, y son presentados individualmente. Una ilustración de los mismos se presenta en la Fig. 2.

MDH

Las tres razas de *M. incognita* presentaron tres bandas, la primera de las cuales fue denominada MDH₁, estaba fuertemente teñida y se inició a 24 mm del origen. MDH₂ estaba débilmente teñida y se inició a 34 mm del origen. MDH₃ estaba débilmente teñida y se inició a 42 mm del origen.

IDH

En este caso las tres razas presentaron tres bandas débilmente teñidas y localizadas en la misma posi-

Cuadro 4. Algunas características morfológicas y morfométricas de segundos estadios juveniles de tres razas de *Meloidogyne incognita*

Característica	Población			CV (%)
	M-195 Raza 1	M-165 Raza 2	M-198 Raza 3	
Dilatación del recto Hemizonidio*	Presente Anterior	Presente Anterior	Presente Anterior	
Longitud	430 a** (406-469)	431 a (409-459)	399 b (375-425)	3.5
Cola	54 a (44-57)	55.4 a (50-60)	43 b (37-47)	5.8
Ancho Máximo	15 a (14-16)	15.4 a (14-17)	15.1 a (14-16)	4.0
Ancho Anal	10.5 a (10-12)	10.8 a (10-12)	10.7 a (10-12)	5.6
Base Estilete al Estoma	15.3 a (15-16)	15.2 a (14-16)	15.1 a (15-16)	2.9
OGDE***	2.4 b (2-3)	2.9 a (2-3)	3.1 c (3-4)	9.6
a	28.8 b (27-31)	27.9 a (25-31)	26.2 c (24-29)	4.5
c	8 a (7-10)	7.7 a (7-8)	9.2 b (8-11)	5.8

* Posición en relación al poro excretor

** Todas las medidas en μm . Promedio de 20 observaciones. Promedios en una misma línea seguidos por una misma letra no difieren significativamente entre sí (Dunca, P = 0.01).
Cifras en paréntesis se refieren a la amplitud de la observación

*** Distancia entre la base del estilete y el orificio de la glándula dorsal esofágica

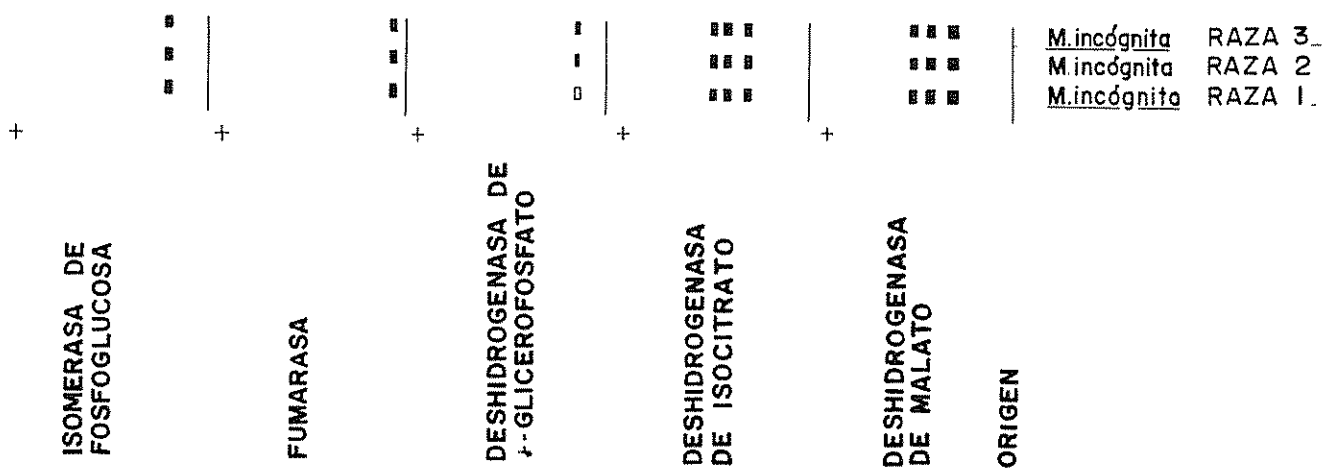


Fig 2. Diagrama esquemático de los patrones electroforéticos de tres razas de *Meloidogyne incognita*

Cuadro 5. Algunas características morfométricas de machos de tres razas de *Meloidogyne incognita*

Característica	Población			CV (%)
	M-195 Raza 1	M-165 Raza 2	M-198 Raza 3	
Areolación	Presente	Presente	Presente	
Número líneas laterales	4	4	4	
% machos con una gónada*	95	95	95	
Estilete	23.1 a** (20-25)	23.6 a (21-26)	23.4 a (21-25)	5.6
Espículas (cuerda del arco)	28.5 a (17-35)	31.0 a (25-37)	29.9 a (23-37)	14.0
OGDE***	2.9 b (2-3.4)	3.2 ab (2-4.4)	3.4 a (3-5)	16.6

* El resto de los machos tenía dos gónadas.

** Todas las medidas en μm . Promedio de 20 observaciones. Promedios en una misma línea seguidos por una misma letra no difieren significativamente entre sí (Duncan, $P = 0.01$). Cifras en paréntesis se refieren a la amplitud de la observación.

*** Distancia entre la base del estilete y el orificio de la glándula dorsal esofágica.

ción IDH1, IDH2 y IDH3 se iniciaron a 25, 34 y 40 mm del origen, respectivamente.

α -GPDH

Las tres razas presentaron una sola banda que se inició a 11.5 mm del origen. Las bandas de M-165 y M-198 estaban fuertemente teñidas, mientras que en el caso de M-195 la tinción fue débil.

FUM

En todos los casos se encontró una sola banda, fuertemente teñida, que se inició a 4 mm del origen.

PGI

En las tres razas se encontró una sola banda, teñida fuertemente, que se inició a 16 mm del origen.

Discusión

El hallazgo de las razas 1, 2 y 3 de *M. incognita* confirmó informes previos (1, 6, 9) de que al menos tres razas de esta especie existen en el Estado de Florida, USA. Se notó, sin embargo, una leve diferencia en la reacción de una de las plantas diferenciales. El maíz había sido catalogado como un hospedante pobre de las razas de *M. incognita* estudiadas anteriormente (6, 9), mientras que en el presente estudio se le catalogó como un buen hospedante. Esta diferen-

cia podría ser explicada con base en las poblaciones de *M. incognita* usadas, al cultivar de maíz y a la escala utilizada para evaluar la respuesta de las plantas diferenciales.

Se encontró diferencias estadísticamente significativas entre razas en algunos caracteres morfométricos. Podría postularse entonces que existe una relación entre algunos de estos caracteres y la habilidad de una raza de reproducirse en una planta diferencial dada. Por ejemplo, se podría asociar a la raza 3 con una menor longitud en las hembras, una vulva más corta y juveniles con cola más corta, una proporción a más pequeña, y una proporción c y un OGDE mayores. La raza 2 podría ser asociada con hembras con mayor ancho del cuerpo y un OGDE y proporción a intermedios en los segundos estadios juveniles. La raza 1 podría ser asociada con un OGDE más corto en las hembras juveniles y machos, y una proporción c mayor en los juveniles. Esta asociación, sin embargo, tiene una base débil dado que las amplitudes de todos los caracteres y proporciones se traslaparon entre las razas, lo que hace difícil su distinción. Una situación similar fue encontrada por Hirschamann (5). Ella analizó la morfología externa de segundos estadios juveniles y machos de 14 poblaciones de *M. incognita* que pertenecían a dos razas citológicas (A y B) con el microscopio electrónico de rastreo. Las cuatro razas de esta especie estaban representadas entre las poblaciones estudiadas. No se encontró correlación entre la raza y la morfología. Algunas poblaciones en cada

raza citológica parecían ser diferentes, pero, sin embargo, compartían las características básicas de la especie

Al comparar los datos morfométricos aquí obtenidos con los de estudios previos en Florida se notaron ciertas similitudes y diferencias. La forma general de los diseños perineales, las características de sus estriás, la ausencia de protuberancia posterior, incisuras laterales, estriás en el perineo y la longitud de la vulva en las hembras fueron similares a lo informado previamente (6, 9). También se encontró similitudes en la distancia entre la base del estilete y el estoma, OGDE, ancho máximo, ancho anal, dilatación del recto y posición anterior del hemizonidio en relación al poro excretor en los segundos estadios juveniles, y en la areolación, número de líneas laterales, estilete y OGDE de los machos. Las proporciones a y c y la longitud de la cola en los juveniles tenían valores similares, en la mayoría de los casos, a los informados previamente, excepto que la proporción a y la cola de M-198 tenían un valor menor, mientras que la proporción c era mayor

Las diferencias encontradas incluyeron distancias interfasmial y anovulval levemente más pequeñas en las hembras, así como valores mayores del OGDE y estilete de las hembras y ancho máximo del cuerpo de los juveniles. En M-195 y M-198 la cuerda del arco de las espículas era más corta; en M-195 y M-165 los juveniles eran más largos, mientras que en M-198 los mismos eran más cortos que lo informado previamente (6, 9)

Los patrones electroforéticos de las isoenzimas estudiadas fueron prácticamente idénticos para las tres razas estudiadas, por lo que su uso para diferenciarlas está descartado. Aún más, la comparación de los patrones obtenidos con los encontrados bajo iguales condiciones en varias poblaciones de la raza 2 de *M. incognita*, provenientes de Costa Rica (8), demostró que los mismos eran idénticos, lo que reafirma la anterior aseveración. Algunas diferencias leves en la intensidad con que se tiñeron ciertos patrones enzimáticos no parecieran ser lo suficientemente importantes como para ser considerados diagnósticos en la separación de una raza específica de *M. incognita*. Por ahora, la única posibilidad que pareciera viable es la de investigar si los patrones de otras isoenzimas serían lo suficientemente diferentes como para ser utilizados en la diferenciación de razas dentro de esta importante especie

Resumen

Se confirmó la presencia de las razas 1, 2 y 3 de *M. incognita* en Florida, USA, mediante la respuesta de

plantas diferenciales y un estudio morfométrico de tres poblaciones de esta especie. Se encontró diferencias en ciertos caracteres de las razas, pero las mismas no fueron lo suficientemente grandes como para ser consideradas confiables en la diferenciación de las razas. Los patrones de las isoenzimas deshidrogenasa de malato, deshidrogenasa de isocitrato, deshidrogenasa de *q*-glicerofosfato, fumarasa e isomerasa de fosfoglucosa, obtenidos mediante electroforesis de gel de almidón, fueron idénticos para las tres razas estudiadas

Literatura citada

- 1 ARAUJO, M T *et al.* 1983. Reproduction of two races of *Meloidogyne incognita* in tomato plants grown at high temperature. *Journal of Nematology* 15(4):640-641.
- 2 DICKSON, D W.; STRUBLE, F B 1965. A sieving-staining technique for the extraction of egg masses of *Meloidogyne incognita* from soil. *Phytopathology* 55:497 (Abstr.)
- 3 ESSER, R P.; PERRY, V G.; TAYLOR, A L. 1976. A diagnostic compendium of the genus *Meloidogyne* (Nematoda: Heteroderidae). *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 43:138-150.
- 4 FRANKLIN, M T 1962. Preparation of posterior cuticular patterns of *Meloidogyne* spp for identification. *Nematologica* 7:336-337.
- 5 HIRSCHMANN, H 1981. Morphological comparison of second-stage juveniles and males of members of the *Meloidogyne incognita* species complex using the scanning electron microscope. *Journal of Nematology* 13(4):443 (Abstr.)
- 6 KIRBY, M F 1972. Florida root-knot nematodes characterized by morphology, host ranges, and enzymes and proteins separated with disc electrophoresis. M Sc Thesis Gainesville, Florida, University of Florida. 80 p.
- 7 LOPEZ, R. 1984. Differential plant responses and morphometrics of some *Meloidogyne* spp from Costa Rica. *Turrialba* 34(4):455-458.
- 8 LOPEZ, R. 1985. Electrophoretic patterns of some *Meloidogyne* spp from Costa Rica. *Turrialba* 35(1):71-76.
- 9 LOPEZ, R.; DICKSON, D W 1977. Morfometría y respuesta de hospedantes diferenciales a

- tres poblaciones de *Meloidogyne incognita* y una de *M. javanica* Agronomía Costarricense 1(2):119-127
10. SASSER, J.N. 1980 Root-knot nematodes: a global menace to crop production Plant Disease 64(1):36-41.
11. SASSER, J.N.; CARTER, C.C. 1982 Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.): identification, morphological and physiological variation, host range, ecology and control In Nematology in the Southern Region of the United States. (Ed.) R.D. Riggs Southern Cooperative Series Bulletin 276 p. 71-76
12. SASSER, J.N.; TRIANTAPHYLLOU, A.C. 1977 Identification of *Meloidogyne* species and races Journal of Nematology 9(4):283 (Abstr.)
13. TAYLOR, A.L.; SASSER, J.N. 1978 Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species) A cooperative publication of the Department of Plant Pathology, North Carolina State University, and the United States Agency for International Development Raleigh, North Carolina North Carolina State Graphics 111 p
14. TAYLOR, D.P.; NETSCHER, C. 1974 An improved technique for preparing perineal patterns of *Meloidogyne* spp Nematologica 20:268-269
15. TRIANTAPHYLLOU, A.C. 1981 Oogenesis and the chromosomes of the parthenogenetic root-knot nematode *Meloidogyne incognita* Journal of Nematology 13(2):95-104

Reseña de libros

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE
Wetland Soils: characterization, classification, and utilization. (Proceeding of a Workshop held 26 March to 5 April 1984). Los Baños, Laguna Philippines. 1985 559 p

En este libro se incluyen los principales trabajos presentados durante una reunión sobre suelos de terrenos húmedos, realizada en 1984; tales suelos se definen como aquellos en los cuales la saturación con agua es el factor dominante en la determinación de la naturaleza del desarrollo del suelo y de los tipos de comunidades de plantas y animales. Ellos cubren una área equivalente al 10% del total de los suelos del mundo. En el caso de los trópicos húmedos de América Latina, cubren zonas extensas de la cuenca amazónica y de las zonas costeras de Venezuela, Guyana y Suriname; se utilizan para la producción de arroz y caña de azúcar, principalmente.

En general se encuentran en terrenos planos o de topografía suave, con drenaje deficiente, que al mejorarse habilita tales áreas para la producción de cosechas con un mínimo de insumos, ya que cuentan, en

general, con una fertilidad al menos moderada. Las lluvias abundantes tipifican las regiones en donde se hallan

A la reunión que sirvió de base al libro que aquí se comenta, asistieron principalmente, especialistas en suelos de países asiáticos y de algunos europeos con intereses en Asia. Lo mismo que varios estadounidenses. América Latina se hizo presente apenas con un experto chileno.

Los temas tratados incluyen principalmente, aspectos pedológicos y taxonómicos, referidos en su mayor parte a los procesos formativos y evolutivos de estos suelos y su caracterización y clasificación de acuerdo con el sistema FAO-UNESCO y con la séptima aproximación del sistema de los Estados Unidos. Se incluyen también algunos trabajos sobre la fertilidad de estos suelos. Durante la reunión se formaron cuatro grupos, que analizaron aspectos específicos del tema global y presentaron sendos informes, los cuales se incluyen al final del libro. Todo ello se resumió en la recomendación general de que se incremente la investigación sobre las propiedades y los procesos hidrológicos, químicos, físicos, morfológicos, mineralógicos y biológicos de los suelos de terrenos húmedos (*wetland soils*) para facilitar la extrapolación de los resultados obtenidos en las estaciones experimentales.

FERNANDO SUAREZ DE CASTRO
IICA-SEDE CENTRAL

FACTORES REGULADORES DE LA TRANSPIRACION POTENCIAL DE ALGUNAS ESPECIES ARBOREAS DEL BOSQUE SIEMPREVERDE DEL SUR DE CHILE¹ /

A.W. HUBER*, C.E. OYARZUN*, M.M. OÑATE*

Summary

The influence of solar radiation, air temperature and relative humidity, and ventilation on transpiration intensity was determined in the species Gevuina avellana, Drimys winteri, Embothrium coccineum, Aextoxicon punctatum and Eucryphia cordifolia

Eucryphia cordifolia is one of the species with higher water consumption by transpiration, reaching $267 \text{ l m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, followed by Aextoxicon punctatum and Gevuina avellana with 193 and $171 \text{ l m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, respectively and Embothrium coccineum and Drimys winteri with 114 and $109 \text{ l m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$, respectively

Direct correlations between the daily transpiration intensity and solar radiation and air temperature were established. An inverse correlation was found between daily transpiration intensity and relative humidity. The meteorological factors considered explain 86% of the transpiratory process in the different species.

A correlation between the total thickness of the leaves of the different species and the yearly water consumption by transpiration was also established. The thinner a leaf is, the higher the rate of transpiration. The morphological factor that best correlates with the yearly amount of transpiration is the number of stomata by mm^2 . The higher the density of stomata, the greater the rate of transpiration

Introducción

La cantidad de agua consumida por transpiración por una cubierta vegetal dependen principalmente del área foliar y capacidad transpiratoria de los individuos que la conforman, como también de los factores abióticos, entre ellos, condiciones climáticas y disponibilidad de agua del suelo Kramer (12), Meyer (14)

Las dos primeras condiciones son factibles de alterar a través de una adecuada elección de especies y densidad de plantación Benecke y Van der Ploeg (4), Brechtel (6), mientras que la restante depende principalmente de las condiciones meteorológicas y edáficas difícilmente modificables

La influencia que ejercen los diferentes factores ambientales reguladores del consumo de agua de las plantas son antecedentes importantes que mejoran el conocimiento de una especie. Muchos de los procesos relacionados con el crecimiento de las plantas pueden ser explicados sobre la base del efecto directo de los parámetros ambientales intensidad de la luz, humedad relativa, temperatura del aire y velocidad del viento sobre la transpiración O'Leary (15)

Weinberger *et al.* (17) y Weinberger (18), utilizando hojas, establecieron la transpiración mínima (cuticular) y transpiración relativa de 53 especies leñosas siempreverdes de los bosques Patagónicos; mientras

¹ Recibido para publicación el 4 de octubre de 1985.
Este estudio ha sido financiado por el proyecto RS-78-25 de la Dirección de Investigación y Desarrollo, Universidad Austral de Chile.

Agradecemos la colaboración de la Dra. Miren Alberdi, Instituto de Botánica, por la revisión del manuscrito y sus valiosas sugerencias aportadas en este trabajo. Igualmente agradecemos a la Prof. Magdalena Romero por su ayuda prestada en el análisis morfológico de las hojas

* Instituto de Geociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile

que Alberdi y Oyarse (1) establecieron la diferente capacidad transpiratoria de hojas de sol y sombra en *Aextoxicon punctatum*. Sin embargo, para Chile existe muy poca información con respecto al consumo de agua por transpiración de especies forestales nativas determinando a través de métodos donde se considere al individuo en forma completa y en condiciones semejantes al de su hábitat natural Huber *et al.* (11). Como consecuencia de esta situación, frecuentemente se le atribuyen en forma subjetiva, condiciones de mayores o menores consumidoras de agua a una determinada especie arborea, basado indistintamente en la disponibilidad de agua de su hábitat natural, o por su tamaño y por ende el de su superficie foliar, o por las características anatómicas de sus hojas.

En el presente estudio se determinan los consumos potenciales de agua por transpiración de algunas especies arbóreas del bosque siempreverde del sur de Chile y la relación entre la intensidad transpiratoria y los principales elementos meteorológicos que la regulan cuando la planta tiene a su disposición toda el agua requerida. Adicionalmente, se explican los diferentes consumos de agua entre las especies a través de la morfología de las hojas que son los principales órganos transpiratorios.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en tres ejemplares de las especies: *Drimys winteri* (Canelo), *Aextoxicon punctatum* (Olivillo), *Eucryphia cordifolia* (Ulmo), *Gevuina avellana* (Avellano) y *Embothrium coccineum* (Nontro). Se eligieron individuos de 2.5 a 3.5 m de altura ya que ellos se adaptaban mejor a la infraestructura disponible para el estudio. Los diferentes ejemplares fueron extraídos de un bosque siempreverde, ubicado en la localidad de los Ulmos (Lat. 39° 48' S, Long. 73° 10' W, Alt. 60 m) al sureste de la ciudad de Valdivia. Cada ejemplar fue trasplantado a su correspondiente recipiente, de acuerdo a la metodología Huber y Ramírez (10), e instalados en la estación meteorológica de la Universidad Austral de Chile. Aquí se dejaron sin intervenir por un año, para que se acomodaran a sus nuevas condiciones y minimizar así las consecuencias que podría provocar el trasplante.

Para determinar el consumo de agua de los diferentes ejemplares se utilizó el método propuesto por Huber, que es explicado en detalle por Huber y Ramírez (10). El método consiste en mantener constante el nivel de agua de una "napa freática" ubicada cerca del fondo de un recipiente, de un volumen aproximado de 250 l, lleno de suelo y que contiene el árbol. El consumo de agua por transpiración del individuo en estudio se estima equivalente al volumen de

agua que es suministrado a la instalación para mantener constante la altura del nivel de la "napa freática", descontándose previamente el agua evaporada desde el suelo.

Las mediciones destinadas a determinar el volumen diario de agua consumida por cada árbol se realizó a las 8:00 h. Estos valores permitieron cuantificar el consumo diario de agua por transpiración para cada individuo.

El agua consumida se expresó en litros por m² de área foliar siempre, en atención a que los estomas se presentaron sólo en la cara inferior de la hoja. La superficie total se calculó considerando las dos caras. Esta metodología obligó a determinar mensualmente la superficie foliar de cada árbol. Para ello se contabilizaba cada vez el número total de hojas, extrayendo la hoja cienava para determinar el área foliar en un medidor automático (Automatic Area Meter, Tokyo Hagashi Denko Co. Ltda.). El producto entre el área foliar promedio de la muestra y el número total de hojas del correspondiente árbol permitió calcular el área foliar total. La superficie foliar entre dos períodos de área foliar conocida, se calculó por simple interpolación lineal entre estos dos valores.

El cociente entre la cantidad de agua consumida y el área foliar calculada para el correspondiente día, permitió determinar la intensidad transpiratoria ($l\ m^{-2}\ d^{-1}$).

Las condiciones meteorológicas diarias fueron obtenidas de la estación meteorológica Teja de la Universidad Austral de Chile, junto a la cual se desarrolló este estudio. Se determinó la temperatura y humedad relativa promedio diaria del aire mediante los valores bihorarios registrados en un termohigrógrafo ubicado dentro de un cobertizo meteorológico. La velocidad promedio diaria del viento se estimó mediante un anemómetro de recorrido ubicado a 3 m sobre el suelo—altura media de las capas de los árboles— y la radiación solar diaria mediante un radiómetro tipo Bellani.

Los valores de la intensidad transpiratoria promedio diaria para cada especie se correlacionaron con los valores de los diferentes parámetros meteorológicos para iguales períodos de tiempo, mediante regresiones simples. A su vez, debido a que la intensidad transpiratoria es influenciada en forma simultánea por las diferentes variables meteorológicas, se hicieron análisis de regresión múltiple usando los algoritmos de Furnivall Wilson con el fin de obtener los mejores subconjuntos de regresores.

El período de mediciones se extendió entre setiembre de 1981 y setiembre de 1982.

Para el análisis morfológico de las hojas de cada una de las especies, se hicieron cortes histológicos siguiendo las recomendaciones de Wenzel (Comunicación personal, 1982) Se determinaron los grosores de la cutícula superior, epidermis superior, parénquima en empalizada, parénquima esponjoso, epidermis inferior, cutícula inferior, grosor total de la hoja y número de estomas por mm^2 Cada uno de estos parámetros se correlacionaron posteriormente con el consumo total anual de agua por m^2 de superficie foliar de cada especie

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 están representados el número total de hojas de los tres ejemplares por especie, su superficie foliar total, el consumo mensual de agua por transpiración por metro cuadrado de superficie foliar y el consumo promedio diario por mes. Casi todas las especies comienzan a aumentar el número de sus hojas en setiembre y con ello también su superficie foliar, para alcanzar los valores máximos entre los meses de febrero y abril. La excepción es *E. coccineum*, que alcanza estas condiciones durante diciembre. Después de estas fechas se produce una caída importante del número de hojas y, por lo tanto, también de sus superficies foliares siendo mayor en *E. coccineum* que sólo alcanza a retener un número muy reducido de sus hojas.

La intensidad transpiratoria promedio diaria mensual en general alcanza sus valores máximos entre diciembre y enero. En *D. winteri* y *E. coccineum* no sobrepasa los $0.71 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, mientras que en *G. avellana* y *A. punctatum* estos valores bordean los $1.21 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Los consumos promedios máximos se detectaron en *E. cordifolia* que alcanzó durante enero un valor superior a $1.61 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

Los valores máximos del consumo de agua por transpiración se registraron durante la época del año en la cual existió la mayor radiación solar y temperatura del aire, y los menores valores de humedad relativa. Durante el invierno, en condiciones meteorológicas contrarias a la situación anterior los consumos de agua fueron mínimos. Esta tendencia del curso anual de la transpiración es coincidente con los resultados obtenidos por Braun (5), Baumgartner (3), López y Blanco (13) y Huber et al. (11).

En la Fig. 1a, b, c, d, están presentadas las rectas de regresión entre la intensidad transpiratoria de cada una de las especies y la radiación solar, temperatura, humedad relativa y viento. Estas indican que a medida que aumenta la radiación solar, la intensidad transpiratoria también aumenta. Esto se debería, según López y Blanco (13), a que la absorción de energía

por las hojas hace que su temperatura aumente y con ello la energía cinética de las moléculas de agua y, por lo tanto, éstas pueden escapar más rápidamente desde las hojas. Por otro lado, la radiación solar también influye en la apertura de los estomas, produciéndose a través de ellos la difusión del vapor de agua hacia la atmósfera exterior, siempre que la planta posea suficiente agua disponible Aslyng (2). Se puede observar (Fig. 1a) que a igual radiación solar la intensidad transpiratoria es diferente para las cinco especies. *E. cordifolia* tiene una tasa de transpiración bastante mayor que las demás especies a iguales tasas de radiación solar.

La temperatura del aire es un factor de gran importancia en la explicación de la transpiración (Fig. 1b). Este factor al interactuar con la humedad relativa del aire, se relaciona directamente con la presión de vapor. Si la temperatura del aire es alta, ésta afectará la humedad relativa bajándola, produciéndose un mayor gradiente de humedad entre la atmósfera interna de la cavidad estomática y la atmósfera exterior, lo que traerá por consiguiente una mayor transpiración Meyer (14), Weinberger (18), Gates (8), Fanjul y Jones (7).

La influencia que ejerce la humedad relativa en la intensidad transpiratoria está presentada en la Fig. 1c. Hay una relación inversa entre la humedad relativa del aire y la intensidad transpiratoria. Una disminución de la humedad relativa activa la transpiración por los mismos motivos ya anteriormente explicados al analizar la influencia de la temperatura del aire en este proceso, cuando la planta no está expuesta a un déficit de agua.

La casi ninguna correlación entre la intensidad transpiratoria y la ventilación (Fig. 1d), se debe a que este factor sólo acelera el proceso evaporativo independiente de las demás condiciones meteorológicas que regulan la transpiración.

Como la intensidad transpiratoria no está regulada por una sola variable meteorológica, sino que es la resultante de la interacción de todas ellas, este proceso es explicado en más de 87% según los coeficientes de determinación (Cuadro 2) para las cinco especies en estudio.

El orden de entrada de los diferentes elementos meteorológicos en las ecuaciones de regresión múltiple (Cuadro 2) indica que el factor de mayor importancia en la transpiración es la temperatura. Este orden probablemente se debe a la interrelación que hay entre ésta y la radiación solar que también regula la transpiración. A su vez, la temperatura influye considerablemente sobre la humedad relativa del aire.

Cuadro 1. Variaciones del número de hojas, superficie foliar y consumos de agua por transpiración para las especies Canelo (*Drmys winteri*), Notro (*Embotrium coccineum*), Avellano (*Gevunia avellana*), Olivillo (*Aextoxicon punctatum*) y Ulmo (*Eucryphia cordifolia*).

	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	
No. de hojas	Canelo	1079	1140	1205	1291	1219	1246	1395	1520	1437	1332	1228	1120	1284
	Notro	2814	3822	4595	4709	4647	4268	4001	3386	2533	732	206	1165	2819
	Avellano	5846	5870	5980	6106	6153	10353	11488	10191	9675	9420	8653	6920	6801
	Olivillo	6127	6593	7429	8869	10470	10520	9990	9808	9701	9606	9504	10004	10239
	Ulmo	2683	2842	2947	3208	3489	3705	3855	4411	4167	4087	3593	3274	3492
Sup. foliar (m ²)	Canelo	4.88	4.92	5.00	5.44	5.76	5.86	6.14	6.28	5.96	5.62	5.58	5.42	5.26
	Notro	5.44	7.60	8.86	8.86	9.00	8.78	7.80	7.14	4.64	2.64	1.20	1.68	4.08
	Avellano	9.48	9.70	9.86	10.10	10.36	11.86	13.22	12.70	12.24	11.32	10.82	10.60	10.80
	Olivillo	6.98	8.26	0.06	9.80	11.02	11.34	11.64	11.50	11.40	11.54	11.44	11.42	11.42
	Ulmo	3.66	3.80	4.04	4.12	4.50	5.44	7.98	8.30	7.64	7.46	6.80	6.76	7.18
Transpiración (l/m ² mes)	Canelo	6.2	9.1	12.7	19.9	16.2	16.2	15.5	8.4	4.2	2.4	3.0	4.7	4.7
	Notro	7.8	12.3	16.1	23.3	16.0	16.0	16.4	8.4	4.7	3.0	0.6	0.1	4.5
	Avellano	14.0	22.8	36.9	31.6	22.1	23.4	23.4	8.7	5.9	2.7	2.2	2.2	5.7
	Olivillo	14.9	23.4	35.8	32.6	22.0	23.2	23.2	15.0	5.9	2.8	2.2	4.0	5.6
	Ulmo	22.0	26.1	45.9	50.2	37.6	29.2	27.3	6.2	6.2	4.2	5.0	5.6	6.2
Transpiración (l/m ² día)	Canelo	0.20	0.30	0.41	0.64	0.58	0.58	0.50	0.28	0.14	0.08	0.10	0.15	0.16
	Notro	0.25	0.41	0.52	0.75	0.67	0.67	0.53	0.29	0.15	0.10	0.02	0.00	0.15
	Avellano	0.45	0.76	1.19	1.02	0.79	0.79	0.75	0.50	0.19	0.09	0.07	0.13	0.19
	Olivillo	0.48	0.78	1.15	1.05	0.73	0.73	0.75	0.50	0.19	0.09	0.07	0.13	0.19
	Ulmo	0.71	0.87	1.48	1.62	1.34	0.94	0.94	0.58	0.20	0.14	0.17	0.18	0.21
Transpiración promedio (l/arb mes)	Canelo	10.2	15.2	23.0	38.2	31.6	31.6	31.7	17.6	8.3	4.5	5.6	8.5	8.2
	Notro	19.8	36.3	47.6	69.9	46.8	46.8	42.6	20.0	7.3	2.6	0.2	0.1	6.1
	Avellano	45.3	74.9	124.2	109.1	87.4	103.1	36.8	24.1	10.2	7.9	7.9	7.8	20.5
	Olivillo	41.0	70.7	117.0	119.8	83.2	90.0	57.0	22.4	10.8	8.4	15.2	15.2	21.4
	Ulmo	27.9	35.2	63.0	75.3	68.2	77.7	75.5	15.8	10.4	11.3	12.6	12.6	14.8

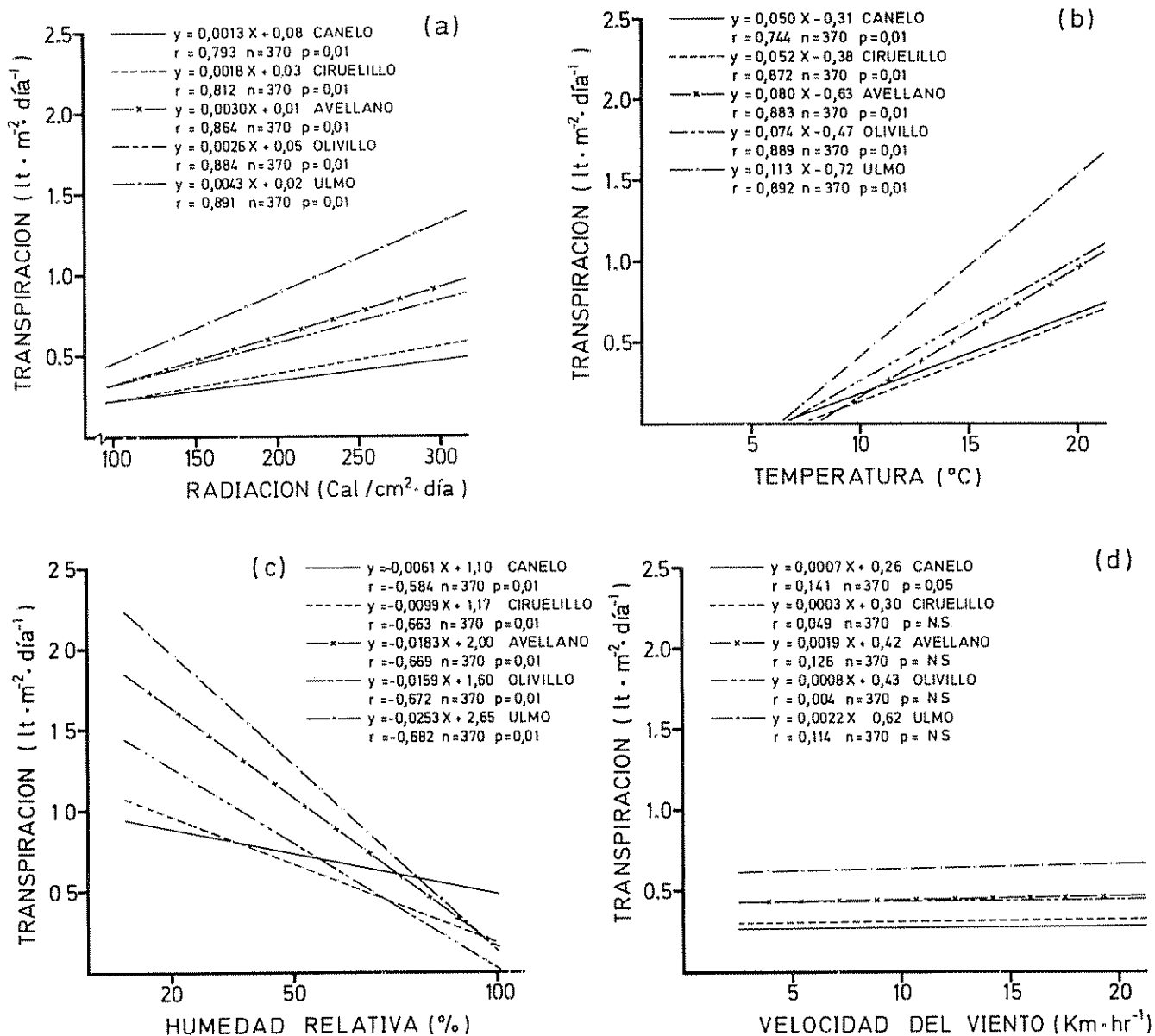


Fig 1. Relaciones entre la intensidad transpiratoria diaria y los parámetros meteorológicos radiación solar (a), temperatura del aire (b), humedad relativa (c) y ventilación (d), para las diferentes especies arbóreas en estudio

que también ejerce una influencia importante en la transpiración

En el Cuadro 3 están ordenados los grosores de los diferentes parámetros morfológicos de las hojas y el número de estomas por unidad de superficie de cada una de las especies, existiendo grandes diferencias entre ellos.

Las correlaciones entre los parámetros morfológicos y los consumos anuales de agua por especie se

representan en la Fig. 2a, b, c, d, e, f, g, h. Según estos valores, el grosor de la cutícula y epidermis superior de las hojas no explican los diferentes consumos de agua de las especies. Las caras inferiores de las hojas de las cinco especies no poseen estomas, por lo tanto, la transpiración en esta superficie sólo se reduce a la transpiración cuticular que en general no supera el 10% de la transpiración total Hall y Schulze (9). Mejores correlaciones existen entre el parénquima de empalizada, parénquima esponjoso, epidermis inferior y cutícula inferior con la intensidad transpiratoria

Cuadro 2. Ecuaciones de regresión múltiple entre la intensidad transpiratoria diaria y las variables meteorológicas temperatura (T), radiación solar (R), humedad relativa (H) y viento (V), para las especies en estudio.

Especie	Ecuación	R ²
<i>Drimys winteri</i>	$y = -0.2457 + 0.0386T + 0.0007R - 0.0003V$	0.869 ^{XX}
<i>Embothrium coccineum</i>	$y = -0.2401 + 0.0351T + 0.0009V$	0.889 ^{XX}
<i>Gevuina avellana</i>	$y = -0.5683 + 0.0448T + 0.0071R + 0.0024H$	0.933 ^{XX}
<i>Aextoxicon punctatum</i>	$y = -0.3330 + 0.0016T + 0.0451R - 0.005V$	0.909 ^{XX}
<i>Eucryphia cordifolia</i>	$y = 0.1300 + 0.0003T - 0.0014R$	0.941 ^{XX}

xx = Nivel de significancia $p = 0.01$

Cuadro 3. Parámetros morfológicos de las hojas.

	<i>Drimys winteri</i>	<i>Embothrium coccineum</i>	<i>Gevuina avellana</i>	<i>Aextoxicon punctatum</i>	<i>Eucryphia cordifolia</i>
Cutícula superior (μ)	6.69	5.93	6.93	9.50	5.08
Epidermis superior (μ)	29.92	23.08	31.11	21.85	22.37
Parénquima en empalizada (μ)	136.32	233.70	121.12	63.65	87.40
Parénquima esponjoso (μ)	322.52	199.02	293.69	168.15	136.80
Epidermis inferior (μ)	21.47	14.63	19.00	13.30	9.83
Cutícula inferior (μ)	5.60	4.84	5.79	3.23	2.99
Grosor total (μ)	523.68	478.08	477.64	279.68	264.47
Estomas (mm^2)	136.96	108.10	226.96	376.40	392.02

Esto se refleja mejor con respecto al grosor total de la hoja. De las cinco especies las que poseen las hojas más delgadas consumieron mayores cantidades de agua.

La característica morfológica que mejor explica la diferente intensidad transpiratoria entre las especies es el número de estomas por mm^2 . A medida que aumenta el número de poros estomáticos por unidad de superficie, también aumenta la cantidad de agua consumida (Fig. 2h). Esto corresponde a un comportamiento típico de vegetales que habitan en lugares secos cuando están abastecidos de agua, a pesar que el grosor cuticular y el de la hoja corresponde a vegetales higrófitos Walter (16).

La apertura de los estomas depende principalmente de la luz, temperatura y humedad relativa, como también de factores internos de la planta que se producen cuando ésta no tiene suficiente agua disponible Hall y Schulze (9). Esta última situación no cabe en el presente estudio debido a que las plantas siempre tenían disponible toda el agua requerida.

Resumen

Se determinó la influencia que ejerce la radiación solar, temperatura y humedad relativa del aire y la ventilación en la intensidad transpiratoria para las especies *Gevuina avellana* (Avellano), *Drimys winteri* (Canelo), *Embothrium coccineum* (Notro), *Aextoxicon punctatum* (Olivillo) y *Eucryphia cordifolia* (Ulmo).

Ulmo es la especie de mayor consumo de agua por transpiración por metro cuadrado de superficie foliar, alcanzando un monto de $267 \text{ l m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, le siguen el Avellano y Olivillo con 171 y $193 \text{ l m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ y Notro con Canelo con 114 y $109 \text{ l m}^{-2} \text{ a}^{-1}$.

Se estableció una correlación directa entre la intensidad transpiratoria diaria con la radiación solar y temperatura del aire y una inversa con la humedad relativa del aire. No existió una correlación satisfactoria con el viento. Los elementos meteorológicos considerados explican en más de un 86% el proceso transpirativo para las diversas especies.

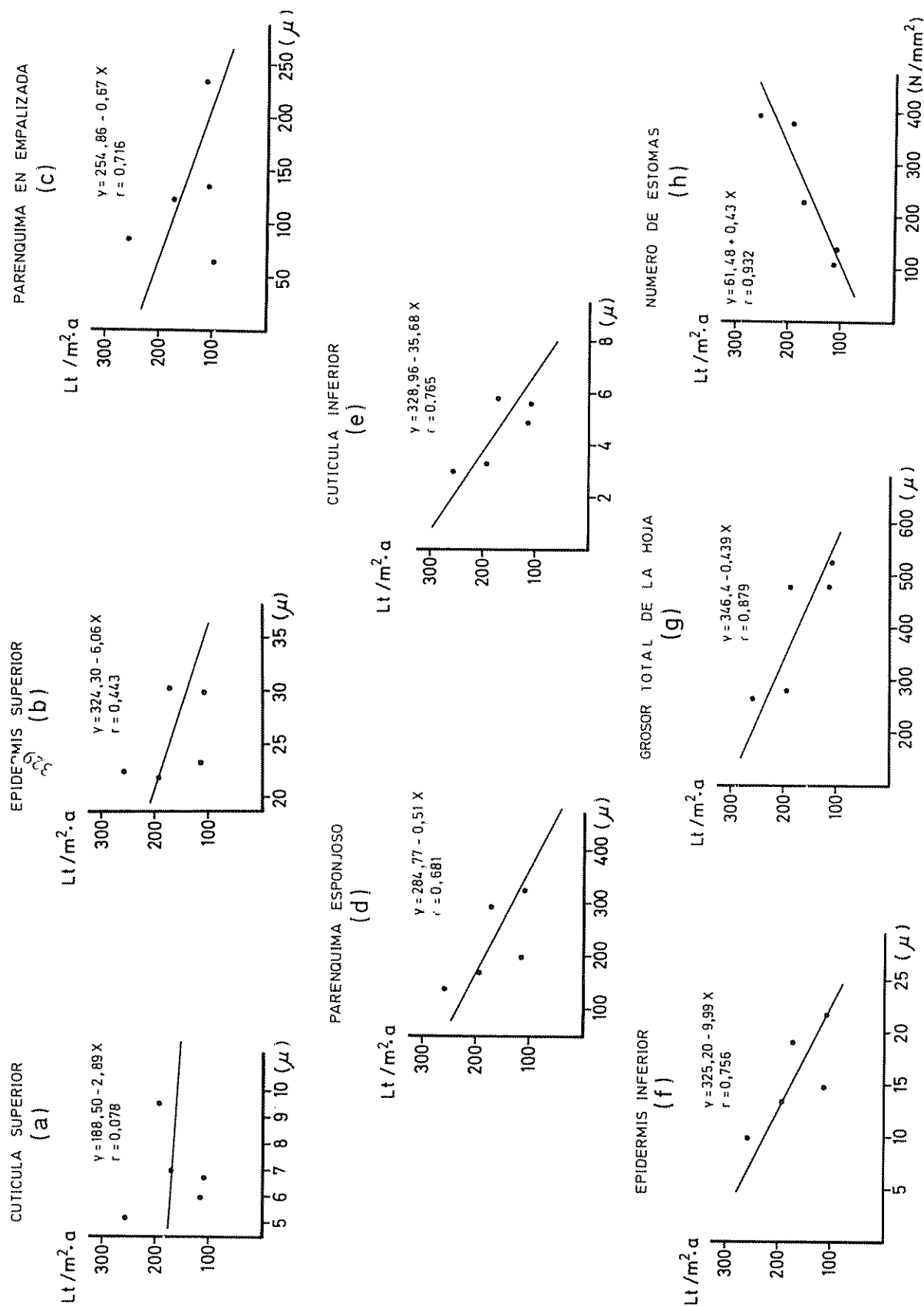


Fig. 2. Relaciones entre la intensidad transpiratoria anual y los parámetros morfológicos cutícula superior (a), epidermis superior (b), parénquima esponjosa (d), cutícula inferior (e), epidermis inferior (f), grosor total de la hoja (g) y número de estomas (h).

Se pudo establecer también una alta correlación entre el grosor total de la hoja de las diferentes especies y el consumo anual de agua por transpiración. Mientras más delgada la hoja mayor son estos consumos. El factor morfológico que mejor se correlaciona con los montos anuales de transpiración es el del número de estomas por mm^2 , a mayor densidad de estomas hay una mayor transpiración.

Literatura citada

- 1 ALBERDI, M.; OYARSE, G. 1976. Morfología y ecofisiología de hojas de sol y sombra de *Aextoxicon punctatum* Ruiz et Pavon. Medio Ambiente 2(1):35-43.
- 2 ASLYNG, H.C. 1974. Evapotranspiration and plant production directly related to global radiation. Nordic Hydrology 5:247-256.
- 3 BAUMGARTNER, A. 1970. Vaporization in Forests. Proceeding of the Joint FAO/USSR International Symposium on Forest Influences and Watershed Management. Moscow USSR 70-92.
- 4 BENECKE, P.; VAN DER PLOEG, R. 1975. Nachhaltige Beeinflussung des Landschaftswasserhaushaltes durch die Baumartenwahl. Forstarchiv 46(5):97-102.
- 5 BRAUN, A. 1974. Rhythmus und Größe von Wachstum, Wasserverbrauch und Produktivität des Wasserverbrauches bei Holzpflanzen. Allg. Forst u. J. Ztg. 145(5).
- 6 BRECHTEL, H.M. 1972. Einfluss von Waldbeständen verschiedener Baumarten und Alterklassen auf die Schneeansammlung und Schneeschmelze in den Hochlagen des westlichen Vogelsberges. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 16(5):121-133.
- 7 FANJUL, J.; JONES, H. 1982. Rapid stomatal responses to humidity. Planta 154:135-138.
- 8 GATES, D.M. 1980. Biophysical Ecology. Springer Verlag, New York. 601 p.
- 9 HALL, A.E.; SCHULZE, E.D. 1980. Stomatal response to environment and a possible interrelation between stomatal effects on transpiration and CO_2 assimilation. Plant, Cell and Environment 3:467-474.
- 10 HUBER, A.; RAMIREZ, M. 1978. Un método para estudiar el consumo de agua de especies arbóreas. I. Principios y posibilidades de uso. Bosque 2(2):83-87.
- 11 HUBER, A.; OYARZUN, C.; RAMIREZ, M.; FIGUEROA, H. 1983. Influencia de algunos factores meteorológicos en el consumo de agua por transpiración de *Nothofagus obliqua* (MIRB) OERST. y *Nothofagus dombeyi* (MIRB) OERST. Turrialba 33(2):169-176.
- 12 KRAMMER, R.J. 1974. Plantas-absorción de agua. Centro Regional de Ayuda Técnica. 538 p.
- 13 LOPEZ, F.; BLANCO, M. 1978. Hidrología forestal (I y II). Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. España.
- 14 MEYER, B. 1976. Fisiología Vegetal. Centro Regional de Ayuda Técnica, México. 344 p.
- 15 O'LEARY, J.W. 1975. Environmental influence on total water consumption by whole plants. In: Perspectives of Biophysical Ecology. Eds. Gates, D.M. y Schmerl, R.F. Springer-Verlag, Nueva York. p. 203-212.
- 16 WALTER, H. 1960. Grundlagen der Pflanzenverbreitung. Stuttgart.
- 17 WEINBERGER, P.; ROMERO, M.; OLIVA, M. 1973. Untersuchungen über die Durreresistenz Patagonischer Immergrünen Gehölze. Vegetatio 28(1-2): 75-98.
- 18 WEINBERGER, P. 1978. Verbreitung und Wasserhaushalt araukano-patagonischer Proteaceen in Beziehung zu mikroklimatischen Faktoren. Flora 163:251-264.

EFFECTO DE LA EXCLUSIÓN DEL PASTOREO SOBRE EL SUBSISTEMA SUBTERRÁNEO
DE UN PASTIZAL TEMPLADO HUMEDO¹ /

U. M. DOLL*
V. A. DEREGIBUS*

Summary

The effects of the presence or absence of livestock grazing were studied in three pasture test plots: one under constant grazing, and two kept free from grazing for two and five years respectively. During a one-year cycle, successive samples of biomass were taken from the upper 20 cm of the soil profile. The biomass values thus obtained were extrapolated to the rest of the soil profile, and the balance between production and disappearance of biomass was calculated.

The dynamics of the underground and aboveground subsystems of this sub-humid pasture were compared. The former showed a superficial distribution of biomass and marked seasonal changes. The elimination of grazing caused a decline in total biomass, but also an increase in general foliar production.

Introducción

Es ya ampliamente conocida la importancia estructural y funcional del subsistema subterráneo de los ecosistemas naturales (7, 8, 9). La dinámica del compartimiento subterráneo manifiesta una estrecha interrelación con la dinámica del compartimiento aéreo. El subsistema aéreo aporta una gran cantidad de energía por él fijada al subsistema subterráneo y éste es el encargado de suministrar agua, nutrimentos, metabolitos y reguladores y servir de sostén (9). A pesar de estas consideraciones, este último subsistema es relativamente desconocido (5), debido a las dificultades metodológicas que derivan de que no sea visible para su estudio directo.

La mayoría de los pastizales naturales presentan una concentración de su biomasa radical en los horizontes superiores del suelo (3, 10, 18, 38), que evoluciona periódicamente mostrando una marcada estacionalidad (19, 21, 26, 37, 38). Esta estacionalidad es consecuencia de los procesos de producción y desaparición de la materia orgánica, cuyas magnitudes son variables. Para estimar la productividad subterránea se han utilizado diversas metodologías con resultados variables (29, 32, 36), habiendo quienes coinciden en que estas estimaciones subestiman la productividad real mientras que otros opinan lo contrario (39).

La utilización del forraje por grandes herbívoros acentúa el interés de conocer el efecto del pastoreo sobre la dinámica del subsistema subterráneo. La literatura disponible es muy variable y a veces contradictoria, habiéndose señalado un efecto detrimental del pastoreo sobre el subsistema subterráneo (11, 33, 43), pudiendo la respuesta variar (18) o no (3), según la intensidad del pastoreo. Un cuarto tipo de respuesta es el que señala un efecto beneficioso del pastoreo sobre el sistema radical del pastizal (6, 15, 24, 26, 28).

Los estudios realizados en los pastizales de la Depresión del Salado (Provincia de Buenos Aires) no son una excepción a la situación general planteada. Por ello se realizó este trabajo cuyo objetivo fue analizar

¹ Recibido para publicación el 9 de diciembre de 1985. Este trabajo fue llevado a cabo con el apoyo de una beca otorgada a la primera autora por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, bajo la dirección de A. Soriano. Los autores agradecen a O. Sala y V. Sadras, por sus valiosas sugerencias, y a A. Kröpl, M. Maskaric, Y. Moyano y E. Papi por la colaboración prestada en el trabajo a campo y en laboratorio.

* Cátedra de Fisiología Vegetal y Fitogeográfica, Departamento de Ecología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, 1417 Buenos Aires, Argentina.

varios aspectos que hacen a la estructura y el funcionamiento del subsistema subterráneo de un pastizal sometido al pastoreo o excluido a la acción de grandes herbívoros. Con los datos obtenidos se pretende ubicar este pastizal en relación a otros pastizales del mundo según sus características ecológicas.

Materiales y métodos

Los pastizales de la Depresión del Salado ocupan aproximadamente 6×10^6 ha al este de la Provincia de Buenos Aires, entre 32° y 38° S presentando el aspecto general de una extensa planicie con muy poca pendiente. Pese a las condiciones climáticas templadas y húmedas con precipitaciones anuales de 900 mm, estos pastizales están sometidos a periódicas inundaciones invierno-primaverales y sequías estivales. Influye en la ocurrencia de estas condiciones extremas a una capa impermeable de arcilla expandente a una profundidad de 20-70 cm. El principal uso de los pastizales es el pastoreo durante todo el año, con vacunos, equinos y lanares, con una carga de aproximadamente 0.7 equivalentes vaca/ha⁻¹.

El lugar de estudio está localizado a 200 km al sur de Buenos Aires en una de las comunidades vegetales más conspicuas del área. Los estudios se realizaron en situaciones de pastoreo continuo y de exclusión del pastoreo durante dos y cinco años.

En nueve oportunidades durante el ciclo 1981/1982, se ubicaron dos parcelas de 0.5 m² en cada una de las situaciones estudiadas. En cada parcela se extrajeron entre 3-6 cilindros de suelo de 6 cm de diámetro y 20 cm de profundidad, horizonte en el que se encuentra el 77% de las raíces (41). Los cilindros de tierra fueron divididos en dos segmentos de 10 cm, transportados al laboratorio y conservados en congeladora hasta su procesamiento. El material se lavó sobre tamices de 14 mallas por cm bajo una lluvia a presión, colocándolo en bolsitas de nylon (de aproximadamente 25 mallas por cm). Posteriormente los bulbos y rizomas fueron separados de las raíces y el material secado en estufa a 70°C hasta peso constante.

Por considerarse que la masa de raíces contenía gran cantidad de material orgánico no identificable, a los promedios de biomasa de cada fecha y situación, se les restó un 50% de los valores para el horizonte superior y un 25% en el horizonte inferior. Esta fracción fue determinada por Becco *et al.* (4) en un pastizal muy similar al estudiado y corresponde a restos vegetales, pequeñas concreciones y otras partículas. Los valores de biomasa radical así calculados, se multiplicaron por el factor 1.3 a fin de extrapolarlos a los 70 cm superiores del suelo, bajo los cuales sólo se

encontraron vestigios de raíces (41). Considerando que sólo una parte de la biomasa radical así calculada estaba viva, también se estimó la fitomasa radical funcional con base en las regresiones propuestas por Becco *et al.* (4).

El balance entre la producción y la desaparición de biomasa subterránea se calculó con base en la suma de los incrementos positivos y negativos entre fechas sucesivas para cada estrato del perfil (29). Con el objeto de estimar la tasa de recambio, se dividió la sumatoria de las diferencias positivas entre cosechas por el valor máximo de biomasa para cada situación (10). Para obtener relaciones que permiten realizar comparaciones con diversos pastizales del mundo, se utilizaron valores de producción primaria y senescencia aérea, calculados sobre datos de biomasa aérea obtenidos en años anteriores en el mismo lugar y en situaciones similares por Ares y Trabucco (2), Fonseca *et al.* (16) y Sala *et al.* (30). Se asumió que era altamente probable una similitud de los datos con aquellos que se hubieran obtenido en el ciclo 1981/1982, debido a las características climáticas semejantes. Los cálculos se realizaron mediante la fórmula propuesta por Sala *et al.* (31). Los valores de biomasa de los distintos compartimientos, la producción y senescencia aérea y los balances entre producción y desaparición subterránea fueron transformados multiplicando cada valor por el factor 16.95 kJ/g materia seca, para simular con ellos compartimientos energéticos y flujos de energía (37).

El análisis estadístico de los datos de biomasa se realizó mediante el método del análisis de la varianza (23). Como la variabilidad entre muestras fue mayor que entre parcelas ($\alpha = 0.05$) se utilizaron las muestras como repeticiones independientes. Una vez comprobada la significancia de las diferencias observadas, se compararon las medias mediante la prueba de Tuckey (40).

Resultados y discusión

El 83% del total de la biomasa subterránea contenida en los 20 cm superiores del perfil, se ubica en el estrato que va de 0 a 10 cm de profundidad (Fig. 1), indicando la distribución muy superficial de la misma y corroborando observaciones realizadas en un estudio anterior (32). En este horizonte superficial el 8.7% de la biomasa (7% de la fitomasa subterránea cosechada en los 20 cm superiores del perfil) corresponde al compartimiento bulbos + rizomas (Fig. 1). Este compartimiento presenta una gran variabilidad entre cosechas y situaciones, asociada probablemente a una distribución heterogénea en el pastizal de las especies que poseen estos órganos.

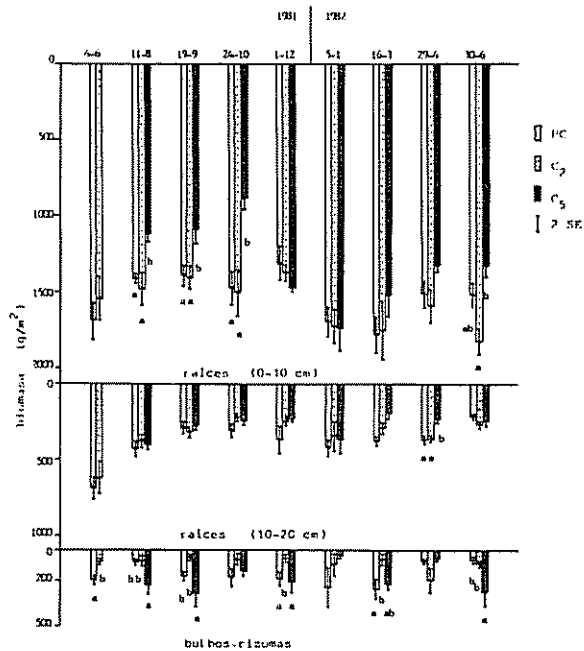


Fig. 1. Partición de la biomasa subterránea en distintos componentes y estratos del perfil, en áreas clausuradas al pastoreo durante dos (C_2) y cinco (C_5) años y en el pastizal bajo pastoreo continuo (PC) (estos valores no fueron modificados por los coeficientes estimados por Becco *et al* (4); SE = error standard). Distintas letras en las columnas de cada cosecha, indican diferencias estadísticamente significativas entre tamiientos para esa fecha ($\alpha = 0.05$).

La evolución anual de la biomasa subterránea muestra una marcada estacionalidad, observándose en verano la mayor biomasa radical y a fines de invierno y comienzos de la primavera los valores mínimos (Fig. 1). Las diferencias medidas entre los picos máximos y mínimos, son estadísticamente significativas ($\alpha = 0.05$) para cada una de las situaciones estudiadas del pastizal.

El balance entre la producción y la desaparición de la biomasa radical, es el resultado de procesos simultáneos cuyas magnitudes reales se desconocen pero que muestran una marcada estacionalidad (Fig. 2). A fines de primavera y principios de verano ocurren los momentos de mayor balance positivo y, en invierno y principios de primavera, los de mayor balance negativo. Comparando estos ritmos con la productividad aérea estimada en años anteriores (14, 31), se observa una coincidencia entre los momentos de mayor balance positivo para el sistema subterráneo con los momentos de máxima productividad aérea, mientras que las épocas de mayor balance negativo lo hacen con los momentos de mínima productividad aérea (Fig. 2). Este es un hecho coincidente con los datos comunicados para los más variados pastizales del mundo, precediendo muchas veces el momento de máximo creci-

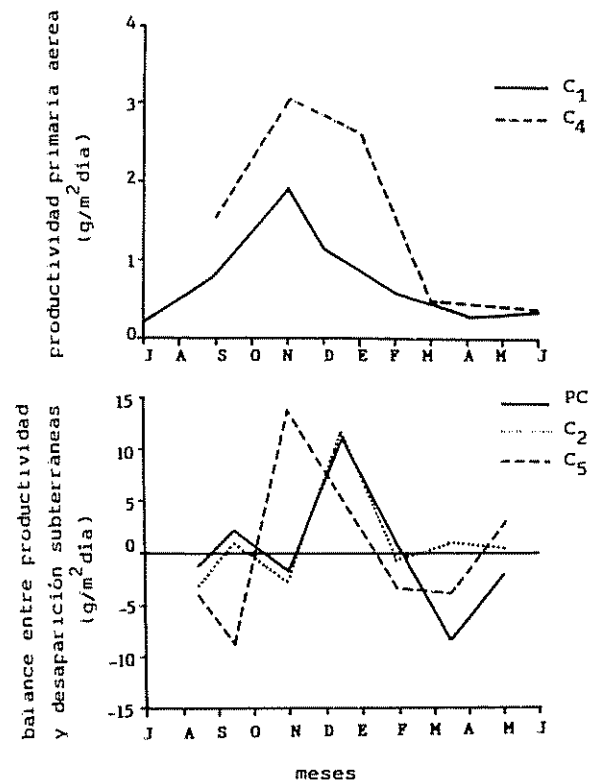


Fig. 2. Balance entre productividad y desaparición de biomasa subterránea en áreas clausuradas al pastoreo durante dos (C_2) y cinco (C_5) años y en el pastizal bajo pastoreo continuo (PC) y productividad primaria neta aérea en áreas clausuradas al pastoreo durante un (C_1) (14) y cuatro (C_4) (31) años.

miento radical al momento de máxima productividad aérea (1, 11, 13).

La supresión del pastoreo determinó variaciones en la biomasa subterránea, la que fue, durante gran parte del ciclo, significativamente menor en el área clausurada al pastoreo durante cinco años, que en aquella bajo pastoreo continuo o clausurada recientemente (Fig. 1). Dos hipótesis podrían explicar este hecho. En primer lugar, los cambios florísticos que suceden por la acción del ganado y que se traducen en un aumento de las planófilas en detrimento de las erectófilas (22), pueden responder a distintas estrategias como resultado de la adaptación de las poblaciones a esta acción (17), por lo que se benefician aquellas con una mayor biomasa en sus raíces (26). En segundo lugar, probables variaciones en las propiedades físicas del suelo y una menor cobertura vegetal, resultantes de la acción del ganado, disminuyen la disponibilidad de agua del suelo (Moyano, comunicación personal). Este hecho podría determinar una menor actividad de los descomponedores (20, 26, 42), por lo cual la biomasa subterránea del pastizal pastoreado se acumularía por más tiempo (Fig. 1).

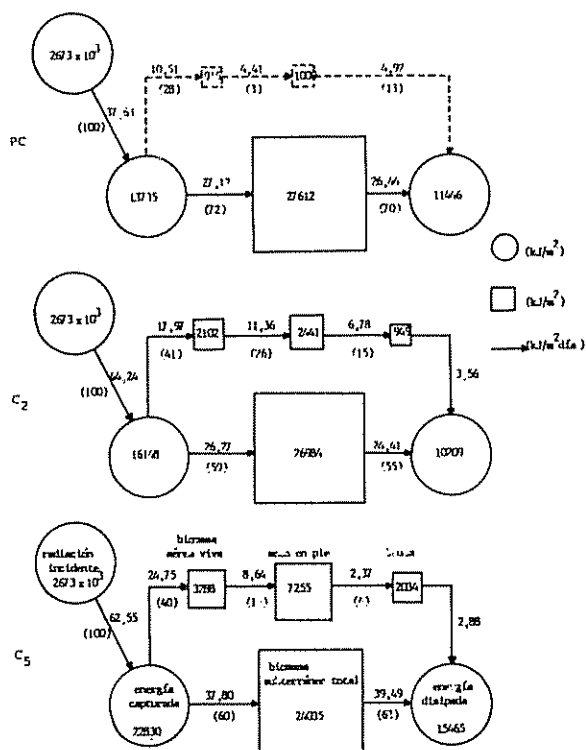


Fig. 3. Diagrama de flujo de la energía en áreas clausuradas al pastoreo durante dos (C₂) y cinco (C₅) años en el pastizal bajo pastoreo continuo (PC). Los valores en las cajas rectangulares son promedios de biomasa de los distintos compartimentos de los productores primarios, los valores en las cajas circulares son entradas y salidas de energía al sistema, los valores sobre las flechas son flujos diarios de energía, y los valores entre paréntesis debajo de las flechas son flujos diarios de energía expresados como porcentajes de la energía capturada por los productores primarios (biomasa subterránea contenida en 70 cm de profundidad del perfil; los valores de biomasa radical fueron transformados por los coeficientes estimados por Becco *et al.* (4); los trazos punteados indican que se desconoce la cantidad de material cosechado por los animales en pastoreo).

El pastoreo también afectó la estacionalidad del balance entre producción y desaparición, atrasando el momento de mayor balance positivo con respecto a la situación de clausura prolongada (Fig. 2). Este corrimiento del pico de productividad neta subterránea no fue acompañado por variaciones en la productividad primaria neta aérea (Fig. 2)

Los balances positivos hallados entre cosechas permitieron estimar producciones subterráneas anuales entre $564 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ y $815 \text{ g m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ (Cuadro 1). Con esos valores se calcularon las tasas de recambio, según las cuales el pastizal tardaría tres años para renovar su subsistema subterráneo en la situación bajo pastoreo y sólo dos años en la situación en que fue excluido el pastoreo (Cuadro 1). Las producciones

subterráneas y las tasas de recambio calculadas se asemejan a los valores encontrados por varios autores estadounidenses en pastizales de fisonomías y condiciones edáficas y climáticas semejantes a los del pastizal estudiado (10, 20, 21, 29, 36).

La disminución de la producción subterránea y de la tasa de recambio como consecuencia de la acción del ganado, contrasta con lo observado por varios autores (28, 29, 36) y a su vez contradicen las tendencias halladas en un estudio anterior realizado en el mismo pastizal (32). Probablemente la metodología utilizada para su cálculo, que enmascara la productividad real (39), favorece dichas discrepancias.

El pastoreo también afecta la partición de recursos energéticos entre los subsistemas aéreo y subterráneo del pastizal. Dicha participación se calculó mediante la relación: biomasa subterránea total/biomasa aérea total y biomasa subterránea nueva/biomasa aérea verde. Para ello se utilizaron datos de biomasa aérea obtenidos en el mismo lugar por otros autores (2, 16, 30) y los coeficientes determinados por Becco *et al.* (4). Las relaciones halladas muestran una disminución en la supremacía del sistema subterráneo al aumentar el periodo de exclusión del pastoreo (Cuadro 2). Resulta interesante remarcar que los atributos medidos en el pastizal clausurado por un periodo de dos años, muestran tendencias intermedias entre los de las otras dos situaciones analizadas.

Aspectos fenotípicos, florísticos y funcionales podrían explicar las modificaciones observadas en la relación raíz/tallo, como consecuencia de clausurar el pastizal e impedir el pastoreo de grandes herbívoros. En primer lugar la relación raíz/tallo sería una característica fijada genéticamente, cuya expresión podría ser modificada por factores ambientales. Cuando estos se tornan desfavorables para las plantas (bajas temperaturas, deficiencias hídricas, incendios, pastoreo), las plantas responden incrementando su relación raíz/tallo (11, 44). Segundo, el impacto que sucesivas defoliaciones tienen sobre el vigor y la supervivencia de las plantas, determinarían los cambios florísticos que ocurren en las áreas continuamente pastoreadas (22) favoreciendo a las especies con menor proporción de tallo. Estas dos razones determinarían que, al incrementarse la productividad total en el sistema clausurado, se produzca el aumento de la biomasa aérea y una leve disminución de la biomasa radical (Fig. 3). Este hecho, que también fuera observado en diagramas de energía similares (37), se debería a una acumulación diferencial en los distintos compartimientos según el pastizal sea pastoreado o no. En las dos situaciones de clausura, nuestras estimaciones muestran una participación de energía al compartimiento aéreo similar (aproximadamente 40% del to-

Cuadro 1. Biomasa subterránea máxima, producción neta subterránea y tasa de recambio de la biomasa subterránea total, en áreas clausuradas al pastoreo durante dos (C_2) y cinco (C_5) años y en el pastizal bajo pastoreo continuo (PC) (biomasa contenida en 70 cm de profundidad d

Tratamiento del pastizal	Valor máximo (g/m^2)	Producción neta subterránea (g/m^2 año)	Tasa de recambio
PC	1 947	585	0.30
C_2	1 755	564	0.32
C_5	1 715	815	0.48

Cuadro 2. Estimación de la relación: raíz/tallo, en áreas clausuradas al pastoreo durante dos (C_2) y cinco (C_5) años y en el pastizal bajo pastoreo continuo (PC) (biomasa radical contenida en 70 cm de profundidad del perfil; los valores de biomasa radical fueron modificados por los coeficientes estimados por Becco *et al.* (4); los datos de biomasa aérea fueron obtenidos en años anteriores por Ares y Trabucco (2), Fonseca *et al.* (16) y Sala *et al.* (30)).

Tratamiento del pastizal	Biomasa subterránea total (A)	Biomasa radical nueva (B)	Biomasa aérea total (C)	Verde aéreo (D)	(A)/(C)	(B)/(D)
	g/m^2					
PC	1 629	262	132	59	12.34	4.44
C_2	1 592	253	271	136	5.87	1.86
C_5	1 418	226	722	194	1.96	1.16

tal), mientras que en el área pastoreada el compartimiento aéreo recibiría una proporción 30% menor de la energía disponible (28% del total) (Fig. 3). Por ser similares los flujos de entrada y salida del compartimiento subterráneo, su biomasa no sufriría modificaciones importantes, mientras que la biomasa aérea se iría acumulando (Fig. 3).

Esta partición diferencial de los recursos energéticos en el pastizal estudiado, posibilita su comparación con otros de distintas condiciones ecológicas. Las relaciones: biomasa subterránea nueva/biomasa aérea verde calculadas (Cuadro 2), permiten definir al pastizal de la Depresión del Salado como cálido y húmedo y lo ubican en una posición central dentro de la escala de 2 a 6 propuesta por Sims *et al.* (34). En un extremo de la misma, se ubicarían los pastizales más cálidos y húmedos, con valores cercanos o menores que la unidad (19-27) y en el otro extremo, los pastizales fríos, con relaciones raíz/tallo superiores a 6 (12, 34).

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en este estudio, puede asegurarse que el subsistema subterráneo del pastizal de la Depresión del Salado con una distri-

bución superficial de la biomasa y una marcada estacionalidad, recibe una importante cantidad de energía, variable según se encuentre pastoreado o no. Es muy probable que esta elevada inversión energética en el sistema subterráneo represente una estrategia que le garantice una alta resiliencia al pastizal (15), teniendo en cuenta que no sólo se encuentra sometido al efecto del pastoreo, sino también a condiciones de extrema sequía y frecuentes inundaciones.

Resumen

Se estudió el efecto de la exclusión del pastoreo sobre el subsistema subterráneo en un pastizal sometido a pastoreo continuo y en áreas excluidas del pastoreo de grandes herbívoros durante dos y cinco años. A lo largo de un ciclo se realizaron cosechas sucesivas de la biomasa contenida en los 20 cm superiores del perfil. Los valores de biomasa se extrapolaron al resto del perfil (70 cm) y se calculó el balance entre producción y desaparición de biomasa mediante la suma de los incrementos positivos y negativos entre fechas sucesivas para cada estrato del perfil.

El subsistema subterráneo del pastizal subhúmedo mostró una distribución superficial de la biomasa y una marcada estacionalidad. El efecto de la exclusión

del ganado fue una disminución de la biomasa y un aumento de la producción. La dinámica del subsistema subterráneo también fue comparada con la dinámica del subsistema aéreo del pastizal

Literatura citada

- 1 ARES, J. 1976 Dynamics of the root system of blue grama. *Journal Range Management* 29: 208-213
- 2 ARES, J.; R. TRABUCCO. 1976 La productividad de un pastizal en el partido de Pila. Comisión de Investigaciones Científicas. La Plata (Argentina). *Monografías* 6:39-67
- 3 BARTOS, D.L.; P.L. SIMS. 1974 Root dynamics of a shortgrass ecosystem. *Journal of Range Management* 27:33-36
- 4 BECCO, C.A.; V.A. DEREGIBUS; R.J.C. LEON. 1982 Estructura y funcionamiento de la fitomasa subterránea en dos comunidades vegetales y sus respectivas comunidades de reemplazo en la Depresión del Salado (Provincia de Buenos Aires). Trabajo de Intensificación. Facultad de Agronomía, UBA, Argentina
- 5 BÖHM, W. 1979 Methods of studying root systems. Springer-Verlag, Berlin. 200 p.
- 6 BUWAI, M.; M.J. TRILICA. 1977 Defoliation effects on root weights and total nonstructural carbohydrates of blue grama and western wheatgrass. *Crop Science* 17:15-17
- 7 CALDWELL, M.M. 1979 Root structure: the considerable cost of below-ground function. In *Topics in population biology*. Ed by Solbrig, O.T., Jain, Johnson, G.B., Raven, P.H. Columbia University Press, N.Y. p. 409-427.
- 8 CARSON, E.W. 1974 The plant root and its environment. University Press Virginia, Charlottesville, 691 p.
- 9 COLEMAN, D.C. 1976 A review of root production processes and their influence on soil biota in terrestrial ecosystems. In *The role of terrestrial and aquatic organisms in decomposition processes*. Ed by Anderson, J.M.; Macfadyen, A. Blackwell Science Publication Oxford, p. 417-434.
- 10 DAHLMAN, R.; C.L. KUCERA. 1965 Root productivity and turnover in native prairie. *Ecology* 46:84-89
- 11 DAVIDSON, R.L. 1978 Comparative ecophysiology: Root systems-the forgotten component of pastures. In *Plant relation in pastures*. Ed by Wilson, J.R. CSIRO, Australia. p. 86-94.
- 12 DENNIS, J.G. 1977 Distribution patterns of belowground standing crops in Arctic Tundra at Barrow, Alaska. In *The belowground ecosystem: a synthesis of plant-associated processes*. Ed by Marshall, J.K. Range Sciences Serie No. 26, Colorado State University, Fort Collins, Colorado. p. 53-71.
- 13 DEREGIBUS, V.A.; U.M. DOLL; E. D'ANGELA; A. KRÖPEL; A. FRASCHINA. 1982 Aspectos ecofisiológicos de dos forrajeras estivales de los pastizales de la Depresión del Salado (*Paspalum dilatatum* Poir. y *Bothriochloa laguroides* DC). *Revista Facultad Agronomía* 3:57-74
- 14 DEREGIBUS, V.A.; CAUHEPE, M.A. 1983 Pastizales naturales de la Depresión del Salado: Utilización basada en conceptos ecológicos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias, INTA*. 18:47-78
- 15 DICKINSON, N.M., POLWART, A. 1982. The effect of mowing regime on an amenity grassland ecosystem: above-ground and below-ground components. *Journal Applied Ecology* 19:569-78
- 16 FONSECA, E.A.; GOBBEE, E.E.; SALA, O.E. 1976. Estimación de la biomasa aérea de un pastizal natural de la Depresión del Salado. Comisión de Investigaciones Científicas. La Plata (Argentina). *Monografías* 6:11-29
- 17 HARPER, J.L. 1977 The population biology of plants. Academic Press, London. 892 p.
- 18 HOLECHEK, J.L. 1982 Root biomass on native range and mine spoils in southeastern Montana. *Journal of Range Management* 35:185-187
- 19 JAIN, S.K. 1980 Total phytomass, net community productivity and system transfer functions in sub-humid grasslands at Sagar (M.P.) India. *Flora* 170:251-260

20. KUCERA, C.L.; DAHLMAN, R.C.; KOELLING, M.R. 1967. Total net productivity and turnover on an energy basis for tallgrass Ecology 48:536-541.
21. LAUENROTH, W.K.; WHITMAN, W.C. Dynamics of dry matter production in a mixed-grass prairie in western North Dakota. Oecologia 27:339-351
22. LEON, R.J.C.; RUSCH, G.M.; OESTERHELD, M. 1984. Pastizales pampeanos - impacto agropecuario Phytocoenologia 12:201-218
23. LISON, L. 1976. Estadística aplicada a la biología experimental EUDEBA. Buenos Aires 357 p
24. LORENZ, R.J.; ROGLER, G.A. 1967. Grazing and fertilization affect root development of range grasses. Journal of Range Management 20:129-132
25. LORENZ, R.J. 1977. Changes in root weight and distribution in response to fertilization and harvest treatment of mixed prairie. In The belowground ecosystem: a synthesis of plant-associated processes. Ed. by Marshall, J.K. Range Science Serie No. 26, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, p. 63-71
26. MARSHALL, J.K. 1977. Biomass and production partitioning in response to environment in some North American grasslands. In The belowground ecosystem: a synthesis of plant-associated processes. Range Science Serie No. 26, Colorado State University, Fort Collins, Colorado. p. 73-84.
27. NOY-MEIR, I. 1973. Desert ecosystems: environment and producers. Annual Review Ecology System 4:25-52
28. PEARSON, L.C. 1965. Primary production in grazed and ungrazed desert communities of eastern Idaho. Ecology 46:278-285
29. RISSER, P.G.; BIRNEY, E.C.; BLOCKER, H.D.; MAY, S.W.; PARTON, W.J.; WIENS, J.A. 1981. The true prairie ecosystem. US/IBP Synt. Ser. 16. Hutchinson Ross Publ. Comp., Stroudsburg, Pennsylvania. 557 p
30. SALA, O.E.; DEREGBUS, V.A.; SCHLICHTER, T.; ALIPPE, H. Productividad primaria neta aérea de un pastizal de la Depresión del Salado (Provincia de Buenos Aires). Comisión de Investigaciones Científicas. La Plata (Argentina) Monografías 8:3-38
31. SALA, O.E.; DEREGBUS, V.A.; SCHLICHTER, T.; ALIPPE, H. 1981. Productivity dynamics of a native temperate grassland in Argentina. Journal of Range Management 34:48-51.
32. SALA, O.E. 1985. The structure and function. In Natural grasslands of South America. Ed. by Soriano, A. Also In Grassland ecosystems of the world. Ed. by Coupland, R.T. Vol. 8. Elsevier Science Publication Company, Amsterdam, The Netherlands. En prensa.
33. SCHUSTER, J.L. 1964. Root development of native plants under three grazing intensities. Ecology 45:63-70
34. SIMS, P.L.; SINGH, J.S.; LAUENROTH, W.K. 1978. The structure and function of ten western North American grasslands. I. Abiotic and vegetational characteristics. Journal Ecology 66:251-285
35. SIMS, P.L.; SINGH, J.S. 1978. The structure and function of ten western North American grasslands. II. Intra-seasonal dynamics in primary producer compartments. Journal Ecology 66:547-572.
36. SIMS, P.L.; SINGH, J.S. 1978. The structure and function of ten western North American grasslands. III. Net primary production, turnover and efficiencies of energy capture and water use. Journal Ecology 66:573-597.
37. SIMS, P.L.; SINGH, J.S. 1978. The structure and function of ten western North American grasslands. IV. Compartmental transfers and energy flow within the ecosystem. Journal Ecology 66:983-1009
38. SINGH, J.S.; COLEMAN, D.C. 1977. Evaluation of functional root biomass and translocation of photoassimilated ^{14}C in shortgrass prairie ecosystem. In The belowground ecosystem: a synthesis of plant-associated processes. Ed. by Marshall, J.K. Range Science Serie No. 26, Colorado State University, Fort Collins, Colorado. p. 123-131.
39. SINGH, J.S.; LAUENROTH, W.K.; HUNT, H.W.; SWIFT, D.M. 1984. Bias and random errors in estimators of net root production: A simulation approach. Ecology 65:1760-1764

40. SOKAL, R.R.; ROHLF, R.J. 1969. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. W.H. Freeman and Comp., San Francisco. 776 p.
41. SORIANO, A.; ALIPE, H.; DEREGIBUS, V.A.; LEMCOFF, J.H.; LEON, R.J.C.; SALA, O.C.; T. SCHLICHTER; R. TRABUCCO 1977. *Ecología de los pastizales de la Depresión del Salado*. *Ac. Nac. de Agr. y Vet.* 21:5-18.
42. VAN VEEN, J.A.; PAUL, E.A. 1981. Organic carbon dynamics in grassland soils. I. Background information and computer simulation. *Canadian Journal of Soil Science* 61: 185-201.
43. WEAVER, J.E. 1950. Effects of different intensities of grazing on depth and quantity of roots of grasses. *Journal of Range Management* 3:100-113.
44. WERGER, M.J.A. 1983. Wurzel/Spross-Verhältnis als Merkmal der Pflanzenstrategie. In *Wurzelökologie und ihre Nutzenanwendung*. Ed. by Böhm, W., L. Kutschera, E. Lichtenegger. Int. Symp. Gumpenstein, 1982. Bundesanstalt Gumpenstein, A-8952 Irnding. 775 p.

Notas y comentarios

Repelente perfumado

Los repelentes de insectos tienen un gran inconveniente: son hediondos. El untarse la cara, cuello y brazos con grasa rancia de búfalo, como hacían los colonizadores de las praderas norteamericanas, puede hacer que los mosquitos huyan de uno, pero también lo harán las muchachas a las que uno se acerque. Sin embargo, hay una alternativa que es tan dulce que se ha usado por mucho tiempo como perfume.

La fragancia de la madera del cedro levantino, (*Cedrus*, fam. Pinaceae) es agradable, segura y barata. La industria del jabón la extrae en grandes cantidades de la viruta del cedro del Himalaya, o "deodar" (*Cedrus deodara*). No se debe confundir estos cedros del Viejo Mundo con los numerosos árboles americanos que poseen el nombre vulgar de cedro (varias especies de *Cedrela*, Meliaceae y otras de las familias

leguminosas y juglandaceas). Además de su fragancia, el aceite de deodar inhibe a las polillas y gorgojos que mascan la ropa y las alfombras. Nadie, sin embargo, lo había probado contra insectos vectores de enfermedades, hasta que tres científicos hindúes fumigaron zancudos adultos de la India (*Anopheles stephensis*) con aspersiones de aceite de madera de cedro.

D. Singh, S. M. Rao, y A. K. Tripathi, que trabajan en el Instituto Central de Plantas Medicinales y Aromáticas, en Lucknow (capital del Estado de Uttar Pradesh, India) encontraron que un hálito de menos de uno por ciento de concentración de aceite tumbó patas arriba a los mosquitos (*Naturwissenschaften* Vol. 71, p. 264). Y malas noticias también para los bichos caseros: mata también a las cucarachas y a las moscas domésticas.

El mercado para un insecticida de madera de cedro podría ser inmenso. Uno de los insecticidas más populares en la actualidad es el piretro, y aunque se extrae también de una planta (*Chrysanthemum cinerariifolium*), a menudo deja en el ambiente un olor poco agradable e irritante. Adalberto Gorbitz.

INFLUENCE OF DIFFERENT DENSITIES OF COCOA AND OIL PALM ON YIELD PERFORMANCES OF COCOA¹ /

J. A. KOLADE*

Resumen

La presente investigación enfocó tres sistemas especiales de cultivo mixtos o intercalados de cacao y palma de aceite: bloques segregados de los dos cultivos (X), filas alternativas las de los dos (Y), y el arreglo del "cuadro hueco" (Z). Entre los tres arreglos especiales, no se notaron diferencias significativas en los promedios de establecimiento, crecimiento y desarrollo de las plántulas de cacao. Al principio, tampoco se notaron diferencias significativas en los promedios de rendimiento. Sin embargo, conforme avanzó el tiempo, se observó que el arreglo Z rindió bastante más que el X y el Y (Z:X = 3:1, Z:Y = 5:1).

Aunque el rendimiento del cacao en los tres arreglos mixtos es relativamente más bajo que el de cacao sólo, se compensa por el efecto sinérgico del rendimiento conjunto de la palma de aceite y el cacao.

Las infestaciones de Phytophthora y los daños al cacao causados por mamíferos mostraron frecuencias parecidas en los tres arreglos espaciales. En resumen, se recomienda a los agricultores que quieren mezclar la siembra de cacao con la de la palma de aceite utilizar el arreglo Z, el "cuadro hueco".

Introduction

Mixed cropping has gained popularity in Nigerian peasant agriculture. It involves planting one basic crop and two or more supplementary "catch" crops (1). Agronomists have observed the tendency for peasant farmers to overcrop their land and to combine incompatible crops, and therefore they discourage mixed cropping.

However, it still being encouraged in more organised forms. The main crop is often planted with wider spacing, and the gaps can be used for other crops (8). In Zaire and Malaysia, for example, productive stands of cocoa established under oil and coconut palms have given promising yields (8). Experiments with mixed cropping in Sumatra, involving cocoa and coconut, revealed that mean girth of cocoa increased from 34.4 cm to 36.7 cm in the single hedge and 33.9 cm to 34.1 cm in double hedge planting (2). In an experiment conducted by the Institut National pour l'Etude Agronomique du Cacao (INEAC), various densities of oil palm interplanted with coffee were compared with either palm or coffee alone. An interesting result of this experiment was that the yield of oil palms at the normal density of 60 palms per ha combined with 858 coffee stands per ha was about 8 percent higher than the yield at the same density, but without coffee (13).

Mixed cropping offers both benefits and drawbacks. The benefits include: it serves as an insurance against crop failures, keeps the farmer busy and improves both land use efficiency and the income-

¹ Received for publication on September 10, 1985. My gratitude goes to the Director of CRIN, Dr. S.T. Olatoye for permission to publish this paper. I am greatly indebted to G.H. Freeman and R.A. Sheldrick, who initiated this experiment about two decades ago and to O.A. Odegbayo who was the officer in charge of the experiment for almost a decade. I am particularly grateful to D.O. Falowo and J.O. Odutolu for the statistical analysis of the data. And thanks to D.A. Komolafe and Drs. A.A. Adebayo, Akinwale Ojo, M.M. Omole and E.B. Esan for their useful comments and patience in reading through the manuscript.

* Agronomy Division, Cocoa Research Institute of Nigeria Ibadan, Nigeria

earning capacity of the farmers (1). The major drawback is that yields are usually below expectations. The crops compete for light, water, and nutrients, resulting in a compromise between the different needs of the mixed crops (9, 13)

The present study considers the combination of cocoa and oil palm in various plant densities. It then makes recommendations to farmers interested in combining these crops.

Methods

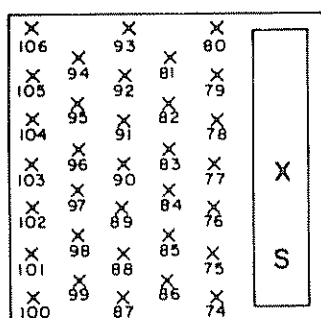
The experiments were located in Nigeria at the Gambari Experimental Station (GES) in Oyo State, the Onishere Farm Settlement in Ondo State and Ikom in Cross River State. These places represent three different ecological zones.

GES is situated in the transition zone between the forest and the derived savannah regions of Nigeria,

OIL PALM: First and third grade EWG, planted with ball of Earth.

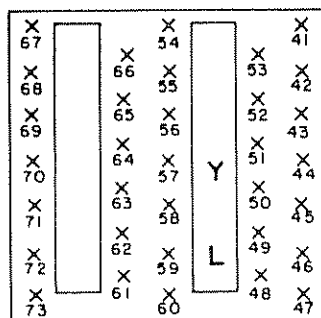
COCOA: Provided by CRIN Planted at 1.55m square spacing with tree cassava as shade at 3.1m square spacing

DESIGN: 6 Randomised blocks of three main treatments:-

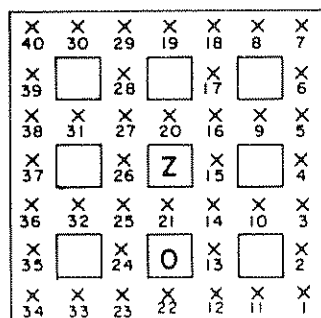


X CONTROL

= Pure stands of Oil Palm and Cocoa at normal spacing. 81 palms and 1595 cocoa bushes/hectare



Y AVENUE PLANTING = One line in three of Palms omitted and Cocoa planted in the wide interline. 81 Palms and 1688 Cocoa stands/hectare



Z HOLLOW SQUARES = Palms at 9.3 m square spacing with alternate lines omitted. Cocoa to fill in the square so formed; 99 palms and 1600 cocoa stands/hectare

Fig 1 Expt 205-1 Mixed cropping experiment (Gambari experimental station) Experiment 205-2 Melanococca hybrid planting (1965)

where the annual rainfall is 1 168-1 270 mm and the severe dry season lasts from October to March. The soil type is the Iwo, Olorunda, Oba, Iregun and Apomu series (15)

Onishere is located in the forest zone, with heavy annual rainfall ranging from 2 320-2 540 mm. The soil type is the Calabar fasc (15).

Ikom is also in the forest zone. Annual rainfall (3 000 mm) is heavier than in Onishere, the dry season is less marked, and the annual water deficit is lower, about 150 mm.

A randomised block design was used for the experiment, with three spacing arrangement replicated six times at GES, seven at Ikom and eight at Onishere. Details of the treatments are as follows:

- X Pure stands of oil palm and cocoa side by side and with a spacing of 9.1 m triangular for oil palm and 1.6 m square for cocoa (control). The densities for oil palm and cocoa were 83 and 1 595 trees per ha.
- Y One line in three of palms was omitted and cocoa planted in the ensuing wide interlines (avenue planting). There were 83 palms and 1 688 cocoa trees per ha.
- Z Palms were planted in a 9.1 m square with alternate palms in alternate rows omitted. Cocoa was planted in the squares so formed (hollow square planting) There was 100 and 1 600 oil palm and cocoa trees per ha respectively.

The plot size was 0.4 ha shared between oil palm and cocoa in all the treatments (Fig. 1). Eighteen month-old Extension Work oil palm seedlings (*dura* x *pisifera*) and six month-old F₃ Amazon cocoa seedlings were used for the experiment. These were planted in 1964 at Onishere and 5 at GES and Ikom. However, due to fire outbreak at Onishere and the effect of the Nigerian Civil War at Ikom, the cocoa stands were replanted in 1970 in these two places. Cocoa in all the treatments was thinned to half the above density at four to five years after planting to maintain the recommended spacing of 2.7 x 2.7 m. The cassava was planted at 3.1 x 3.1 m to serve as nurse-shade for cocoa. Banana was planted along the north-south boundaries to serve as a wind break. Necessary care was taken to avoid the shading of palms by either the tree cassava or the banana. Vacant stands of cocoa and oil palm were supplied during the establishment stage.

General maintenance was regularly carried out in all the plots. Records were kept for yields of dry

cocoa bean, black pod disease, infested pods and oil palm FFB weight. Yield of dry cocoa beans per ha was obtained on the basis of 26 pods to one kg dry cocoa (10).

Results

Growth and development of cocoa

When the three-year records for the Onishere Farm settlement (1964-67) were compared with those of the Gambari Experimental Station (GES 1965-1968), there were marked differences (Table 1). Survival and the canopy scores, for example, were better at Onishere than at GES. The cocoa at GES jorquetted earlier and had thicker stems than that at Onishere. The site differences in growth and development of cocoa seedlings could only have been due to the disparity between locations, i.e. soil and climatic factors. Onishere offers better agroclimatic conditions for the growth of cocoa than GES (7). Differences among treatments were not observed. The growth records for the Ikom location are not available because the civil war taking place in that part of the country prevented data collection.

Pod yield

Total annual yields for the three locations (GES, Onishere and Ikom) are shown in Fig. 2. The GES yield data for 11 years (1968-79) revealed consistent high pod production in the hollow square planting (Z), followed closely by yields from avenue planting

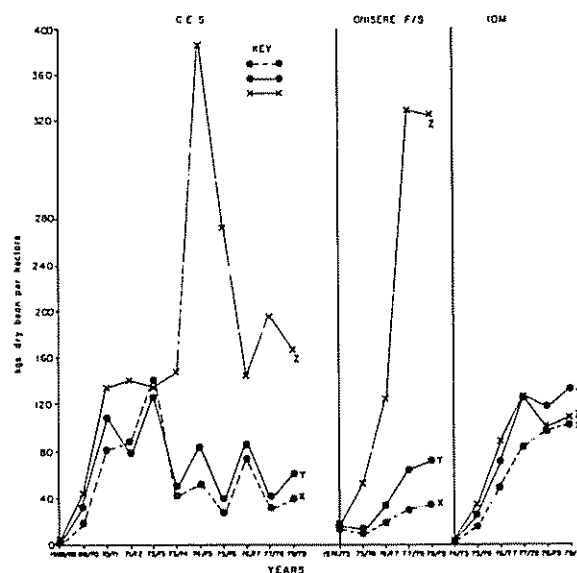


Fig. 2 Potential yield in kg dry bean per hectare (26 pods = 1 kg dry bean).

Table 1. Three-year growth/development performance record of cocoa seedlings at Onishere (1964-1967) and Gambari Experimental Station (1965-1968) in the CRIN-NIFOR Mixed Cropping Trial.

Growth/Development Parameters	Hollow Planting (Z)		Avenue Planting (Y)		Control Planting (X)	
	Gambari	Onishere	Gambari	Onishere	Gambari	Onishere
Number planted	3 736	5 184	4 113	5 472	3 825	5 168
Survival (percent)	58.70	96.51	61.59	97.75	68.65	98.12
Mean Canopy Score	3.77	4.00	3.92	9.97	4.03	4.09
Mean Height (cm)	121.14	109.80	124.42	120.09	120.34	124.91
Mean Stem Diameter	9.57	7.00	9.32	7.92	8.31	7.95
Jorquettes (percent)	79.25	22.59	51.86	29.37	55.89	30.07

Table 2. F-Ratios from results of analysis of potential pod yield.

Source of Variations	Gambari Experimental Station (GES)	Onishere CRIN Substation	Ikom CRIN Substation
	F-Ratios	F-Ratios	F-Ratios
Main Plots:			
Between Blocks (B)	2.60NS	3.02*	1.33NS
Between Variates (V)	16.40***	91.34***	4.76*
Sub Plots:			
Between Years (Y)	49.37***	159.01***	369.76***
VY Interaction	3.01***	12.99***	3.24**
BY Interaction	2.05**	6.54***	—

NS Not Significant
 * Significant at 5% level
 ** Significant at 1% level
 *** Significant at 0.1%

(Y). This same trend was observed for Onishere and Ikom with 5-year yield data. Yields were sharply differentiated between treatments Z and X and Z and Y.

Differences in yield are expressed in the following mean ratios: Z:X is 3:1 while Z:Y is 5:1 (Fig. 2). Analysis of variance of the yield data showed a nonsignificant (NS) yield difference between blocks at GES and Ikom and a low value of significance at

$P = 0.01$ for GES and Onishere and at $P = 0.05$ for Ikom (Fig. 2, Table 2). In other words, the effect of treatment on yield was highly significant, as observed at GES and Onishere.

The yields of different treatments were found to increase steadily as the years progressed (Fig. 2). The increase in yield with years is highly significant at $P = 0.01$ (Table 2), with positive correlation coefficients of $r = 0.30$, 0.98 , and 0.98 for GES, Onishere and Ikom respectively.

Black pod incidence

The results as shown in Fig. 3 revealed a nonsignificant difference in the incidence of black pod disease in cocoa planted under oil palm at GES and Ikom. However, differences in black pod incidence among treatments at Onishere (Fig. 3) were significant at $P = 0.05$ (Table 4). Black pod incidence was partially or completely absent during the initial stages of pod bearing. This trend was observed in all three locations (GES, Onishere and Ikom). No black pod was recorded for GES in 1968-69 or Onishere in 1974-78, and very few pockets of black pod were recorded for Ikom (Fig. 3). Subsequently, black pod incidence increased with higher numbers of pods as the trees attained economic maturity.

Pod damage

The quantity of pods damaged by mammals such as squirrels, rats, and rabbits is shown in Fig. 4. The damage seems to be higher in the Z treatments at GES and Onishere when compared with treatments X and Y. However, damaged pods expressed as a percentage of healthy pods show no differences among treatments (Fig. 5). Ikom recorded fewer damaged pods than GES and Onishere (Figs. 4, 5).

Discussion

Our results confirmed the normal growth and development of cocoa under oil palm, in line with reports of previous authors, who reported successful

establishment of cocoa under mature coconut (2) and oil palm (8). However, reported girth differences between single and double hedges of cocoa bushes under coconut (2) are at variance with our results. This disparity might reflect differences in methods and the crops involved as well as different environments.

The yield increases over time in all the treatments bore out our expectations as the pod-bearing capacity of the trees increased with maturity. However, the observed low correlation coefficient ($r = 0.30$) for GES might be an indication of the fact that the soil is poorer than those of Onishere and Ikom (7). Moreover, the experiment in GES is located in a marginal rocky area.

The yield levels in cocoa planted under oil palm as reported here are better than those of cocoa alone. There were also reports of similar yield increases in cocoa planted under the shade of either oil palm or coconut (2, 8, 14). One of the causes of better yields of cocoa under the shade of palms could have been better growth conditions. It has been established (3, 15) that cocoa without fertilizer performs better under shade (30 – 60 percent of full light). In other words, cocoa without shade definitely needs fertilizer supplements for better yields. Yield levels of cocoa without shade have been improved considerably by the application of fertilizer (3, 15). In this study, the check (X) was without shade after the initial nurse-shade of tree cassava was removed, and no fertilizer was applied. This might have accounted for the low

Table 3. F-Ratios from results of analysis of healthy pods (HP).

Source of Variations	Gambari Experimental Station (GES)	Onishere CRIN Substation	Ikom CRIN Substation
	F-Ratios	F-Ratios	F-Ratios
Main Plots:			
Between Blocks (B)	2.69 NS	3.76*	1.37 NS
Between Variates (V)	11.22**	73.76***	5.14*
Sub Plots:			
Between Years (Y)	576.36***	52.23	284.40***
VY Interaction	0.02 NS	7.49***	2.47*
BY Interaction	4.48***	2.58**	—

NS Not Significant
 * Significant at 5% level
 ** Significant at 1% level
 *** Significant at 0.1%

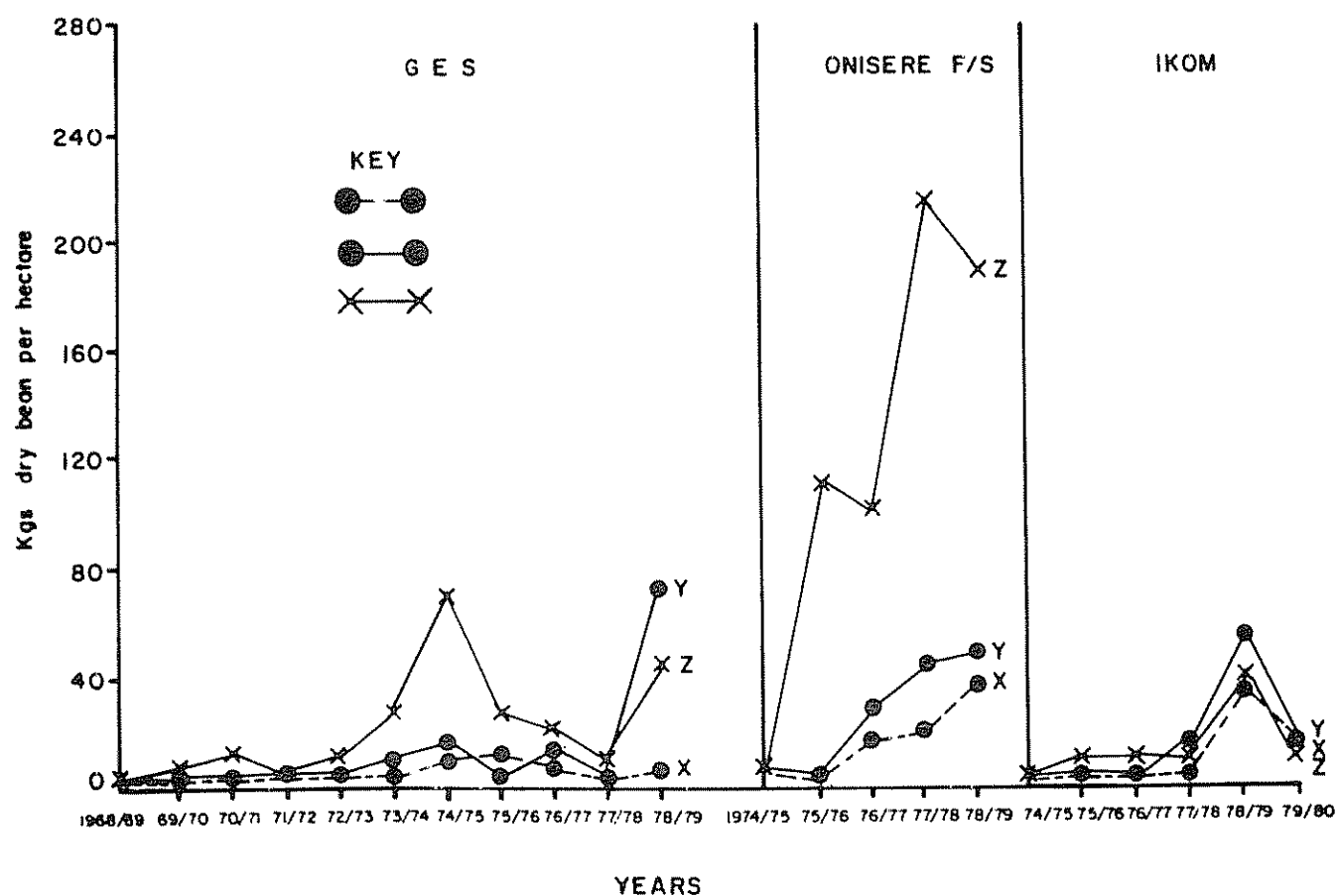


Fig. 3 Losses to black pod in kg per hectare (26 pods = 1 kg dry bean)

Table 4. F-Ratios from results of analysis of percentage incidence of black pod disease.

Source of Variations	Gambari Experimental Station (GES)	Onishere CRIN Substation	Ikom CRIN Substation
	F-Ratios	F-Ratios	F-Ratios
Main Plots:			
Between Blocks (B)	2.75 NS	0.69 NS	0.40 NS
Between Variates (V)	3.17 NS	4.62*	0.99 NS
Sub Plots:			
Between Years	15.93***	125.04***	36.94***
VY Interaction	0.28 NS	7.12***	2.47*
BY Interaction	—	—	—
BVY Interaction	—	—	—

NS Not Significant
 * Significant at 5% level
 ** Significant at 1% level
 *** Significant at 0.1% level (highly Significant)

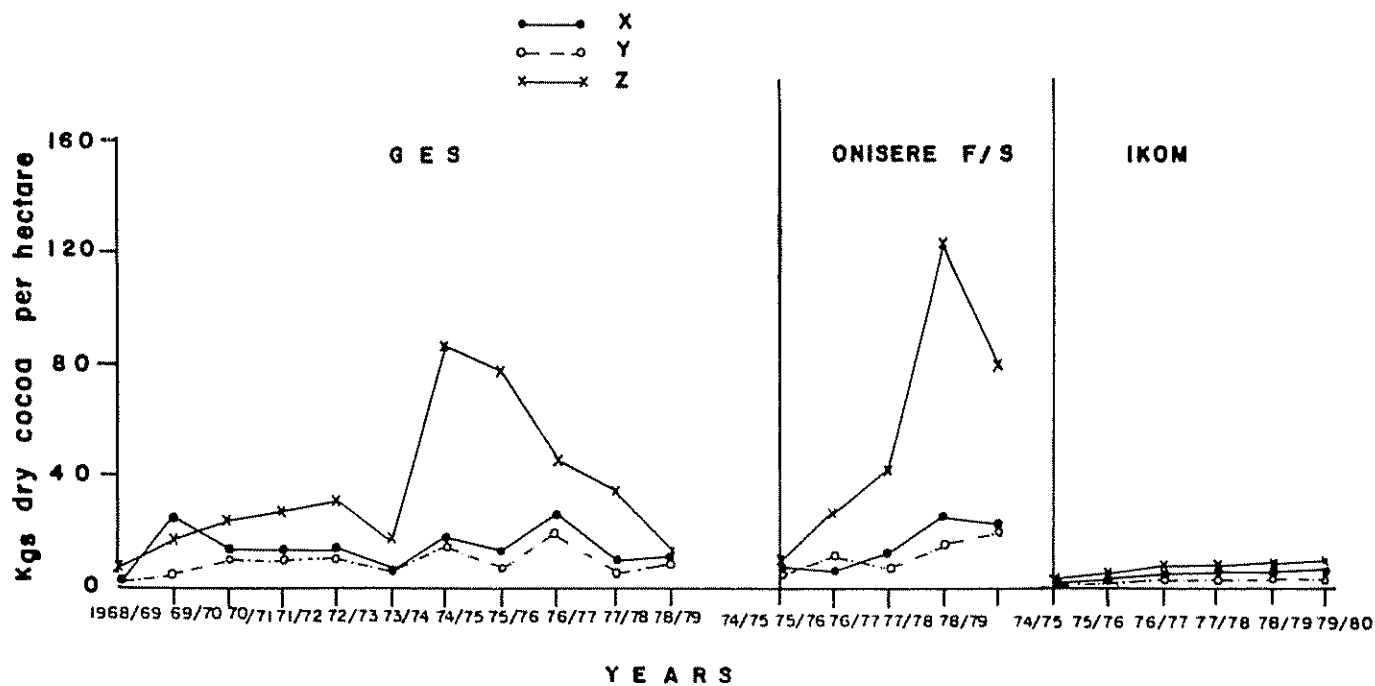


Fig 4 Pod damage by mammals in kg dry cocoa per hectare (26 pods = 1 kg dry bean).

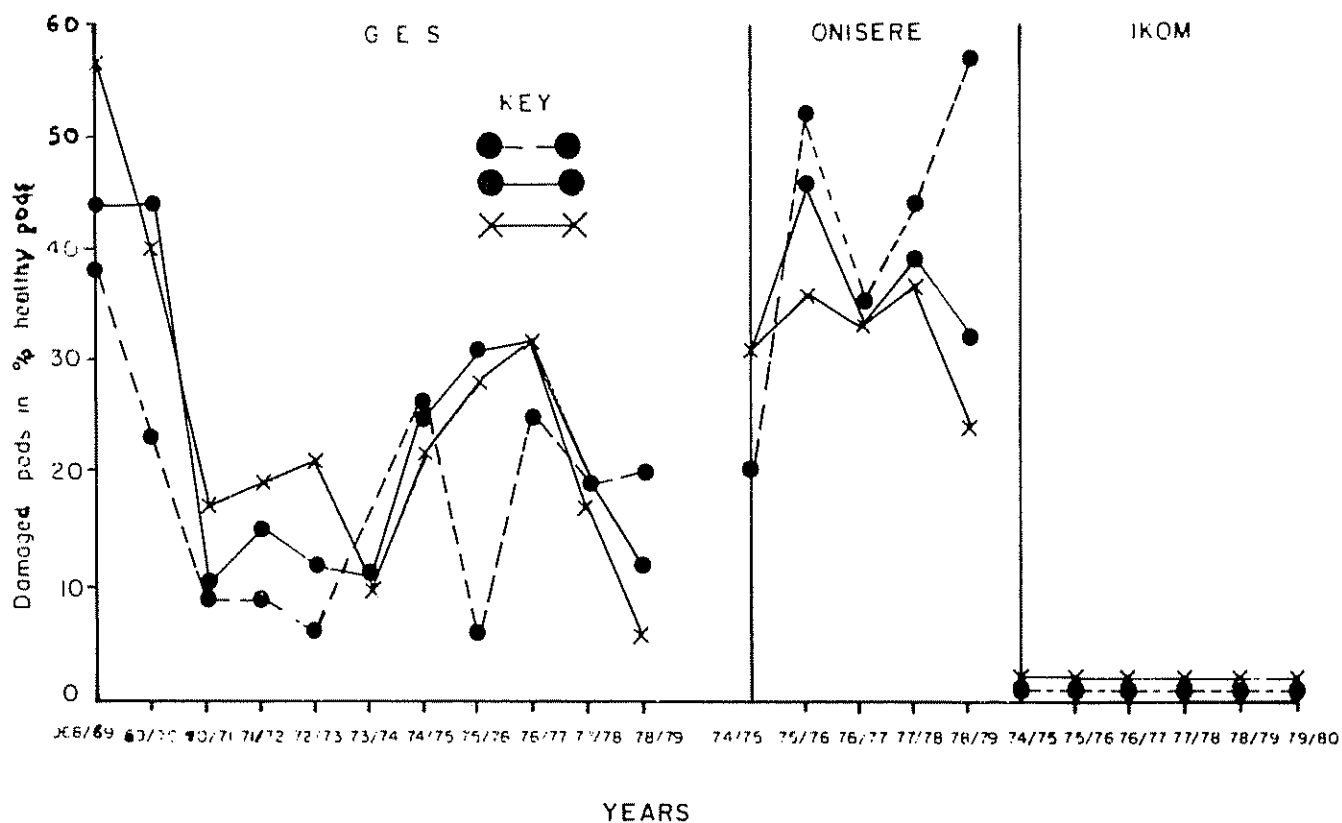


Fig 5. Pod damage by mammals in percent of healthy pods.

yields in the check compared with cocoa in treatments Y and Z, where cocoa was under oil palm shade.

The yield levels in all the treatments are generally low, averaging 160-180 kg of dry cocoa per ha in treatment Z, and far less in treatments X and Y. The yield trends, however, indicated that the optimum level has not been reached due to competition between crops for light, soil water, and nutrients (9, 13).

Although the yield levels of oil palm have not been made available, it is hoped that oil palm also stands to benefit from its combination with cocoa. Sparnaaij (13) has reported an increase in yield of up to 8 percent for oil palm under-planted with coffee.

Similarly, the yield from oil palm in the present study, would surely compensate the farmer for the low yield level in cocoa. Overall, the synergistic results of yields from the two crops are expected to be higher than either cocoa or oil palm planted alone.

The partial or complete absence of black pod incidence during the initial stages of pod bearing as reported here confirms the views of Okaisabor (11). *Phytophthora*-infested pods which are left to rot away in trees and on the ground enhance future incidence of pod rot in the cocoa plantation. Obviously, the subsequent increase in pod rot as the trees advanced in age was due to the accumulation of pod rot inoculum in the soil and on the trees of the plantation. This has been the basis of the age-long recommendation that cocoa farmers rid their plantations of infested pods regularly. Djiekpor and Amefia (6) recommended that *Phytophthora*-infested pods should be collected from 47 to 50 times a year. On each occasion, infested pods should be buried outside the plantation.

One would have expected significant differences in black pod incidence in cocoa plots under oil palm because of the low temperature and high humidity conditions created in the canopy as a result of the oil palm. According to some authors (4, 5, 11, 12, 15), these two conditions influence the development of black pod disease. Black pod incidence in this study was observed to be higher in cocoa under oil palm, but the differences between treatments were not significant at GES and Ikom. This could be due to the regular pruning of palm fronds during harvesting of bunches. However, Onishere recorded significance at a low level of 5 percent. Apart from other factors at Onishere that might have motivated this result, the number of pods produced has also been implicated by Djiekpor (6) as one of the contributing factors influencing the appearance and spread of black pod

disease. Our results in this respect confirm Djiekpor's (6) views.

The low mammal pod damage recorded for Ikom compared with GES and Onishere might be due to one or a combination of the following factors:

- 1) high maintenance level adopted in Ikom plots;
- 2) mammals' preference for fruits (including palm fruits) over cocoa pods;
- 3) the presence of only few of the species of mammals that prefer cocoa pods.

From the foregoing, the hollow square combination of cocoa and oil palm gave the best yield performance, with the cocoa suffering few adverse effects from the oil palm in terms of growth and development, yield, incidence of black pod disease and pod damage by mammals. The average yield of 160-180 kg of dry cocoa per ha recorded for the hollow square planting falls below the national average of 287 kg dry cocoa per ha (6). It is, however, assumed that the farmer would be compensated for the depression in cocoa yield by the oil palm produce (palm oil, kernel). On the basis of this study, the hollow square planting is recommended to farmers wishing to grow the two crops together.

Summary

Different ways of growing cocoa and oil palm together in a mixed cropping system were studied, giving consideration to three different densities of cocoa and oil palm: sole blocks of cocoa and oil palm (X), alternate strips of the two crops (Y), and the hollow square arrangement (Z). No significant differences were found within treatments in the rates of establishment, growth, and development of cocoa seedlings. Initially, no significant differences in yield between treatments were observed. Thereafter, remarkable differences were noticed when treatment Z outyielded treatments X and Y with mean ratios of 3:1 for Z:X and 5:1 for Z:Y. The observed depression in yield of cocoa is offset by the synergistic yield effect of the two crops. Infestations of *Phytophthora* and pod damage by mammals were similar in all spatial treatments. The hollow square planting (Z) is recommended to farmers wishing to underplant oil palm with cocoa.

Literature cited

1. ANON. 1974. Nigerian agriculture. In Agricultural Development in Nigeria 1973-1975.

2. ANON 1976 Mixed cropping cocoa and coconut. In Central Plantation Crops Research Institute Annual Report, India
3. CUNNINGHAM, R.K. 1958-1959. Effect of major nutrients on cocoa Annual Report. p 53-54
4. DAKWA, J.T. 1976. The effects of shade and NPK fertilizers on the incidence of cocoa black pod disease in Ghana. Ghana Journal Agriculture Science Vol. 9. p 175-178.
5. DAKWA, J.T. 1976. Macro and microclimate in relation to black pod disease in Ghana. In 5th International Cocoa Research Conference, Ibadan, p. 370-374.
6. DJIEKPOR, E.K., AMEFIA, Y.K. 1979. Influence of black pod disease due to *Phytophthora* sp on cacao cultivation in Togo. In 7th International Cocoa Research Conference Douala Cameroun Dec. 4th – 12th p 285-290.
7. FREEMAN, G.H. 1964-1965. Cocoa and oil palm trials. In Annual Report p. 45-47
8. HARTLEY, C.W.S. 1977. Mixed cropping, rearing livestock among oil palms and tapping for wine. In The Oil Palm 2nd ed. Longman, London and N.Y., p. 569-603
9. LEACH, J.R.; SHEPERD, R.; TURNER, P.D. 1974. Underplanting coconut with cocoa in West Indies. Cocoa Growers' Bulletin 16:21-26
10. ODEGBARO, O.A. 1977. Prospect of rehabilitating Amelonado cocoa with improved cocoa varieties in Nigeria without completely replanting. In 5th International Cocoa Research Conference. p 259-169. 1st – 9th Dept., 1975, Ibadan, Nigeria,
11. OKAISABOR, E.K. 1972. Ambient and on-tree reservoirs of *Phytophthora palmivora* (BUTL.) in Nigeria. In 5th International Cocoa Research Conference Trinidad. p. 424-428
12. SMITH, E.S.C. 1979. The interrelationship between shade types and cocoa pest and disease problems in Papua, New Guinea. In 7th International Cocoa Research Conference, Douala, Cameroun p. 37-43.
13. SPARNAAJ, L.D. Mixed cropping in oil palm cultivation. Journal Western African Institute Oil Palm Research. Vol. 217 p. 244-264.
14. VERDERWENYEN, R. 1952. Notions de culture de l'Elacis au Congo Belge. Brussels.
15. WESSEL, M. 1964-1965. Classification of soils in Gambari Experimental Station, CRIN Annual Report p 18-30.
16. WOOD, G.A.R. 1973. Cocoa. 3rd ed. Urquhart, p 130-134.

Reseña de libros

MOORE, J. y RAMAMOORTHY, S. *Heavy metals in natural waters. Applied monitoring and impact assessment*. Springer Verlag, New York, 1984.

El desarrollo tecnológico de las últimas décadas, y en particular, la introducción al mercado de numerosos productos xenobióticos, ha impuesto a los ecosistemas una carga contaminante cuyos efectos, en la mayoría de los casos, ignoramos.

Los episodios de Minamata, Seveso y Bophal han sido lecciones que la humanidad ha debido aprender para darse cuenta de que el vertido de sustancias químicas en el agua, suelo o atmósfera, puede perturbar el ambiente y dañar los organismos que en él viven.

Mucho se ha insistido en la urgencia de un enfoque interdisciplinario en los estudios ambientales, pero pocos son los trabajos que se han hecho y menos aún los libros que se han escrito con este criterio. Quizá todo se deba a que muchos son conscientes de esa necesidad, pero pocos son los autores con la capacidad sintetizadora para poner los hechos en el marco de una concepción integral.

La tarea de escribir un libro sobre un tema tan específico como la vigilancia y evaluación del impacto de los metales pesados en las aguas naturales, acorde con esta concepción, es ciertamente una tarea muy difícil y en la que, con toda certeza, no se puede lograr satisfacer a todos los lectores. Los autores del libro reseñado, miembros del Centro para el Ambiente de Alberta, Canadá, se han enfrentado con éxito a ella.

El libro ha sido escrito para científicos e ingenieros interesados en los temas ambientales, así como para las personas involucradas en la toma de decisiones referentes a este aspecto.

Ocho de los capítulos del libro se dedican a la revisión de la información existente acerca de los metales pesados más comunes en las aguas naturales: arsénico, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo y zinc.

Para cada uno de estos metales se revisa la química, producción, usos y descarga a los cuerpos de agua.

Se presenta una somera discusión de la especiación de los mismos en las aguas y se discuten los hallazgos en cuanto a los residuos presentes en los organismos acuáticos y la toxicidad de los mismos para los invertebrados, peces y humanos, dentro del contexto de su comportamiento físico-químico.

El enfoque integral del problema de los metales pesados en las aguas que el libro presenta enfatiza la idea de que la correcta evaluación de los riesgos potenciales de un contaminante debe estar basada en la concentración ambiental de sus estados finales relevantes y del tiempo de residencia del mismo en el compartimiento del ambiente estudiado. Esta idea resultará, sin duda alguna, en una valiosa orientación para la planificación de los trabajos de investigación en el área, así como para el establecimiento de normas de descarga de estos metales.

La obtención de medidas analíticas confiables de los contaminantes es esencial para el aporte de la información necesaria para interpretar lo que acontece en los ecosistemas. Las variaciones en las técnicas de muestreo y almacenamiento previo al análisis, así como los métodos analíticos empleados contribuyen a la incompatibilidad de los datos. Los autores dedican dos de los últimos tres capítulos del libro a la discusión de los impactos físico-químicos y biológicos de los metales pesados en las aguas naturales, los criterios analíticos acerca de la planificación, control de calidad y otros procedimientos para la obtención de resultados adecuados. Se señalan también los criterios biológicos que han de tenerse en cuenta para el correcto control, vigilancia y evaluación del impacto de los metales pesados en el comportamiento acuático. El último capítulo del libro se dedica a la revisión de los métodos de que dispone todo aquel que se encuentre en funciones en las que haya que tomar decisiones concernientes al manejo y gestión de los recursos acuáticos.

En resumen, el libro es un encomiable esfuerzo de recopilación multidisciplinaria actualizada sobre el tema, que sin llegar a ser exhaustiva —como tampoco lo pretendieron los autores— resulta de indudable interés y valor.

ALEXIS RODRIGUEZ U.
CENTRO DE INVESTIGACION EN
CONTAMINACION AMBIENTAL—CICA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

NEMATODOS ASOCIADOS AL ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN COSTA RICA. II VARIACIONES
INTRAESPECIFICAS EN *Tylenchorhynchus annulatus* (Cassidy, 1930) Golden, 1971¹ /

R. LOPEZ CH.*
L. SALAZAR F.**

Summary

The relationship between the variability of 12 morphometric characters and ratios of Tylenchorhynchus annulatus and its geographical origin was studied in 12 populations collected from the four main rice producing zones of Costa Rica. Vulva position and the b and c ratios were the most stable characters, followed by an intermediate group of variable characters formed by esophagus length, tail length, stylet, maximum body diameter, number of tail annules and the c' ratio. Total body length, anal body diameter and the a ratio were the most variable characters among populations. No specific morphological variants within the species were detected in the different localities sampled since high variation was found among populations from the same locality as well as among populations from different areas.

Introducción

En un reciente reconocimiento de la nematofauna asociada al cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en las cuatro principales zonas productoras de Costa Rica, se encontró que una de las especies más frecuentes era *Tylenchorhynchus annulatus* (Cassidy, 1930) Golden, 1971 (*T. martini* Fielding, 1956), una de la especies de este género que sólo presenta hembras, la cual estaba presente en el 59% de los suelos analizados durante 1985 (R. López, L. Salazar, datos sin publicar). Esta especie tiene una amplia distribución geográfica, encontrándose asociada al cultivo del arroz en varios países de América, Asia y África (4)

En el transcurso del reconocimiento efectuado en Costa Rica se observó especímenes que variaban en tamaño según su origen geográfico, por lo que se con-

sideró de interés realizar esta investigación, con los objetivos de caracterizar varias poblaciones costarricenses de *T. annulatus* y determinar si esta especie posee variantes morfológicas específicas, v.g., que todas las poblaciones provenientes de un área geográfica determinada presenta una o más características morfológicas similares entre ellas pero que las diferencian de poblaciones provenientes de otras áreas, o si se trataba de dos o más especies del mismo género *Tylenchorhynchus* que predominan en las diferentes localidades agrícolas donde se cultiva arroz en Costa Rica

Materiales y métodos

Se colectó 12 poblaciones de *T. annulatus* en las cuatro principales zonas productoras de arroz en Costa Rica (Fig. 1). Algunas características ecológicas de los sitios en donde se colectó las poblaciones se presentan en el Cuadro 1. El suelo que contenía cada población fue trasladado al laboratorio donde fue homogeneizado para posteriormente obtener submuestras de 100 ml, las que fueron procesadas por el método de cernido y centrifugación en solución azucarada (5). Los nematodos recuperados fueron montados sobre una gota de agua destilada en un portaobjetos, relajados con calor y cubiertos con un cubreobjetos, el que fue posteriormente sellado con glyceel. Los nematodos fueron medidos con la ayuda de un dispositivo especial a 1 500X de magnificación, excepto la longitud total, la que fue medida a 150X. También se preparó ilustraciones de las regiones anterior y posterior del nematodo.

1 Recibido para su publicación el 16 de julio de 1986. Parte del proyecto 312-85-028 de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica. Los autores agradecen la financiación de la Vicerrectoría de Investigación de la UCR, así como la ayuda técnica del Sr. Justo Azoiteifa, la Sra. Cecilia Jinesta, el M.Sc. Freddy Sancho y la Srita. Carmen Gutiérrez.

* Beneficiario del CONICIT de Costa Rica

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



Fig. 1. Mapa de Costa Rica mostrando la localización aproximada de los sitios de colección de 12 poblaciones de *Tylenchorhynchus annulatus*

En cada población se midió la longitud total (L), el esófago, la cola, el estilete, el diámetro máximo del cuerpo, el diámetro anal, la posición de la vulva (expresada como porcentaje en relación a L), el número de anillos en la cola y se calculó las proporciones de la fórmula de De Mann: $a = (L/\text{diámetro máximo})$, $b = (L/\text{esófago})$, $c = (L/\text{cola})$, así como la proporción $c' = (\text{cola}/\text{diámetro anal})$ en 10 hembras de cada pobla-

ción. Una vez obtenidos los datos se calculó el valor promedio de cada característica y sus límites de confiabilidad a $P = 0.05$. Se calculó el coeficiente de variación (CV) de cada característica en cada población, para obtener un estimado de la variabilidad de las mismas dentro de cada población. Es de interés señalar que Bajaj y Bhatti (1), y Tarjan y Frederick (7), han considerado como estables a aquellas características que tienen un CV menor de 10%, mientras que CV mayores de 10% hacen que la característica sea considerada como variable.

Resultados

La forma general del cuerpo de las hembras es muy similar en todas las poblaciones sin detectarse diferencias apreciables entre ellas. La parte anterior (Fig. 2) tiene aproximadamente el mismo diámetro desde el nivel medio del procorpus hasta la base del esófago, pero se agudiza un poco entre el nivel medio del procorpus y la región cefálica, la que se caracteriza por tener tres anillos y por ser levemente arqueada o relativamente plana en su extremo anterior. El vestíbulo del estoma y su extensión son fácilmente visibles. El estilete tiene un cono punteagudo, una columna generalmente más gruesa que el cono y unos nódulos basales con los bordes anteriores inclinados hacia adelante. El procorpus es relativamente alargado y angosto. El bulbo medial es ovalado y tiene en el centro un aparato valvular desarrollado. El istmo es largo y angosto y está circundado por el anillo nervioso en su nivel medio o levemente anterior a éste. La porción basal del esófago delimita con el intestino y

Cuadro 1. Designación y algunas características ecológicas de los sitios de colección de 12 poblaciones de *Tylenchorhynchus annulatus* en Costa Rica.

Pob	Zona	Localidad	Clasificación ecológica	Elevación msnm	Tipo de suelo
1	Pacífico Sureste	La Cuesta	Bosque muy húmedo, premontano	22	Dystropept
2	Pacífico Sureste	4 km N.E. Ciudad Neilly	Bosque muy húmedo, tropical	20	Tropaquept
3	Pacífico Sureste	1 km S.O. Ciudad Neilly	Bosque muy húmedo, tropical	40	Ustropept
4	Pacífico Central	3 km N.E. Quepos	Bosque muy húmedo, premontano	8	Aquic Eutropept
5	Pacífico Central	Esterillos Oeste	Bosque muy húmedo, premontano	5	Aquic Tropaquept
6	Pacífico Central	El Silencio	Bosque muy húmedo, tropical	30	Typic Tropaquept
7	Pacífico Central	Punta Agujas	Bosque muy húmedo, premontano	10	Typic Dystropept
8	Guanacaste	Pelón de la Bajura	Bosque seco tropical,	10	Fluventic Ustropept
9	Guanacaste	5 km O. Liberia	Bosque seco tropical, transición a húmedo	90	Typic Pellustert
10	Guanacaste	La Palma, Abangares	Bosque seco tropical, transición de húmedo	40	Typic Pellustert
11	Atlántica	Maryland	Bosque muy húmedo, premontano transición a basal	10	Typic Tropaquept
12	Atlántica	Zent	Bosque húmedo tropical, transición a perhúmedo	18	Typic Tropaquept

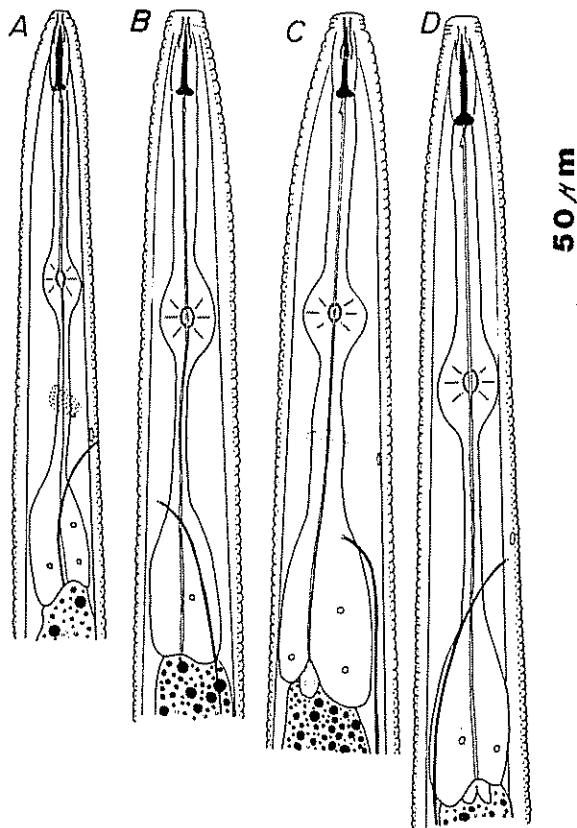


Fig 2 Parte anterior de especímenes de *Tylenchorhynchus annulatus* colectados en Maryland (A), La Palma de Abangares (B), El Silencio (C) y a 4 km N.E. de Ciudad Neilly (D).

tiene forma de un bulbo, en el cual a veces se distinguen los tres núcleos de las glándulas esofágicas, uno dorsal y dos subventrales. El cardia es visible en algunos especímenes y a veces da la impresión de constar de dos cortos lóbulos. El poro excretor se localiza generalmente a un nivel levemente superior a la parte anterior del bulbo basal del esófago. El ducto excretor es arqueado y no era discernible una vez que alcanza el nivel del intestino. El hemizonidio está localizado entre 2 a 8 anillos sobre el poro excretor y tiene una longitud de 1-2 anillos.

La cola (Fig. 3) es subcilíndrica, con un término liso y redondeado. Los fasmidios generalmente se localizan a la mitad de la cola, en la banda central de los campos laterales; éstos últimos constaban de tres bandas dos laterales y una central, y están delimitados por 4 incisuras, siendo las dos externas levemente crenadas. Tanto las incisuras externas como las internas se fusionan cerca del terminus

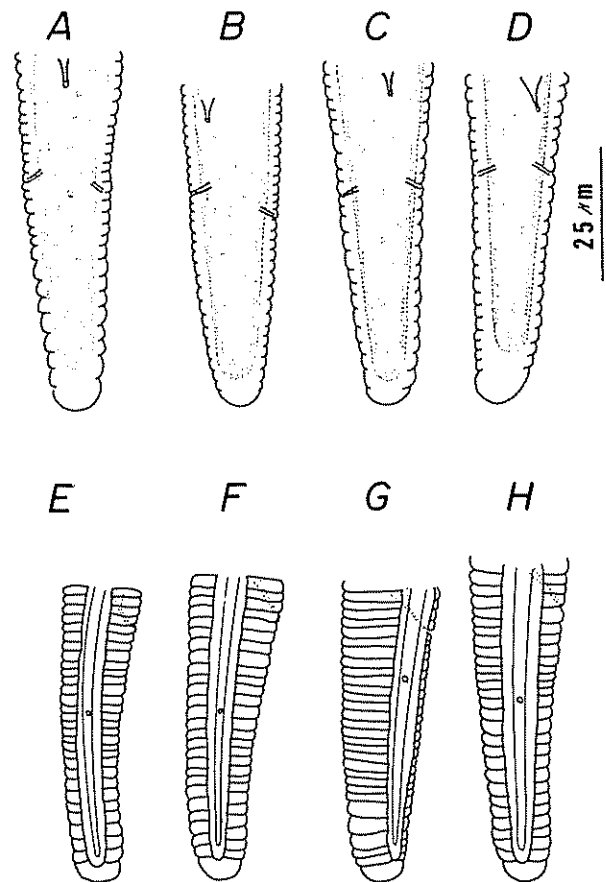


Fig 3. Vista central y lateral de colas de *Tylenchorhynchus annulatus* colectados en Zent (A), La Palma de Abangares (B), El Silencio (C), a 4 km N.E. de Ciudad Neilly (D), Maryland (E), La Palma de Abangares (F), Punta Agujas (G) y La Cuesta (H).

Los valores promedio y los límites de confiabilidad de cada una de las características evaluadas son ilustradas en las Figs. 4 a 6, mientras que en el Cuadro 2 se presentan los coeficientes de variación de cada característica en cada población. Basados en la coincidencia o no de los límites de confiabilidad de cada característica entre las 12 poblaciones estudiadas, se encontró que la posición de la vulva y las proporciones b y c fueron las características en que hubo mayor traslape. En contraposición con esto, la longitud total, la proporción a y el diámetro anal fueron las características en que la frecuencia en la coincidencia de sus límites de confiabilidad fue menor mostrando mayor variabilidad. La longitud del esófago, la cola, el diámetro máximo del cuerpo, el número de anillos en la cola, el estilete y la proporción c' constituyeron un grupo intermedio en cuanto a su variabilidad, ya que sólo en unas pocas ocasiones no hubo traslape de los valores de los límites de confiabilidad de cada característica entre las 12 poblaciones estudiadas.

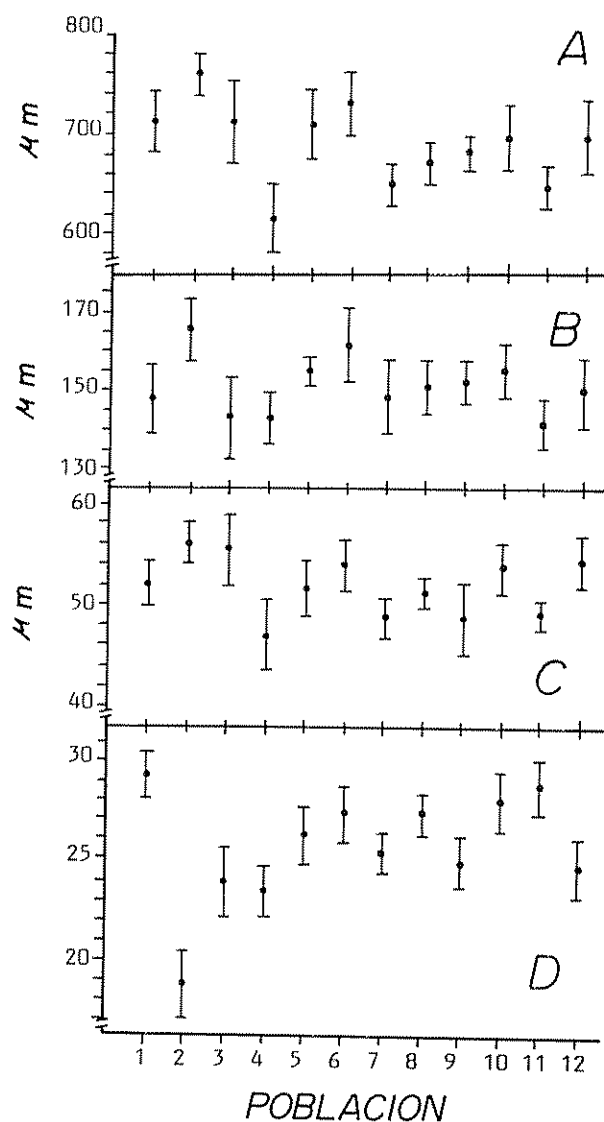


Fig 4 Valores promedio y límites de confiabilidad ($P = 0.05$) de la longitud total (A), el esófago (B), la cola (C) y la proporción a (D) en 12 poblaciones de *Tylenchorhynchus annulatus*.

Por otra parte, L, la posición de la vulva y el estilete tuvieron CV menores del 10% en todas las poblaciones, mientras que el CV del número de anillos en la cola sólo fue superior al 10% en la población 3. El CV del esófago fue de 10% en la población 7 y superior al 10% en la población 3; en las demás fue inferior al 10%. En el caso de la proporción a, los CV fueron superiores al 10% sólo en las poblaciones 2 y 3, mientras que en lo concerniente a la proporción c, los valores fueron superiores al 10% sólo en las poblaciones 1 y 9. Los CV de la cola fueron mayores al 10% en las poblaciones 3, 4 y 9, y los de la proporción b en el caso de las poblaciones 1, 6 y 7. En lo

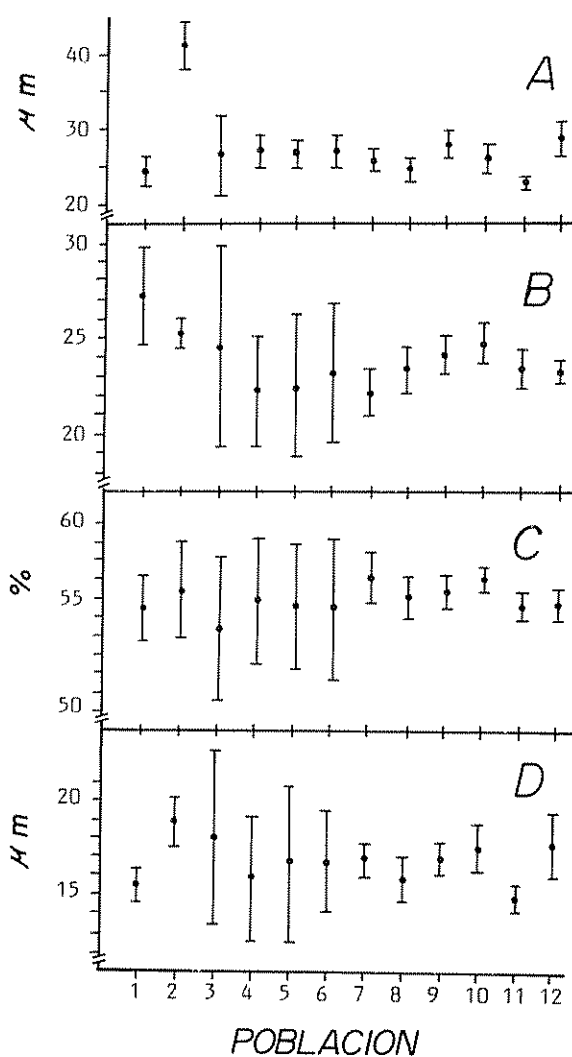


Fig 5 Valores promedio y límites de confiabilidad ($P = 0.05$) del diámetro máximo del cuerpo (A), el número de anillos en la cola (B), la posición de la vulva (C) y el diámetro anal (D) en 12 poblaciones de *Tylenchorhynchus annulatus*.

concerniente al diámetro máximo del cuerpo, el CV fue inferior al 10% sólo en las poblaciones 7, 8 y 11, mientras que en el caso del diámetro anal, este valor fue menor del 10% sólo en las poblaciones 1, 6, 7, 9 y 11. Finalmente, en el caso de la proporción c, el CV fue menor al 10% en las poblaciones 4, 5, 7, 8, 10, 11 y 12.

Discusión

La posición de la vulva y las proporciones b y c fueron las características más estables, mientras que L, el diámetro anal y la proporción a fueron las más variables. Por otra parte, la longitud del esófago, la cola, el diámetro máximo del cuerpo, el número de

Cuadro 2. Coeficientes de variación de 12 características morfológicas y proporciones en especímenes de 12 poblaciones de *Tylenchorhynchus annulatus* en Costa Rica.

Caracter	Población											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Medidas lineales												
Longitud total	7.0	4.4	9.4	9.2	8.0	6.7	5.2	5.1	4.1	7.5	5.6	8.4
Esófago	9.8	8.0	11.6	7.5	3.8	9.3	10.0	7.5	5.9	7.0	7.5	9.6
Cola	6.6	6.0	10.2	12.3	8.6	7.7	6.8	4.7	11.7	7.2	4.4	7.7
Estilete	3.6	5.0	4.4	6.1	3.7	4.0	5.3	7.2	9.6	3.7	4.9	4.6
Diámetro máximo	12.0	11.9	32.9	13.8	11.4	13.7	8.8	8.6	10.2	12.1	6.2	14.0
Diámetro anal	8.6	10.7	12.9	10.4	12.7	7.9	8.7	11.0	7.9	11.3	7.4	15.6
Proporciones												
a	6.6	14.4	11.2	8.4	8.4	8.7	6.4	6.0	8.0	8.8	7.1	9.7
b	15.3	8.6	8.0	7.4	6.7	11.4	11.4	6.7	6.8	7.2	7.3	9.8
c	12.5	4.7	7.6	8.7	4.8	6.6	5.6	4.6	11.9	4.1	5.2	4.2
c'	11.7	10.0	16.3	7.7	7.9	12.3	9.2	9.4	12.0	7.7	9.2	8.9
Porcentaje												
Posición de la vulva	4.9	1.3	3.5	2.9	3.0	3.4	6.2	2.9	2.3	1.7	2.1	2.1
Otro												
Número anillos en cola	7.6	4.8	11.0	6.6	8.4	8.0	8.8	8.7	7.4	6.8	6.6	7.4

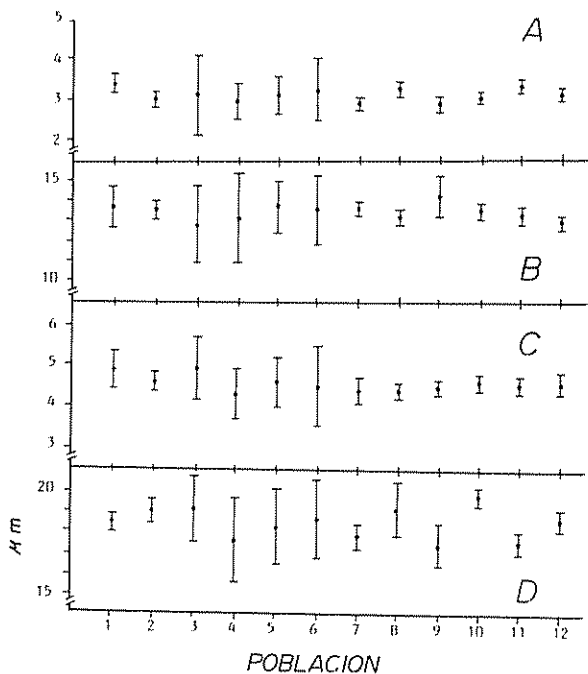


Fig 6 Límites de confiabilidad (P = 0.05) y valores promedio de las proporciones c' (A), c (B), b (C) y el estilete (D) de 12 poblaciones de *Tylenchorhynchus annulatus*

anillos en la cola, el estilete y la proporción c' fueron características intermedias en cuanto a su variabilidad. Al utilizar el CV como criterio calificador de la variabilidad y el valor de 10% usado por otros autores (1, 7) para diferenciar entre características estables y variables, se podría decir que L, la posición de la vulva, el estilete y el número de anillos en la cola fueron características estables, mientras que el diámetro máximo del cuerpo, el diámetro anal y la proporción c' fueron las características más variables. Las demás características podrían ser consideradas también como variables, aunque no en el mismo grado que las últimas tres. Como puede notarse, no siempre hubo coincidencia en los calificativos que recibieron algunas características según fuera el criterio calificador seguido; sin embargo, conviene aclarar que la coincidencia o no de los límites de confiabilidad fue un criterio que sirvió para estimar la variabilidad de las características entre las diversas poblaciones estudiadas, mientras que el CV sirvió para evaluar la variabilidad dentro de cada población.

Uno de los objetivos más importantes de este estudio fue determinar si las poblaciones colectadas en una zona podrían ser diferenciadas de las colectadas en otra u otras zonas mediante una o varias características, así como si existía variación en estas características entre poblaciones provenientes de una misma

zona. Al respecto se podría decir que, prácticamente en todas las variables no hubo coincidencia en los valores promedio pertenecientes a poblaciones colectadas en una misma zona, e incluso en algunas oportunidades ni siquiera coincidieron sus límites de confiabilidad. A manera de ejemplos de una situación frecuente, se pueden citar dos casos. En primer lugar, las poblaciones 4, 5, 6 y 7, colectadas todas en el Pacífico Central, tuvieron valores promedio de L que fueron diferentes entre sí; la diferencia entre el promedio de la población 4 y el de la 6 fue mayor que la existente entre este último y los correspondientes a las poblaciones 3 y 10, colectadas estas últimas en el Pacífico Sureste y Guanacaste, respectivamente. Los límites de confiabilidad de esta variable tampoco coincidieron entre las poblaciones 4 y 6, pero sí lo hicieron en el caso de las poblaciones 3, 6 y 10. El otro ejemplo es el de los valores de la proporción a. Los promedios de a fueron muy diferentes en las poblaciones 1, 2 y 3, colectadas todas en el Pacífico Sureste, y sus límites de confiabilidad tampoco coincidieron entre sí. Por otra parte, el promedio de la población 3 fue similar al de la población 4, colectada en el Pacífico Central, y sus límites de confiabilidad casi coincidieron completamente. También hubo casos en que los valores promedio de algunas variables e incluso sus límites de confiabilidad fueron totalmente diferentes entre poblaciones provenientes de diferentes zonas, v.g., L en la población 2 (Pacífico Sureste) y en la 7 (Pacífico Central) o la proporción a en la población 1 (Pacífico Sureste) y en la población 12 (Atlántica). Los resultados anteriores dan evidencia entonces de que hubo variación tanto al comparar entre sí poblaciones provenientes de una misma como de diferentes zonas. La posibilidad de que la localidad geográfica de una población hubiera originado variantes morfológicas específicas, que pudieran ser diferenciadas fácilmente de poblaciones provenientes de otras zonas, debe entonces ser descartada.

Los resultados aquí obtenidos concuerdan con lo indicado por Ferris (2), de que poblaciones de nematodos aislados geográficamente y que pertenecen a una sola especie nominal, a menudo difieren solo en su morfometría, frecuentemente con un traslape en sus medidas pero con diferentes valores promedios. Esta variabilidad de las poblaciones estudiadas podría ser causada por factores tales como: el cultivar de arroz, estado fenológico del cultivo, condiciones de microclima, factores pedológicos y por la composición genética de los organismos, ya fuera que actuaran independientemente uno de otro o que interaccionaran entre sí. Con base en este estudio sería muy difícil señalar aquellos factores que podrían haber ejercido su efecto en este caso.

Por otra parte, se comparó los valores aquí obtenidos para varias características con los informados previamente por varios autores para *T. annulatus* (2, 5, 7). En general, estos investigadores han encontrado también variaciones en los valores de L, el número de anillos en la cola y las proporciones a, b, c y c', tanto entre poblaciones como dentro de ellas.

El único caso en que hubo discrepancias fue con la proporción a, que tuvo valores promedio en las poblaciones costarricenses que variaron entre 18.7 y 28.8, mientras que Fielding (3) y Timm (8) encontraron valores de 31 en poblaciones de Louisiana, USA y Siddiqui (6) informó sobre valores de 34-35 en los paralelotipos de esta especie.

A pesar de que existe una gran variabilidad intraespecífica en poblaciones costarricenses de *T. annulatus*, ésta todavía no es de una magnitud suficiente como para considerar que existen variantes morfológicas u otras especies adicionales de este género en arrozales de Costa Rica. Además, la variabilidad de casi todas las características morfológicas evaluadas en este estudio, están dentro del ámbito encontrado en poblaciones de otras regiones geográficas.

Resumen

Se investigó si la procedencia geográfica había originado variantes morfológicas específicas en 12 poblaciones de *Tylenchorhynchus annulatus* colectadas en las cuatro principales zonas productoras de arroz en Costa Rica. La posición de la vulva y las proporciones b y c fueron los caracteres más estables entre poblaciones y fueron seguidos por un grupo intermedio en variabilidad, constituido por la longitud del esófago, la cola, el estilete, el diámetro máximo del cuerpo, el número de anillos en la cola y la proporción c'. La longitud total, el diámetro anal y la proporción a fueron las características más variables entre poblaciones. No se detectaron variantes morfológicas en las diferentes localidades en que se tomaron muestras, ya que hubo tanta variación entre poblaciones de una misma como entre poblaciones provenientes de diferentes zonas.

Literatura citada

1. BAJAJ, H.K.; D.S. BHATTI. 1984. New and known species of *Pratylenchus* Filipjev, 1936 (Nematoda: Pratylenchidae) from Haryana, India, with remarks on intraspecific variations. *Journal of Nematology* (EE UU) 16(4):360-367.

- 2 FERRIS, V R. 1983. Phylogeny, historical biogeography and the species concept in soil nematodes. In Concepts in nematode systematics. Ed by A.R. Stone, H.M. Platt, L.F. Khalil. New York. Academic Press. p. 143-161.
- 3 FIELDING, M J. 1956. *Tylenchorhynchus martini*, a new nematode species found in the sugarcane and rice fields of Louisiana and Texas. Proceedings of the Helminthological Society of Washington (EE UU) 56(1):47-48.
- 4 FORTUNER, R.; MERNY, G. 1979. Root-parasitic nematodes of rice. Revue de Nematologie (Francia) 2(1):79-102.
- 5 JENKINS, W R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Reporter (EE UU) 48:692.
- 6 SIDDIQUI, M R. 1976. *Tylenchorhynchus annulatus* (= *T. martini*). Commonwealth Institute of Helminthology. Descriptions of Plant Parasitic Nematodes. Set. 6, No. 85. 4 p.
- 7 TARJAN, A C.; FREDERICK, J J. 1978. Intra-specific morphological variation among populations of *Pratylenchus brachyurus* and *P. coffeae*. Journal of Nematology (USA) 10(2):152-160.
- 8 TIMM, R W. 1963. *Tylenchorhynchus trilineatus* n. sp. from West Pakistan with notes on *T. nudus* and *T. martini*. Nematológica (Holanda) 9:262-266.

Reseña de libros

HOBHOUSE, H. Seeds of change: five plants that transformed the world. London, Sedgwick and Jackson, 1984. 245 p.

¿Recuerdan los avisos de los libreros grandilocuentes sobre suntuosas ediciones de Libros que Cambiaron la Manera de Pensar de los Hombres? Yo los recuerdo, así como también haber reflexionado si el pensamiento de alguien había sido verdaderamente cambiado por, digamos *La Utopía* o *El Príncipe*. Ciertamente, el tenerlos en sus estantes podría cambiar lo que la gente piensa de ustedes. Pero esos libros no cambiarían lo que ustedes pensaban, ¿o no?

Seeds of Change ha cambiado la manera como pienso yo. Hobhouse ha contado con destreza la historia de las plantas que el subtítulo de su libro abarca, cinco plantas que transformaron la humanidad, y al hacerlo ha señalado toda una suerte de avenidas por las que se puede vagar a voluntad. No sería justo con él el tratar de parafrasear sus argumentos, porque es debido a su detallada preparación y excelente exposi-

ción que hace su tesis tan irresistible. A pesar de todo, y con el interés de persuadir a la gente a leer el libro, desearía ofrecer algunos bocadillos como aperitivo.

Sin la quinina, mucho del mundo hubiera permanecido imposible de trabajar y de gobernar por gente que llegase a esas partes. Si esto no fuera bastante, fue la búsqueda de alternativas sintéticas lo que condujo a la preeminencia de la industria química alemana y todo lo que ello significó.

Durante el cenit del comercio triangular, cuando los esclavos eran embarcados desde África hasta el Caribe para producir azúcar para exportar a Europa, una sola cucharadita de azúcar costaba seis minutos de la vida de un hombre el producirla. "En promedio, para dar azúcar a 250 hombres, mujeres y niños ingleses, un negro moría cada año".

El comercio del té con la China figura como uno de los más grandes casos de explotación lucrativa de todos los tiempos. El opio de la India compraba 40 veces su "valor" de té en la China. La porcelana china venía a Europa como lastre en los barcos del té. Y cuando los europeos consiguieron el secreto de la China, y el estado chino se desintegró bajo el peso de las

importaciones de opio, nosotros simplemente movimos la producción del té a la India y a Ceilán.

El algodón, al igual que el azúcar, "demandó" esclavitud. La guerra civil de los Estados Unidos fue peleada más por el algodón que por la esclavitud, y sin embargo, después de la guerra, sin esclavos y sin gran cambio en los procesos industriales, el algodón fue más barato que nunca.

Las papas salvaron a los irlandeses y también causaron su caída. Entre las naciones europeas, solo los irlandeses llegaron rápidamente a depender casi exclusivamente de la papa. Hobhouse señala al respecto la manera como los ingleses sacaron a los irlandeses de la poca tierra que era apropiada para los cereales. Las papas podían crecer donde ningún otro cultivo podía, pero cuando las papas fallaron, los irlandeses se morían de hambre.

Sin quinina, Gandhi no hubiera comenzado a trabajar como abogado al lado de los obreros hindúes conscriptos para las minas de Africa del Sur. Sin el té,

la civilización china hubiese perdurado hasta ahora. Sin azúcar y el comercio de esclavos, los europeos no sufrirían las enfermedades de la afluencia, que ahora les aquejan. Sin el algodón, ni Mohamed Ali ni Martin Luther King habrían sido norteamericanos distinguidos, lo mismo que el clan Kennedy podría haber permanecido en las ciénagas irlandesas si sus miembros no hubiesen dependido absolutamente de las papas.

Estas son algunas de las pepitas excavadas de **Seeds of Change**, y apenas puedo esperar la secuela, que examine los productos del viejo mundo: el trigo, el vino y el aceite.

Los profesionales podrían no aprobar la secuela de historia que se pregunta "¿qué tal si...?", pero no me importa. Hobhouse, como dije, cambió mi manera de pensar: dejemos que haga lo mismo con ustedes.

JEREMY CHERFAS
ASESOR CIENTIFICO
HOLBORN PUBLISHING GROUP
LONDRES, INGLATERRA

DIFFERENTIAL REQUIREMENTS AMONG TISSUE SOURCE IN
Solanum tuberosum L. ssp. *andigena* CALLUS CULTURES¹ /

S.J. OCHATT*
O.H. CASO*

Resumen

En este trabajo se discuten las diferencias en los requerimientos nutritivos y hormonales tanto para la inducción y proliferación de callo, como para la diferenciación y regeneración de plantas completas de *Solanum tuberosum* L. ssp. *andigena* cv. "Runa" a partir de tejidos de tubérculo, hoja y médula del tallo. También se detectaron diferencias en los requerimientos de intensidad lumínica para los tres tejidos. En tanto que los tejidos de tubérculo requirieron alta intensidad de luz, los de hoja crecieron mejor en oscuridad, y los de la médula del tallo cuando la intensidad lumínica empleada fue baja. El ácido alfa-naftalen acético (ANA), a razón de 20 mg/l resultó ser lo mejor para tejidos de tubérculo y hoja, mientras que el ácido 4-(indol-3-yl)acético (AIA) permitió mejores respuestas con cultivos de médula del tallo. El callo de tubérculo requirió 6-bencil aminopurina (BAP); sin embargo, los otros dos tejidos crecieron mejor con 6-furfuril aminopurina (Kin). Las mejores respuestas de regeneración se obtuvieron en una secuencia de dos pasos, i.e. el medio de Murashige y Skoog (MS) + 0.1 mg/l ácido 4-(indol-3-yl)butírico (IBA) + 1.0 mg/l BAP + 0.1 mg/l ácido giberélico (GA₃), seguido de un subcultivo más en MS + 0.5 mg/l GA₃, líquido y con agitación, independientemente del tejido originalmente cultivado.

Introduction

Solanaceous plants, and particularly the potato, have proved to be amenable to tissue culture techniques (1, 4, 5, 6, 9, 14, 15, 18). However, only a few papers have compared cultures from different sources in the same species (8, 17), or similar tissues from different species in a single genus (3).

This paper describes experiments comparing the hormonal and nutritional requirements of cloned lines of tuber, leaf and stem-pith tissues of *Solanum tuberosum* L. ssp. *andigena* in culture

The induction of differentiation from the cultures, and the further regeneration of complete plants in this species are also reported.

¹ Received for publication in November 1985
The authors would like to thank Ing. Agr. E. Rojas for the supply of plant materials, and Aurora Fueyo for the skillful technical cooperation.

* Centro de Ecofisiología Vegetal (CONICET-FECIC-FUND. M. LILLO). Serrano 665. 1414 Capital Federal. Argentina.

Material and methods

Solanum tuberosum L. ssp. *andigena* cv. "Runa" plant, grown in a chamber with a temperature of 25 ± 1°C and a photoperiod of 14 h light from HPL-N lamps (400 W) were used as the source of explants.

The initial explants for culture were: a) tuber discs 7 mm in diameter and 3 mm thick; b) 25 mm² internodal leaf sections; and c) 0.125 cm³ stem-pith prisms.

The various explants were cultured on different basal media (BM):

- a) Tuber explants were cultured on BM containing Murashige and Skoog's (MS) mineral salts (11) at 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2 and 1.4-fold during preliminary assays. The MS 1.2-fold was found best for callus induction, regardless of other addenda. However, for proliferation, better growth was achieved on BM where the mineral salt concentration was reduced to MS 1.0-fold. Each one of these salt concentrations was supplemented with either MS, Nitsch and Nitsch (12) or Gamborg (2) organics. Growth regulators were added as auxins:

cytokinins: gibberellins (in mg/l): 0.4:8:0.4 or 2.0:0.5:0.0.

- b) Leaf explants were grown on BM containing MS or Miller (10) mineral and organic components, and supplements of 1.0, 2.0 or 5.0 mg/l auxins combined with 0.5 mg/l cytokinins.
- c) Stem-pith explants were cultured on MS or Miller formulae, supplemented with 2.0 mg/l auxins and 0.5 mg/l cytokinins.

The growth regulators tested were NAA (1-naphthalene acetic acid), IBA (4-indole-3yl)butyric acid), IAA (4-indole-3yl)acetic acid) or 2.4-D (2.4-dichlorophenoxyacetic acid) as auxins, BAP (6-benzylaminopurine) or Kin (6-furfurylaminopurine) as cytokinins, and gibberellic acid (GA_3).

Media were autoclaved for 20 min at 1.013×10^5 Pa, after adjusting the pH to 5.8 with 1 N KOH.

The culture vessels were 20 x 120 mm tubes with 10 ml medium each for callus induction and proliferation, and either 250 ml flasks with 30 ml semisolid medium each or 150 ml Erlenmeyer flasks with 15 ml medium each for differentiation and regeneration assays. Cultures in liquid media were agitated at 90 excursions per min on a reciprocal shaker, as recommended by Roca *et al.* (14).

The cultures were grown at a constant temperature of $24 \pm 1^\circ C$, and under three different light regimes: a high light intensity (irradiance of $1.8 W/m^2$), a low light intensity (irradiance of $0.095 W/m^2$), both with a 16 h light/8 h dark photoperiod from cool white fluorescent tubes, and in the dark.

Each medium and culture condition tested included at least 5 replications, and experiments were repeated twice. Cultures were transferred every 30 days.

The results obtained in callus growth were assessed through a subjective scale ranging from 0 (without response) to 4 (massive callus proliferation). The regeneration tests were evaluated by the phenotypic normality of regenerated plants.

Results and discussion

a. Tuber callus

A differential requirement for organic compounds was found. In fact, the tissues proliferated best on media with Nitsch's organics. With Gamborg's organics, only a minute callus was formed at the cut surface,

whereas MS yielded intermediate responses. The importance of organics on *in vitro* responses of potato tissues was raised by Jarret *et al.* (6), and Nitsch's organics had previously been reported as suitable for tuber cultures (7, 16).

The best results were observed on BM supplemented with 2.0 mg/l NAA and 0.5 mg/l BAP. Despite previous reports (7, 16), in our experiments, when the BM was supplemented with 0.4 mg/l auxins + 0.8 mg/l cytokinins + 0.4 mg/l GA_3 , no callus tissues suitable for further proliferation after subculture were obtained. Furthermore, when any auxin other than NAA was tested, no callus proliferation occurred. This result contrasts data by Wang and Huang (17), where 2.4-D was the best auxin to support callus growth.

Regarding cytokinin effects, whenever Kin was added to the BM, even with 2.0 mg/l NAA, only localized callus proliferation was observed.

The best results were obtained under high light intensities, whereas low light intensity or dark conditions always resulted in poor callus proliferation.

After the third subculture, several dark green, nodular portions appeared in the cultures; however, no bud or root differentiation occurred when these calli were subcultured on the same medium. Media containing 0.1 mg/l GA_3 , with auxin concentrations were reduced or omitted and cytokinin augmented, were tested for regeneration.

Runa calli differentiated buds and roots on media supplemented with (mg/l) 0.1 IBA, 1.0 BAP and 0.1 GA_3 , thirty days after transfer (Fig. 1). These structures were capable of regeneration upon transfer to a similar fresh medium. No further addition was needed for organogenesis; however, GA_3 was found to be essential, and BAP stimulatory. These results support data by Jarret *et al.* (5, 6) with *S. tuberosum* L. spp. *tuberosum* cultures. Tuberization was also detected on this medium (Fig. 2).

The regenerated plants always had short internodes and small leaves, with one or more irregularly growing stolons at each node (Fig. 3), as previously reported elsewhere (7, 16). Although these plants were able to survive and resume a normal phenotype upon transfer to soil, a new experiment performed to test agar and GA_3 effects on internode elongation and leaf expansion.

When 1 cm long nodes from those abnormal regenerants were transferred to 15 ml liquid BM with 0.5 mg/l GA_3 , leaf expansion and a normal internode

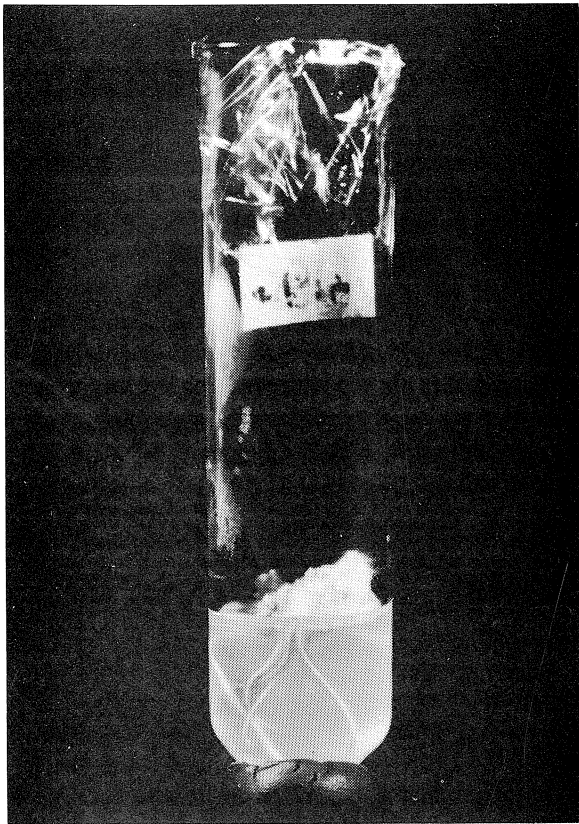


Fig. 1. Runa tuber callus showing regeneration of roots and buds.

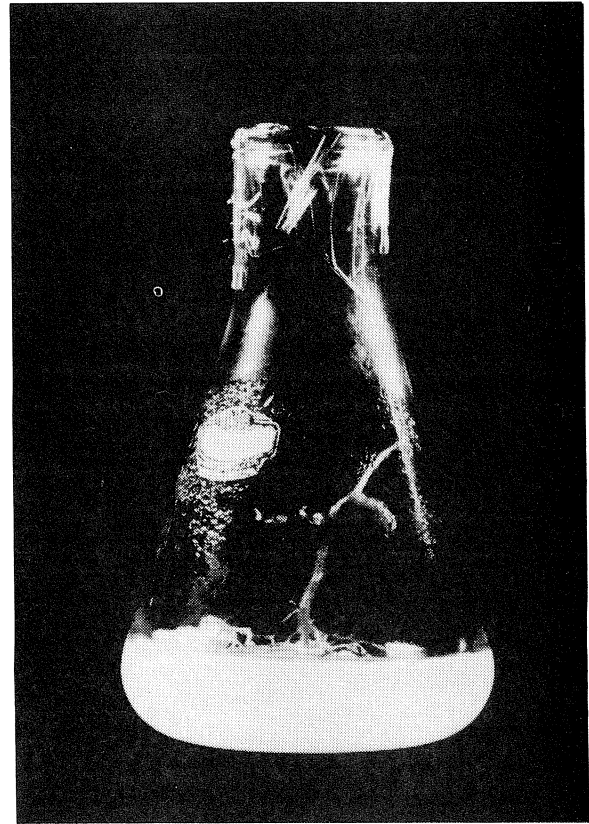


Fig. 2. Spontaneous tuberization of stolons regenerated from tuber callus.

length were obtained after 10 days, thus supporting data for potato (14) and oca (13) cultures.

b. Leaf callus

NAA at 2.0 mg/l was the best type and concentration of auxin (Table 1), as had been the case with tuber tissues. This results contrasts previous reports where both *S. tuberosum* L. spp. *tuberosum* and *S. acaule* leaf callus were obtained on media with 2.4-D (3, 17). The best responses were detected on BM with MS salts and 0.5 mg/l Kin, supporting data by Meins and Lutz (8), who found cloned lines of leaf, stem-cortex and pith tissues of tobacco to exhibit different cytokinin requirements. The cultures grew best under dark conditions, a result similar to those of Gavinlertvatana and Li (3).

In contrast to our results with tuber tissues, neither of the media tested for callus induction and proliferation permitted any differentiation after three subcultures. Therefore, as alternative media, the BM was supplemented with 0.0, 0.1, 0.5 or 1.0 mg/l NAA combined with 0.5, 1.0 or 2.0 mg/l Kin.

After 30 days culture under dark conditions on the BM without auxins and with 0.5 mg/l Kin added, differentiation of many roots and meristematic nodules was detected.

Further increases in the concentration of Kin up to 2.0 mg/l resulted only in tissue browning without any growth of the differentiated structures. However, when media were supplemented with 5.0 mg/l Kin and cultures transferred from dark to high light intensity conditions, plants were successfully regenerated. The effects of light intensity on organogenesis were also described elsewhere (17).

The media and culture conditions described for tuber regenerants proved suitable for obtaining normal plants from leaf calli.

c. Stem-pith callus

Differential requirements among tissue sources were apparent after 30 days in culture (Table 2). The best BM for callus induction and proliferation from Runa stem-pith explants contained MS formula

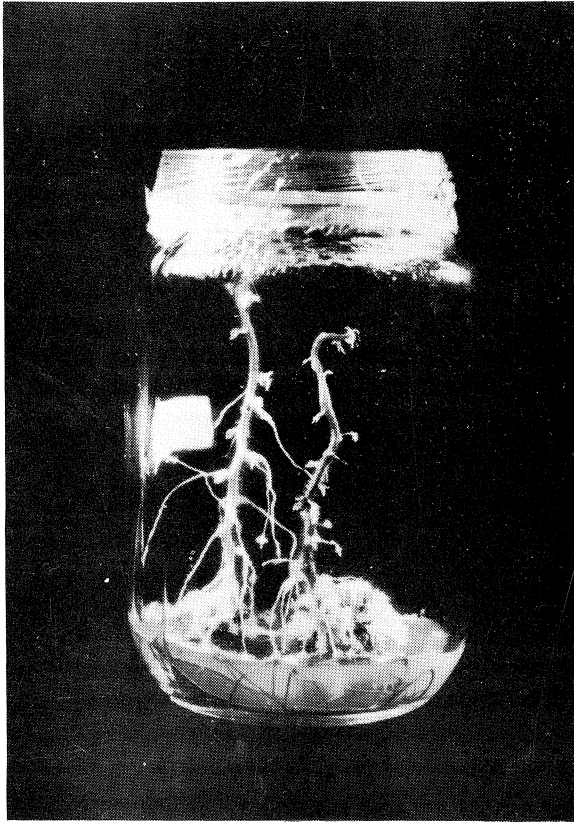


Fig. 3. Phenotypic appearance of a plant regenerated from tuber callus on a medium with Murashige and Skoog salts, Nitsch organics, and (mg/l) = 0.1 IBA; 1.0 BAP and 0.1 GA₃.

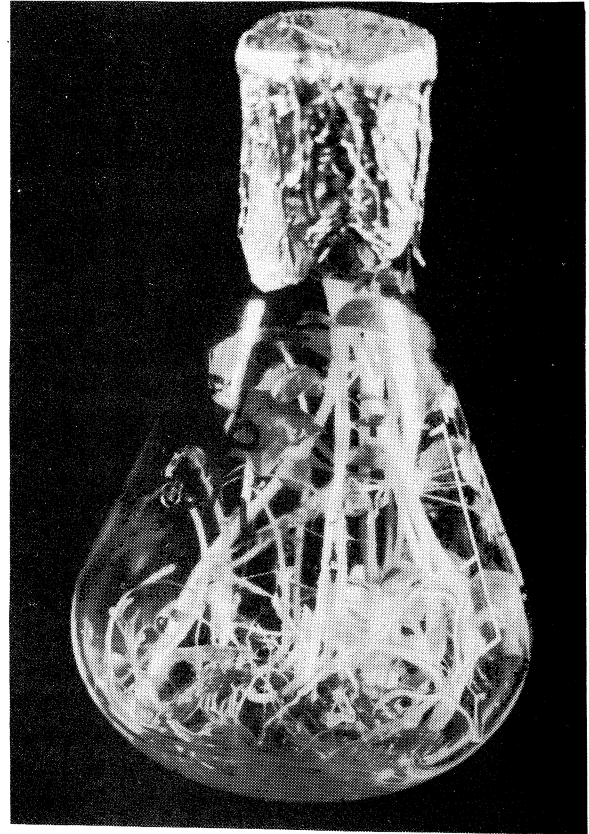


Fig. 4. Node plants regenerated from stem-pith callus on a liquid Murashige and Skoog medium with 0.5 mg/l GA₃, after 10 days in shaken culture.

Table 1. *Solanum tuberosum* L. spp *andigena* c.v. "Runa" leaf callus proliferation on different culture media.

Type	Auxins concentration (mg/l)	Cytokinins (0.5 mg/l) and mineral salts*			
		BAP		Kin	
		M	MS	M	MS
NAA	1.0	1**	2	1	2
	2.0	3	3	3	4
	5.0	1	0	0	0
IBA	1.0	0	1	0	1
	2.0	1	1	1	2
	5.0	1	2	1	2
IAA	1.0	0	1	0	1
	2.0	1	2	2	3
	5.0	1	1	1	1
2,4-D	1.0	0	1	0	1
	2.0	2	2	2	3
	5.0	0	1	1	2

* MS: Murashige and Skoog; M; Miller.

** The growth was assessed from 0 (no growth) to 4 (massive growth).

Table 2. Runa stem-pith callus proliferation on media containing Murashige and Skoog (MS) or Miller (M) mineral salts supplemented with 2.0 mg/l either auxin and 0.5 mg/l cytokinin.

	Auxins	Cytokinin		
		BAP	Kin	
	M	MS	M	MS
NAA	0*	1	1	2
IBA	0	1	1	2
IAA	2	2	3	4
2,4-D	1	1	1	2

* Growth was assessed from 0 (no growth) to 4 (massive growth)

supplemented with IAA and Kin. When Miller salts and any auxin other than IAA were tested, results ranged from localized to zero callus formation, thus contrasting data by Wang and Huang (17). The best culture condition for stem-pith tissues was a low light intensity, with dark as the worst; high light intensity gave an intermediate response on all the hormonal combinations tested. After several subcultures on this medium, roots and meristematic nodules spontaneously differentiated from the callus tissue

Both regeneration and normality were obtained on the media and conditions described for tuber and leaf cultures, i.e. MS salts with supplements of (mg/l) 0.1 IBA, 1.0 BAP and 0.1 GA₃ as the only hormone in shaken culture (Fig. 4). Additionally, as was the case with leaf cultures, an increase in light intensity (transfer of cultures from low to high light intensity) promoted organogenesis

To date, no phenotypic variations were detected in the regenerated plants after transfer to soil, irrespective of the tissue source. Nevertheless, experiments are under way to determine if any genetic alteration occurred.

Summary

The differences in nutritional and hormonal requirements both for callus induction and proliferation, and for differentiation and regeneration of complete *Solanum tuberosum* L. spp. *andigena* cv "Runa" plants from tuber, leaf and stem-pith tissues are discussed. Differences in light intensity requirements for the three tissue sources were also detected. Whereas tuber tissues needed a high light intensity, leaf tissues grew best in the dark, and stem-pith

tissues liked with low light intensity. NAA (1-naphthalene acetic acid) at 2.0 mg/l proved best for tuber and leaf tissues, while IAA 4-(indole-3-yl) acetic acid yielded better results with stem-pith cultures. Tuber calluses needed BAP (6-benzylaminopurine), whereas the other two sources grew better with Kin (6-furfuryl aminopurine). A two-stepped sequence on Murashige and Skoog's formula (MS) + 0.1 mg/l IBA 4-(indole-3-yl) butyric acid + 1.0 mg/l BAP + 0.1 mg/l GA₃ (gibberellic acid), followed by MS + 0.5 mg/l GA₃ in liquid shaken culture yielded the best regeneration responses, regardless of the tissue source.

Literature cited

1. DUNWELL, J.M.; SUNDERLAND, N. 1973. Anther culture of *Solanum tuberosum* L. *Euphytica* 22:317-323.
2. GAMBORG, O.L.; MILLER, R.A.; OJIMA, K. 1968. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. *Experimental Cell Research* 50:151-158.
3. GAVINLERTVATANA, P.; LI, P.H. 1980. The influence of 2,4-D and kinetin on leaf callus formation in different potato species. *Potato research* 23(1):115-120.
4. HENSHAW, G.G.; O'HARA, J.F.; WESTCOTT, R.J. 1980. Tissue culture methods for the storage and utilization of potato germplasm. In *Tissue culture methods for plant pathologists*. Ed. by D.S. Ingram, J.P. Helgeson. 71-76. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

5. JARRET, R.L.; HASEGAWA, P.M.; ERICKSON, H.T. 1980a. Effect of medium components on shoot formation from tuber discs of potato. *Journal American of Society Horticulture Science*. 105(2):238-242
6. JARRET, R.L.; HASEGAWA, P.M.; ERICKSON, H.T. 1980b. Factors affecting shoot initiation from tuber discs of potato. *Physiology Plant* 49(2):177-184.
7. LAM, S.L. 1975. Shoot formation in potato tuber discs in tissue culture. *American Potato Journal* 52:103-106.
8. MEINS, F. Jr.; LUTZ, J. 1979. Tissue specific variation in the cytokinin habituation of cultured tobacco cells. *Differentiation* 15:1-6
9. MELLOR, F.C.; STACE-SMITH, R. 1976. Virus-free potatoes by tissue culture. In *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* Ed. by J. Reinert, Y.P.S. Bajaj. 616-635. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
10. MILLER, C.O. 1963. Kinetin and kinetin-like compounds. In *Moderne methoden der Pflanzennanalyse*, Vol. VI, Ed. by K. Paech, M.V. Tracey, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York: 194-202.
11. MURASHIGE, T.; SKOOG, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiology Plantarum* 15:473-497.
12. NITSCH, J.P.; NITSCH, C. 1969. Haploid plants from pollen grains. *Science* 163:85-87.
13. OCHATT, S.J.; CIAI, A.A.; CASO, O.H. 1986. Tissue culture techniques applied to native American crops: Micropropagation of oca (*Oxalis tuberosa* Moll.), and Andean tuber-bearing species. *Turrialba* 36(2).
14. ROCA, W.M.; ESPINOZA, N.O.; ROCA, M.R.; BRYAN, J.E. 1978. A tissue culture method for the rapid propagation of potatoes. *American Potato Journal* 55:691-701.
15. SHEPARD, J.F. 1980. Mutant selection and plant regeneration from potato mesophyll protoplast. In *Genetic improvement of crops - Emergent Techniques*. Ed. by I. Rubenstein, B. Gengenbach, R.L. Phillips, C.E. Green. 185-219. University Minnesota Press, Minneapolis.
16. SKIRVIN, R.M.; LAM, S.L.; JANICK, J. 1975. Plantlet formation from potato callus in vitro. *Horticulture Science* 10(4):413.
17. WANG, P.J.; HUANG, L.C. 1975. Callus cultures from potato tissues and the exclusion of potato virus X from plants regenerated from stem tips. *Canadian Journal of Botany* 53:1565-1567.
18. WESTCOTT, R.J.; GROUT, B.W.W.; HENSHAW, G.G. 1977. Tissue culture storage of potato germplasm: culture initiation and plant regeneration. *Plant Science Letter* 9:309-315.

PRODUCCION DE MAIZ, FRIJOL Y CALABAZA EN UN SISTEMA HIDRAULICO DE CHINAMPA¹ /

E. MUÑOZ*

Summary

*The objective of this study was to evaluate productivity of corn (*Zea mays* L., Tuxpeño variety), beans (*Phaseolus vulgaris* L. Xilotepec variety) and squash (*Cucurbita pepo* L., Gray Zucchini variety) grown singly and in association in experimental chinampas. Weed growth in each system was also assessed*

Two density treatments were used in each association 25 000 plants/ha (5 000 of bean and 10 000 each of corn and squash) and 31 250 plants/ha (6 250 of bean and 12 500 each of corn and squash). When grown singly, densities of 12 500 plants/ha were used for beans and 25 000 plants/ha were used for corn and squash. Plantings were arranged in a randomized block design with four repetitions of each treatment

The results of the study of reveal that mixed plantings were superior to monocultures in terms of LER (Land Equivalent Ratio), and reduced weed growth. However, total yield/crop was greatest when each species was grown in pure cultures.

Introducción

En América tropical existen amplias zonas que permanecen parcial o totalmente inundadas la mayor parte del año, lo que dificulta su aprovechamiento agrícola. Como respuesta, una rama de la investigación astronómica se orienta hacia el diseño de alternativas tecnológicas que permitan incorporar las zonas pantanosas a la producción agrícola. Una de las alternativas prometedoras para la producción en las zonas inundadas, son las chinampas (7). La palabra chinampa, del nahuatl "chinamitl" que significa "seto o cerco de varas de caña, cercado hecho de palos o varas entrelazadas" (13), es un sistema agrícola reliquia viva de las técnicas del México prehispánico (16), que consiste de pequeños islotes construidos artificialmente cercanos a lagos de poca profundidad, utilizan-

do alternadamente el lodo sacado de los canales y la vegetación acuática, para elevar y abonar la tierra (10)

Tradicionalmente el manejo de las especies cultivadas en el sistema chinampero ha sido en base a los cultivos asociados con diferentes arreglos topológicos tanto verticales como horizontales. Entre las ventajas de los cultivos asociados se han señalado, principalmente: a) uso máximo de los recursos, que permite la obtención de una más variada producción total por unidad de área y tiempo; b) mayor protección del suelo contra la erosión; c) disminución de la proliferación de arvenses y, d) menor incidencia de plagas y enfermedades (1, 6, 8, 11).

Se desarrolló esta investigación con el objetivo de evaluar la producción de maíz, frijol y calabaza y, de estudiar comparativamente, el grado de proliferación de arvenses tanto en asociación como en unicultivo.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en las chinampas experimentales de la Estación Biológica "Morro de la Mancha" del Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, INIREB, situado en el Estado de Veracruz sobre la costa del Golfo de México (96°22'40" de longitud Oeste y 19°36' de latitud Norte), a una altitud de 8 m s.n.m. El clima de la

¹ Recibido para publicación el 20 de setiembre de 1985. El autor agradece al M. en C. Alberto Daniel Golberg por la asesoría inicial, al Dr. Charles Peters, quien fungió como asesor en la mayor parte del trabajo y a la M. en C. Laura Snook por la revisión crítica del texto. También a la Dra. Margarita Soto Esparza, por el decidido apoyo para la realización de la presente investigación.

* Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, INIREB, Xalapa, Veracruz, México

Estación es cálido subhúmedo, con una temperatura media anual entre 22 y 26°C (máxima 34°C y mínima 16°C) y una precipitación media anual que oscila entre los 1 200 y 1 500 mm (4). El suelo corresponde a un Regosol eútrico (14) de textura arenosa, siendo específicamente para la chinampa, migajón-arcilloso-arenoso.

El subsistema de cultivos estuvo constituido por maíz (*Zea mays* L. var. Tuxpeño), frijol negro de crecimiento indeterminado (*Phaseolus vulgaris* L. var. Xilotepec) y calabaza de mata (*Cucurbita pepo* L. var. Zucchini gray). Se trata de una combinación de cultivos tradicionalmente utilizadas en la cual las especies comparten el mismo espacio horizontal, aunque diferentes niveles, en forma vertical (17).

Los tratamientos consistieron de asociaciones de 25 000 plantas/ha (AS1) (5 000 de frijol, 10 000 de maíz y 10 000 de calabaza) y 31 250 plantas/ha (AS2) (6 250 de frijol, 12 500 de maíz y 12 500 de calabaza); además se incluyeron cultivos puros de frijol (12 500), maíz (25 000) y calabaza (25 000). Se manejaron las anteriores densidades de siembra para mantener la proporción de plantas/especie (2 plantas de maíz: 1 planta de frijol: 2 plantas de calabaza) utilizadas por los agricultores de la región. Los cultivos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones. El tamaño de las parcelas fue de 45 m² (9 m x 5 m), fijándose una parcela útil de 32 m² (8 m x 4 m). Las densidades utilizadas se obtuvieron con un arreglo de siembra a 80 cm (entre surco) por 100 cm (sobre surco), con dos semillas por golpe para maíz y calabaza y una para frijol. La siembra se efectuó directamente a la chinampa y sin la utilización de fertilizantes el 28 de junio de 1983.

Las variables analizadas fueron: altura, biomasa y rendimiento (en peso seco para el maíz y frijol y fresco para la calabaza) de cultivos y biomasa de arvenses (peso seco). Los datos obtenidos fueron procesados mediante el paquete estadístico de BIOMED (2), efectuándose análisis de varianza y pruebas de rango-múltiple de Duncan, considerando la diferencia significativa si $p < 0.05$ y altamente significativa si $p < 0.01$.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se muestran los resultados de altura, biomasa total y por partes: rendimiento y la relación biomasa reproductiva/biomasa total por planta. Como se muestra en este cuadro, la altura del maíz y de la calabaza presentan diferencias significativas entre los sistemas de asociación (AS1 y AS2) y unicultivo (U). En asociación el maíz incrementa su altura con respecto al unicultivo, sucediendo lo contrario

para la calabaza. Estos resultados se deben, probablemente, a los diferentes grados de competencia por luz entre las especies. Con el aumento de la densidad en asociación, ninguno de los tres cultivos se ve afectado en su altura.

En la producción de biomasa total/planta, los tres cultivos presentan diferencias significativas entre los sistemas de unicultivo y los de asociación, aunque solamente la biomasa del maíz se incrementó en asociación con respecto al cultivo puro (U). Con el aumento de la densidad de asociación, el frijol incrementó su producción de biomasa total/pl en un 110%, mientras que la calabaza la disminuye en un 45%.

Para los rendimientos/pl del maíz y la calabaza, no hubo diferencias significativas entre los sistemas de asociación y unicultivo. El frijol en las asociaciones incrementa su rendimiento/pl con la densidad, aunque el valor máximo no es significativamente diferente con el del unicultivo a pesar de la mayor competencia implicada en AS2 (12 500 pl/ha vs 31 250 pl/ha). Los valores absolutos en rango no estadístico, disminuyen para el maíz y la calabaza con el aumento de la densidad de asociación.

De la relación biomasa reproductiva/biomasa total por planta, que expresa la energía dedicada por la planta a la reproducción, se observa que únicamente el frijol asigna cantidades significativamente diferentes por sistema y tratamiento, disminuyendo la producción de biomasa dedicada a la reproducción en asociación y con la mayor densidad de siembra.

Al analizar los anteriores datos de altura, biomasa total, rendimiento y la relación biomasa reproductiva/biomasa total por planta, parece que de los tres cultivos es el maíz el que más se beneficia de la condición asociada con respecto al unicultivo. Su altura, biomasa total/pl, biomasa de tallos, hojas y raíces por planta, alcanzan sus mayores valores en AS2, la mayor densidad de siembra (31 250 pl/ha) en asociación con frijol y calabaza. Esto indica la alta capacidad competitiva del maíz en asociación. Por lo tanto, su producción de grano/pl no es significativamente diferente en los tres tratamientos. El frijol es el cultivo que mejor responde a los incrementos en la densidad de asociación, tanto para la producción de hojas y raíces, como para la producción de biomasa reproductiva/pl (grano y vainas). Esto puede deberse a que el frijol al disponer naturalmente de más nitrógeno que los otros cultivos, responde mejor a la competencia inter-específica por luz y nutrientes, dedicando mayor energía al desarrollo vegetativo, como lo demuestra su aumento en un 262%. El frijol en la baja densidad de asociación (AS1), se ve afectado en la producción de biomasa total/pl (biomasa de tallos, hojas,

raíz, vaina, y grano), probablemente por el mayor grado de competencia que sufrió la calabaza a esta densidad, como lo demuestra su producción de biomasa de hojas y raíz por planta.

Las bajas densidades de asociación parecen favorecer los incrementos tanto de biomasa total como de rendimiento/pl de calabaza, aunque la no significancia de las diferencias en los rendimientos/pl para los diferentes tratamientos, se puede deber a su cuantificación en peso fresco. Esto resulta posiblemente del efecto de la competencia interespecífica por luz y nutrientes, puesto que la competencia por agua entre los cultivos fue mínima, dado la disponibilidad de este recurso a través de la lluvia y desde los canales de la chinampa (nivel freático 45 cm).

Con respecto a la incidencia de arvenses (Fig 1), ésta es mayor en los monocultivos que en los sistemas asociados, tendencia ya encontrada por Soria *et al.* (15). El frijol que se sembró solo presentó la mayor incidencia de arvenses, tal vez como efecto de las bajas densidades utilizadas. En las siembras asociadas esta incidencia disminuye al incrementar la densidad de siembra, hecho que es de esperarse, puesto que hay una mayor cobertura de los cultivos sobre el suelo y mayor competencia inter-específica.

En el Cuadro 2, se muestran los rendimientos e Índice de Uso Equivalente de Tierra (UET) por sistema. El UET es un índice que mide la superficie que habría de emplearse bajo el sistema de referencia (monocultivo), considerado el 100% posible por su mayor rendimiento/ha, para lograr una producción equivalente a la obtenida en el sistema evaluado (asociación) (9). Se calcula sumando los cocientes de la relación entre el rendimiento de un cultivo sembrado asociado (r_a) y el rendimiento del cultivo sembrado puro (r_p), en condiciones ambientales razonablemente parecidas

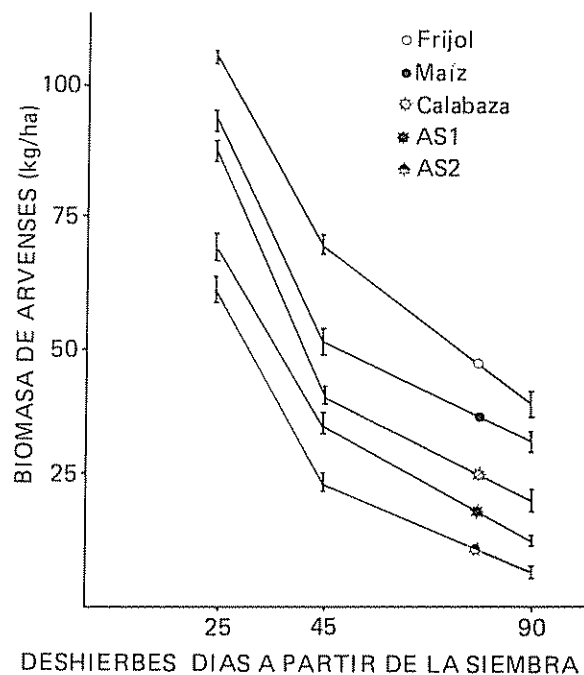


Fig 1. Biomasa de arvenses (peso seco) extraída en cada deshierbe en sistemas de monocultivo (frijol, maíz, calabaza) y de asociación (AS1, AS2) durante el experimento.

($UET = r_a/r_p$) (5). Al comparar los rendimientos totales de grano y fruto en los sistemas asociados, se observó que éstos son menores que el 100% por cultivo en los sistemas asociados, lo cual ha sido señalado por otros autores (3, 12). La explicación de los menores rendimientos en los sistemas asociados con respecto a los monocultivos es el incremento de la competencia inter-específica. Por ejemplo, el rendimiento por sistema de maíz en asociación disminuye entre un

Cuadro 1. Altura, biomasa total y por partes, rendimiento y biomasa reproductiva/biomasa total por planta.

Cultivos	Tratamientos	Altura (cm)	Biomasa total (g/pl)	Rendimiento (g/pl)	Vaina (g/pl)	Ráquis (g/pl)	Brácteas (g/pl)	Pedúnculo (g/pl)	Tallo (g/pl)	Hojas (g/pl)	Raíz (g/pl)	Biom reprod/biom (%)
Maíz	U	238 1 a	457 0 b	262 0 a		3 4 c	13 0 a	1 3 a	107 0 b	48 0 c	22 06 c	61 a
	AS1	270 1 b*	533 0 a	344 0 a		5 0 b**	17 0 a	1 7 a	87 0 c**	52 0 b**	26 00 b**	69 a
	AS2	261 2 b	587 0 a	337 0 a		5 4 a	20 2 a	1 7 a	114 0 a	77 7 a	30 50 a	62 a
Frijol	U	236 4 a	240 0 b	196 0 a	4 4 c							84 a
	AS1	264 5 a	180 0 c**	132 0 b**	6 2 b**							74 b**
	AS2	256 2 a	380 0 a	197 0 a	8 5 a							54 c
Calabaza	U	35 2 a	16 0 b	11 0 a								69 a
	AS1	27 3 b*	22 0 a*	16 0 a								73 a
	AS2	24 3 c	12 0 c	9 0 a								75 a

U = monocultivo (frijol = 12 500 pl/ha, maíz = 25 000 pl/ha, calabaza 25 000 pl/ha). AS1 = asociación 25 000 pl/ha. AS2 = 31 250 pl/ha. Para cada grupo los valores seguidos de las mismas letras no representan diferencias significativas ($P < 0.05$)

* = Significativo al 5%
** = Significativo al 1%

Cuadro 2. Rendimiento total e índice de uso equivalente de tierra por sistema.

Sistemas	Producción de grano-fruto			
	Rendimiento (t/ha)			UET
Cultivos	M	F	C	%
Densidades [#]	(%)	(%)	(%)	
M25	6 25 a			100
	100			
F 12 5		2 46 a		100
		100		
C25			0 27 a	100
			100	
M10 + F5 + C10	3 43 b	0 65 c	0 16 b	138
	52 3	26 4	59 3	
M12 5 + 1 6 25 + C12 5	4 21 b	1 23 b	0 11 b	155
	64 0	50 0	41 0	

* La cifra suscrita a las letras (M=maíz, F=frijol, C=calabaza) indica miles de plantas/ha. Promedios seguidos de distintas letras son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ($P < 0.05$). El número entre paréntesis representa el % del rendimiento por sistema.

52.3% y 64% con respecto al monocultivo, para el frijol fue de 26.4% y 50% y, para la calabaza de 41% y 59%, según las densidades de asociación AS1 y AS2.

Los valores de UET, obtenidos de la suma de los porcentajes de los diferentes cultivos dentro de cada tratamiento (Cuadro 2), son mayores en las asociaciones que en los monocultivos. Esto indica una mayor eficiencia agronómica de las asociaciones y respalda las ventajas de las mismas en el sentido de que hace un uso más intensivo del suelo tanto en el tiempo como en el espacio.

Conclusiones

Con base en los resultados anteriores se puede concluir que el promedio de los rendimientos por cultivo en los monocultivos es superior a los en asociación, debido principalmente a la menor competencia inter-específica. En la producción de grano o fruto, las asociaciones parecen no afectar al maíz y la calabaza y solo en las bajas densidades de asociación al frijol. En la distribución energética (biomasa reproductiva/biomasa total por planta), se observa que el frijol dedica la mayor parte de su energía a la reproducción en los monocultivos y en las bajas densidades de asociación. El maíz y la calabaza asignan, en rango no estadístico, más energía a su reproducción en los sistemas asociados.

Desde el punto de vista agronómico, los valores de UET, muestran claramente una mayor eficiencia del

sistema asociado con respecto a los sistemas sembrados en puro. En cuanto a la proliferación de arvenses, esta es menor en los cultivos asociados debido posiblemente a la competencia inter-específica por luz y nutrientes.

Finalmente, los resultados también permiten inferir que la chinampa es una forma viable para la incorporación de las zonas inundadas a la producción agrícola.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la producción de maíz (*Zea mays* L. var. Tuxpeño), frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. Xilotepec) y calabaza (*Cucurbita pepo* L. var. Zucchini gray) y la proliferación de arvenses en los sistemas de monocultivo y asociación.

Los tratamientos consistieron de 25 000 plantas/ha (5 000 de frijol, 10 000 de maíz y 10 000 de calabaza) y 31 250 plantas/ha (6 250 de frijol, 12 500 de maíz y 12 500 de calabaza), comparadas con cultivos puros de frijol (12 500), maíz (25 000) y calabaza (25 000).

La siembra se efectuó directamente a la chinampa y sin la utilización de fertilizantes. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones. El tamaño de las parcelas fue de 45 m² (9 m x 5 m), fijándose una parcela útil de 32 m² (8 m x 4 m).

Las variables analizadas fueron: altura, biomasa y rendimiento de cultivos (en peso seco para maíz y frijol y fresco para calabaza) y, biomasa de arvenses (peso seco).

Los datos demuestran que el UET, la menor proliferación de arvenses (por sistema) y la asignación de energía para la reproducción por planta (maíz y calabaza) son favorables en los sistemas asociados, aunque los rendimientos por sistema son mayores en monocultivo.

Literatura citada

1. ALTIERI, M.A.; DOLL, J.; SHOONHOVEN, A. VAN 1977. Interacciones entre insectos y malezas en mono y policultivo de maíz y frijol. Revista Comalfi (Colombia) 4(4):171-208.
2. DIXON, W.I. 1981. (Ed.) BMDP statistics software. University of California Press. 725 p.

3. GALLEGOS, P.R. 1976 Evaluación de producción agronómica y biomasa en sistemas de producción que incluye yuca (*Manihot esculenta* C.) Tesis Ms Sc CATIE, Turrialba, Costa Rica. 122 p.
4. GARCIA, E. 1981. Modificación al sistema de clasificación climático de Koeppen. Inst. Geogr. UNAM, México. 252 p.
5. GARCIA, J.; PINCHINAT, A.M. 1976 Producción asociada de maíz y soya a diferentes densidades de siembra. Turrialba. Costa Rica 26(4):409-411
6. GLIESSMAN, S.R. 1980. Multiple cropping. A basis for developing an alternative agriculture. California. 47 p. (mimeo)
7. GOMEZ-POMPA, A. Vino nuevo en odre viejo. La agricultura mexicana de la chinampa-antigua técnica ecológica- revive y ayuda a resolver el problema alimenticio. Mazingira 5.
8. HERNANDEZ XOLOCOTZI, E. 1975. Tecnología tradicional en África. In Seminario de la Rama Botánica. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México
9. HILDEBRAND, P.E.; FRENCH, E.C. 1975. Conceptos de sistemas. In Curso intensivo sobre sistemas de producción agrícola para el trópico. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica
10. MAIER, E. 1979. Chinampa tropical. Una primera evaluación. Centro de Ecodesarrollo. México. 87 p.
11. MARQUEZ, F. 1977. Sistemas de producción agrícola (agroecosistemas). Universidad Autónoma de Chapingo, UACH México. 192 p.
12. MOJICA, F. 1975. Absorción de nutrimentos y producción en la asociación frijol *Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L.) y arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis Mg Sc CATIE, Turrialba, Costa Rica. 116 p.
13. MOLINA, F.A. de. 1970. Vocabulario en lengua castellana y mexicana y mexicana y castellana. Editorial Porrúa, México
14. SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (SARH) 1977. Perspectivas del desarrollo del Estado de Veracruz, México. p. 52-61.
15. SORIA, J.; BASAN, R.; PINCHINAT, A.M.; PAEZ, G.; MATEO, M.; MORENO, R.; FARGAS, J.; FORSYTHE, W. 1975. Investigaciones sobre sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor del trópico. Turrialba 25(3):283-293
16. WEST, R.C.; ARMILLAS, P. 1950. "Las chinampas de México". Poesía y realidad de los 'Jardines flotantes'. In Cuadernos Americanos. México 50:165-182
17. WILKEN, G.C. 1969. Drained-Field agriculture: An intensive farming system in Ixcala, México. The Geographical Review 59:215-241.

Notas y comentarios

Siembre dinero, coseche trigo.

Todos estamos familiarizados con los efectos de los subsidios que los gobiernos otorgan a los productores para que puedan obtener ganancias, sin tener en cuenta sus costos de producción que no compiten con las regiones exportadoras. Estamos familiarizados con lo que sucede en la Comunidad Económica Europea (CEE), con sus montañas de granos (y lagos de leche) reventando tanto los receptáculos de almacenamiento como los presupuestos nacionales, cuotas para cortar la superproducción, y hasta daños al ambiente. Esto, que se está convirtiendo en una carga hasta para los países poderosos de Europa, está sucediendo también, aunque parezca mentira, en Arabia Saudita: el mayor productor de petróleo durante la década que comenzó en 1973, con los altos precios del petróleo. Y si la CEE desea saber qué hacer ahora con sus excedentes de granos, es a los sauditas a quienes quizás estén tentados a examinar como dijo hace poco *The Economist* (23 de noviembre de 1985, p. 76)

El reino, habiendo fallado en reducir la superproducción cortando los precios, ha decretado cuotas a sus productores de trigo. Los agricultores más grandes, que producen alrededor de la mitad de la producción del país, podrán vender sólo el 60% de su trigo a los precios garantizados por el gobierno; las fincas medianas pueden vender sólo el 70% de su producción.

El objetivo es dar marcha atrás a la política agrícola más exitosa y lunática del mundo. El gobierno saudita les da a los agricultores la mitad del costo de

los fertilizantes y del alimento del ganado; la tierra es gratis; el Banco Agrícola proporcionó el equivalente de US\$ 97 millones como préstamos a bajo interés en 1983-1984. Lo más asombroso de todo son los precios garantizados por el gobierno. En 1985, el gobierno había estado pagando a los agricultores US\$ 500 por cada tonelada métrica de trigo, esto es, cuatro y media veces el precio del mercado mundial. Esto representaba, en realidad, un corte, ya que hasta noviembre de 1984, el gobierno estaba pagando US\$ 900 por tonelada.

Al igual que los incentivos, el crecimiento de la producción es increíble. La cosecha de trigo se ha elevado de 187 mil toneladas en 1981, hasta 1.3 millones en 1985, un promedio anual de crecimiento de 60 por ciento. En 1986, a pesar del corte del precio, la producción se elevará de nuevo hasta 1.7 millones. A este ritmo, Arabia Saudita tendrá más de la mitad de su cosecha disponible para la exportación, una proporción aún más alta que la de Estados Unidos. El gobierno tiene poca opción salvo cortar la producción de trigo; el nuevo plan quinquenal apunta a reducirla a 1.2 millones de toneladas en 1990.

A pesar de esta danza de dólares, el insumo más importante en Arabia Saudita no es el dinero, sino el agua. El agua es gratis para los agricultores y estos están usando un recurso escaso en la región en forma alarmantemente rápida. En 1980, las fincas consumieron menos de 3000 millones de metros cúbicos de agua. En 1985, se han usado más de 7.4 mil millones, que equivalen al 84% del consumo total de agua del país. Tres cuartas partes del agua de Arabia Saudita viene de lagos subterráneos no renovables. A esta tasa de consumo, los lagos se secarán en unos 80 años. Sabiamente, el gobierno ahora planea disminuir el consumo de agua haciendo que la gente pague por ella. Adalberto Gorbitz

ACCELERATED LAMBING THROUGH ZERO WEANING IN WEST AFRICAN DWARF EWES IN THE HUMID TROPICS OF NIGERIA¹

O. CHIBOKA*

Resumen

Fueron estudiadas 25 ovejas preñadas para observar los efectos sobre el peso en placenta, peso al nacer, peso al destete y el intervalo de concepción de exponerlas a un carnero a 0, 4, 8, 12 y 14 semanas después del parto.

No se notaron diferencias significativas en las variables estudiadas entre los cinco lapsos indicados, lo que se supone que una oveja lactante puede aparearse inmediatamente después del parto, sin que el cordero recién nacido se afecte y sin diferencia en el lapso necesario para ser preñada de nuevo.

En otra prueba que se hizo con 20 ovejas políperas, se les permitió andar libremente durante dos años con carneros. Al terminar los dos años, todas las ovejas habían experimentado tres partos, y la cuarta gestación estaba al 50%. No se observaron diferencias en las variables de peso antes mencionadas, lo que indica que las ovejas pueden parir tres veces en dos años, si andan libremente con carneros, en otras palabras, una producción acelerada en ovejas West African Dwarf podría producirse a través de la eliminación del periodo del destete, pero tal proyecto debe acompañarse de un plan de manejo y de una alimentación adecuada para obtener buenos resultados.

Introduction

Dickerson (5) noted that the efficiency of meat production by sheep could be increased most effectively by an increase in the number of lambs marketed per ewe per year. Such an increase could be achieved by an increase in the number of live lambs born and weaned per ewe lambing, by an increase in the number of lambings per ewe per year or by a combination of the two techniques. Donald Reid (6) indicated that the number of lambs born per ewe lambing can be increased most readily through the use of highly prolific breeds such as the Finnish Landrace (Finn) in crosses, although Turner (19) has indicated that selection for lambing rate in less prolific breeds may also be successful. Increases in frequency of lambing may be achieved by judicious use of existing breed differences in timing and duration of the estrous season (7, 11 and 19) or potentially

through selection (2, 13, 14). Thus far, most attempts to increase the number of lambs marketed per ewe per year have concentrated on the use of prolific crossbred ewes bred to lamb either twice per year (8, 12, 20, 21) or three times in two years (16). Systems of twice yearly lambing have generally met with limited success. Systems in which ewes lamb three times in two years have shown more promise. The West African Dwarf ewes have not been involved in any systems of accelerated lambing. Since the West African Dwarf sheep shows no period of anestrus during the year, it has a definite advantage over its temperate zone counterparts. This study was conducted on the hypothesis that West African Dwarf ewes in the humid tropics of Southern Nigeria can be bred three times in two years through zero weaning.

Materials and methods

Twenty five gravid West African Dwarf (WAD) ewes were assigned randomly in successive replicates to the following stages (*post partum*) of ewe exposure: a) 0, b) 4, c) 8, d) 12, and e) 14 weeks. With the zero week ewe exposure, the parturient ewe with its ewe lambs was exposed to the ram by days 2 or 3

¹ Received for publication on December 4, 1985

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

post partum. In the fourteenth week of ewe exposure, the nursing ewe was exposed to the ram by the end of fourteen weeks *post partum*. Each time the ram was put with the ewe, the dam with the offspring and the sire were allowed to stay together until the end of the second trimester of the ensuing pregnancy, when lactation had since stopped. In the other stages, rams were introduced precisely at weeks 4, 8, and 12 *post partum*. The variables measured were birth weight, and conception interval.

In a second trial, twenty open but polyparous ewes were allowed to run freely with one potent ram, which was replaced every two weeks to ensure continuity of good libido and fertile sperm cells. Reproductive records of each were kept for two years, and each ewe's performance was subsequently assessed. The same variables as in the first trial were measured, except conception interval. The two trials used a one-way design. Data were subjected to analysis of variance, and means comparison using Duncan's new multiple range test (18). The two trials were conducted on the University of Ife Teaching and Research Farm.

Results

Table 1 shows no significant ($P > 0.05$) difference among the sources of variation of the different stages (*post partum*) of ewe exposure to the ram in terms of birth weight, placental weight, weaning weight or conception interval. Comparison of the means in the five stages of ewe exposure in each of the four variables measured (Table 2) indicated no significant ($P > 0.05$) difference using Duncan's new multiple range test. Table 3 indicates (in column four) that as the stage of ewe exposure goes beyond four weeks *post partum*, the total duration for three lambings in two years and the expected lambing intervals increase, and therefore the probability of three lambing in two years decreases for the second trial. Table 4 showed no significant ($P > 0.05$) effect of three

Table 1. Mean squares of analysis of variance of the effect of different stages (*post partum*) of ewe exposure on birth weight (1), placental weight (2), weaning weight (3) and conception interval (4).

Sources of variation	df	1	2	3	4
REP	4	0.18 ^{ns}	0.0025 ^{ns}	3.23 ^{ns}	14.76 ^{ns}
Trt	4	0.3 ^{ns}	0.0055 ^{ns}	2.60 ^{ns}	32.14 ^{ns}
Error	16	0.18 ^{ns}	1.74	3.36	76.79

ns = Not significantly ($P > 0.05$) different.

Table 2: Duncan's new multiple range test on the effect of different stages (*post partum*) of ewe exposure on mean birth weight, placental weight, weaning weight and conception interval.

Variables	Stage				
	0	4	8	12	14
Birth weight (kg)	2.14 ^a	2.08 ^a	2.4 ^a	2.14 ^a	2.22 ^a
Placental weight (kg)	0.29 ^a	0.27 ^a	0.25 ^{ab}	0.31 ^a	0.26 ^a
Weaning weight (kg)	8.50 ^a	8.12 ^a	9.00 ^a	9.31 ^a	9.33 ^a
Conception Interval (days)	48.80 ^a	45.40 ^a	48.80 ^a	47.00 ^a	42.80 ^a

Means with the same superscript in the same row are not significantly ($P > 0.05$) different.

Table 3: Lambing interval and total time taken for three lambings in two years in the first trial.

Stage Weeks (Days)	Lambing interval (Days)			Total Duration for 3 lambings in 2 years (730 Days)
	1	2	3	
0	48.8 ^a	45.4 ^a	195.8 ^a	587.4 ^a
4 (28)	45.4 ^a	48.8 ^a	220.4 ^a	660.0 ^a
8 (56)	48.8 ^a	47.0 ^a	251.0 ^{ab}	755.4 ^{ab}
12 (84)	47.0 ^a	42.8 ^a	278.0 ^b	834.0 ^b
14 (98)	42.8 ^a	287.80 ^b		863.4 ^b

Each figure in column 4 = Each figure in column 3 x 3.

Means with the same superscript in the same column are not significantly ($P > 0.05$) different.

lambings in two years on birth weight, weaning weight and placental weight. Table 5 compares the means of each of the three variables measured in each of the three sets of lambings, with no significant ($P > 0.05$) difference among the three lambings for any of the three variables measured.

Discussion

Tables 1 and 2 show that breeding the ewes by 0, 4, 12 and 14 weeks *post partum* does not adversely affect birth weight, placental weight, weaning weight or conception interval. Table 3, column four indicates that breeding after four weeks increases the lambing interval and duration for three consecutive lambings

to the extent that the possibility of three lambings in two years will be difficult to realise.

Accelerated lambing means lambing more frequently than once per year. Most temperate zone ewes are pregnant approximately five months of the year, nurse lambs efficiently for three months and can be considered idle for four months of the year (15).

In temperate regions, breeding of ewes during early lactation (4 to 6 weeks) may require early weaning and hormonal control of reproduction (15). Hormones for estrus synchronization use many costly chemical compounds which influence the endocrine glands. In a Third World country like Nigeria, the use of hormones or their synthetic equivalents for induction of ovulation and estrus is not advisable; instead breeds that cycle year round and which have adapted over centuries are recommended.

In the humid tropics of southern Nigeria, comprising the eastern and western regions, the indigenous West African Dwarf sheep show no period of anestrus. Therefore, hormones are not needed to induce ovulation or estrus, and the problems of out-of-season lambing may not arise.

Zero weaning means that the lambs were not physically separated from their dams until it was observed that the offspring had no need of the dam. That was about the end of the second trimester of the ensuing pregnancy.

In the University of Ife Teaching and Research Farm, it has been the usual practice to wean lambs at 14 weeks *post partum*. Table 3 shows that it will be impossible to breed these ewes more than two times in two years. By weaning at 14 weeks *post partum*, the immense reproductive potential of the WAD ewes is underused. In a profit-oriented sheep enterprise, breeding at 14 weeks *post partum* will lead to slow multiplication and make the venture uneconomical.

Table 4: Analysis of variance of the effect of three lambings in two years on birth weight (1), weaning weight (2) and placental weight (3).

Sources of variation	df	1	2	3
Trt	2	0.005 ^{ns}	1.26 ^{ns}	12475.4 ^{ns}
Error	57	0.17	2.30	467.00

ns = Not significantly ($P > 0.05$) different

Table 5: Duncan's new multiple range test on mean birth weight, weaning weight and placental weight under three lambings in two years.

Variable	Sets of Lambings		
	1	2	3
Birth weight	2.10 ^a	1.86 ^b	2.08 ^a
Weaning weight	10.38 ^a	10.67 ^a	11.03 ^a
Placental weight	0.27	0.23 ^b	0.29 ^a

Means with the same superscript on the same row are not significantly ($P > 0.05$) different

Table 3 tells us that, in order to avoid affecting any of the reproductive variables (Table 2), breeding should take place between 0 and 4 weeks *post partum*. This will ensure a reproduction rate of three times in two years in business oriented sheep production, to meet the country's protein requirements. However, because of the physiological stress of pregnancy, any programme for accelerated lambing through zero weaning will have to ensure adequate management by improving feeding regime to include adequate energy, protein, vitamins, minerals, etc. (9, 17).

The traditional setting, the villages where these sheep thrive and multiply, has been extensively discussed (4). Nursing or dry ewes usually run with rams every day, except when farms around the villages are being cultivated and sheep and goats are restrained to prevent destruction of crops (4). Even when sheep and goats are being restrained, rams or bucks are put with their female counterparts and breed without any special human control. This traditional method is the means by which the bulk of our sheep and goats are produced in Nigeria. With its zero weaning, it is expected to provide the additional advantage of maintaining the dam's maternal influence on the lambs, thus correcting the post-weaning stress which usually causes lamb weight loss.

Analysis of variance and comparison of means by Duncan's new multiple range test (Tables 1, 2, 4 and 5) showed no significant ($P > 0.05$) differences in birth weight, placental weight, weaning weight or conception interval among the various stages of ewe exposure. This indicates the WAD ewe can readily be rebred with no recourse to hormonal treatment for induction of ovulation and concomitant estrus.

Several factors generally affect the fertility of the ewe: 1) nutrition; 2) fertility of the ram; 3) stress; 4) parasites and diseases; 5) ewe association with ram; 6) parturition and lactation; 7) age of ewe; 8) heredi-

ty; 9) age of puberty and 10) weather conditions, such as light, temperature and relative humidity which vary by season. The degree of sexual activity in the ewe depends on the type of anestrus. Three main types of anestrus are observed in ewes: lactation anestrus, *post partum* anestrus and seasonal anestrus (15). The marked seasonal variation found in temperate zones leads to detectable depressed gonadal activity, and the ewe fails to manifest estrus. This is interpreted as seasonal anestrus. Therefore, in the temperate areas, the light/dark regulations of the hypothalamo-hypophysial-gonadotropic function is a recognised general physiologic law to which programmes for livestock production are usually adapted.

The WAD sheep in this part of the globe appear to be photo- and thermoneutral to naturally prevailing light/dark ratio, and seasonal anestrus does not appear to exist. Therefore, any continuous or accelerated breeding programme has a very good chance of success without detracting from the reproductive traits measured here, some of which are in keeping with other findings (1, 3).

There is, in general, considerable variation in birth weight and weaning weight with WAD sheep. Birth weight in this trial ranged from 1 kg to a little over 2.5 kg, while weaning weight ranged from 5.6 kg to 14 kg. This further underscores the need for selection in WAD sheep.

Fitzhugh and Bradford (10) have further highlighted the importance of African hair sheep with regard to their prolificacy, meat availability and small scale sheep farming. Zero weaning as described here is essential for WAD sheep production and to contribute to the protein supply so necessary in this country.

Summary

Twenty-five gravid ewes were used to study the effect of exposing ewes to rams at 0, 4, 8, 12 and 14 weeks *post partum* on birth weight, placental weight, weaning weight and conception interval. No significant differences in the variables analyzed were noted among the five stages of *post partum* ram introduction. This means that a nursing ewe can be exposed as early as zero weeks *post partum* without any detriment to the lambs or difference in the time it will take the ewe to become pregnant. In a second trial, twenty polyparous ewes were allowed to run with rams for two years. All the ewes had completed three parturitions and had gone at least halfway into the fourth gestation by the end of the two years. Analysis showed no significant differences among birth weight, weaning weight and placental weight with parity,

indicating that the ewes can be bred at least three times in two years, if ewes are allowed to run freely with rams. In other words, accelerated lambing in West African Dwarf ewes is possible through zero weaning; it is envisaged that an improved feeding and management regime will be necessary for this programme to succeed.

Literature cited

1. ADU, I.F.; NGERE, L.O. 1979. The indigenous sheep of Nigeria. *World Review of Animal Production* XV(3):51-60.
2. BERINARD, C.S.; FAHMY, M.H. 1974. Cross-breeding and selection for extending the breeding season. *Journal of Animal Science* 54:721. (abstr).
3. CHIBOKA, O. 1979. Effect of age at breeding on reproduction in local sheep. *Ife Journal of Agriculture* 1(2):183-195.
4. CHIBOKA, O. 1983. Reproductive survival of West African Dwarf sheep and goat in Nigeria under intensive management system. *Turrialba* 33(1):11-15.
5. DICKERSON, G. 1970. Efficiency of animal production molding the biological components. *Journal of Animal Science* 30:849-850.
6. DONALD, H.P.; REID, J.L. 1967. The performance of Finnish Landrace sheep in Britain. *Animal Production* 9:389-391.
7. DUFOUR, J.J. 1974. The duration of the breeding season of four breeds of sheep. *Canadian Journal of Animal Science* 54:389-392.
8. DUNCAN, J.G.S.; BLACK, W.J.M. 1978. A twice yearly lambing season, using Finnish Landrace x Dorset Horn ewes. *Animal Production* 26:301-308.
9. ENSMINGER, M.E. 1963. *Animal Science*. 5 ed. Danville. III. Interstate Printers and Publishers, p. 682-692. (Animal Agriculture series).
10. FITZHUGH, H.A.; BEDFORD, G.E. 1983. *Hairsheep of Western Africa and the Americas: A genetic resource for the tropics*. Boulder, Colorado Westview Press. p. 319.

11. HAFEZ, E.S.E. 1952. Studies on the breeding season and reproduction in the ewe. *Journal of Agricultural Science (Camb.)* 42:13-15.
12. LAND, R.B.; McLELLAND, T.H. 1971. The performance of Finn Dorset sheep allowed to mate four times in two years. *Animal Production* 13:637-640.
13. NOTTER, D.R.; COPENHAVER, J.S. 1980. Performance of Finnish Landrace crossed ewes under accelerated lambing. I. Fertility, prolificacy and productivity. *Journal of Animal Science* 51(5):1033-1042.
14. NOTTER, D.R.; COPENHAVER, J.S. 1980. Performance of Finnish Landrace crossbred ewes under accelerated lambing. II. Lamb growth and survival. *Journal of Animal Science* 51(5):1043-1050.
15. SCOTT, G.E. 1970. The sheepman's production hand-book. Denver, Colorado. Sheep Industry Development Programme. p. 43-66.
16. SPEEDY, A.W.; FITZSIMONS, J. 1977. The reproductive performance of Finnish Landrace x Dorset Horn and Border Leicester x Scottish Blackface ewes mated three times in two years. *Animal Production* 24:189-196.
17. STAGNARD, C.G. 1983. Commercial hair-sheep production in semi-arid regions of Venezuela. In *Hair sheep of Western Africa and the Americas*. Ed. by Fithugh, H.A., Bradford, G.E. Boulder, Colorado. Westview Press. p. 85-117.
18. STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. 1960. Principles and Procedures of statistics. McGraw-Hill, New York, N.Y. p. 88-111.
19. TURNER, H.N. 1978. Selection for reproduction rate in Australian merino sheep: direct responses. *Australian Journal of Agricultural Research* 29:327-330.
20. WHEELER, A.G.; LAND, R.B. 1977. Seasonal variation in estrus and ovarian activity of Finnish Landrace, Tasmanian Merino and Scottish Blackface ewes. *Animal Production* 24:363-367.
21. WHITEMAN, J.V.; ZOLLINGER, W.A.; THRIFT, F.A.; GOULD, M.B. 1972. Post-partum mating performance of ewes involved in a twice yearly lambing programme. *Journal of Animal Science* 35(4):836-842.

Notas y comentarios

Destapando los secretos genéticos del ajonjolí.

El ajonjolí o sésamo (*Sesamum indicum*) debería ser un cultivo oleaginoso importante. Sus semillas contienen un 50 por ciento de aceite y son ricas en una proteína que es comparable con la carne molida y la caseína. Además, el aceite de ajonjolí no se descompone fácilmente pues contiene sesamol y sémolina, que actúan como antioxidantes. Desgraciadamente, la planta no se comporta de una manera apropiada para la producción en gran escala. Investigadores en Israel están ahora dispuestos a alterar el código genético del ajonjolí para hacerlo más útil como cultivo.

La evidencia arqueológica sugiere que el ajonjolí es la más antigua semilla oleaginoso usada por el hombre. A diferencia de los cereales o leguminosas domesticados, ha permanecido fiel a su herencia genética: tiene un crecimiento indeterminado y dispersa sus semillas. Estas características son esenciales para la supervivencia en estado silvestre, pero los cultivadores modernos necesitan plantas con un crecimiento determinado, es decir plantas con un ciclo de vida fijo que maduran al mismo tiempo. Genetistas de Israel han resuelto este problema. Al finalizar este año, 1986, esperan llegar a combinar la indehiscencia, que mantiene cerrada la cápsula con semillas maduras para prevenir la pérdida del grano, con un hábito de crecimiento determinado de la planta.

En 1979, el profesor Amram Ashri y su equipo de investigadores de la Universidad Hebrea de Rehovot, "creó" un mutante de ajonjolí de hábito determinado mediante irradiación de semillas de esta especie. El hábito determinado resultó ser transmisible por herencia monogenéticamente controlado, y recesivo, informó Ashri poco después. En diciembre de 1984, en una reunión de especialistas en ajonjolí en Roma,

el Dr. Raymond Brigman, de la Universidad A&M de Texas, en Lubbock, informó que la variedad mutante israelí era estable en las condiciones del sur de los Estados Unidos. También es estable en el sur de la India, donde el Dr. S. Thanavelu la ha estado cultivando en la Tamil Nadu Agricultural University, en Vridhachalam.

Desde 1983, Ashri ha estado desarrollando líneas más vigorosas del mutante determinado, cruzándolo y recruzándolo con cultivares ampliamente divergentes para transferir ese gen único a variedades adaptadas a diversas condiciones. Se está estudiando cómo se comportaría ese gen en pareja con otro gen que previene la dispersión de las semillas, lo que todavía no se ha logrado. Como otros investigadores, ha concentrado sus esfuerzos con cultivares que contienen una mutación natural que ocurrió en 1942 en Venezuela, país en el que se ha estudiado el ajonjolí, principalmente en el Instituto de El Valle. Esta mutación, de un solo gen recesivo, consiste en la indehiscencia de sus cápsulas. Desgraciadamente, trae consigo muchos caracteres indeseables: no es muy fértil, produce pocas semillas de baja calidad y es sensible a varias enfermedades.

Ashri tiene esperanzas de reunir los dos caracteres benéficos sin las fallas del mutante venezolano espontáneo. Parece que en la segunda cosecha después del cruce (1a F22) han aparecido algunas plantas con ambos caracteres. En Revohot se ha plantado, en 1985, una hectárea con estas semillas en una prueba de progeñie para encontrar una línea homocigota, según manifestó Ashri a Gamini Seveviratne (*New Scientist*, vol. 109, No. 1496, p. 25).

Todavía no está asegurado el éxito, pero el mutante determinado solo es ya un significativo paso adelante. Ashri y el Dr. Vichit Benjasil, jefe del Crop Research Institute de Tailandia, comenzaron un proyecto cooperativo, basado en el mutante, a fines de 1985. Benjasil ha plantado ya las primeras líneas de un cruce del mutante con variedades tailandesas. Adalberto Gorbitz.

TOLERANCIA DEL ARROZ AL FENOXAPROP-ETIL Y FLUAZIFOP-BUTIL: DOSIS Y EPOCA DE APLICACION¹

A. SOTO A. *, R. AGÜERO A. **, N. ZUÑIGA ***

Summary

In the second half of 1984 four experiments were conducted in two regions where rice is a major crop, to study the tolerance of rice of fenoxaprop-ethyl and fluazifop-butyl. In one of the experiments, the herbicides were applied in two dates and four doses 0, 50, 100, 150 and 200 g/ha. Another experiment included four application dates and two doses 100 and 200 g/ha. The remaining two experiments were placed in two different areas with contrasting soil and climatic conditions, and the herbicides were applied when the crop had reached the "booth stage". There occurred a high incidence of *Echinochloa colonum* L. in one site and *Cenchrus echinatus* L. in the other region. It was found that rice tolerates the late applications of fenoxaprop-ethyl, while the opposite occurred with fluazifop-butyl. Fenoxaprop-ethyl, when applied at doses of 100 and 200 g/ha at the "booth stage", did control the high populations of *E. colonum* and *C. echinatus* present by that moment, both at the flowering stage. Only fenoxaprop-ethyl did not affect the germination rate of seeds from plots previously treated with the herbicide.

The results suggest that these herbicides can be tolerated by rice.

Introducción

En Costa Rica, González y Murillo (1) informan que una de las labores de mayor costo e importancia agronómica en el arroz, es el combate de malezas. Estiman que dicha labor puede valer hasta un 26% del costo total de este cultivo

Uno de los principales problemas que se le presenta al productor de arroz lo constituyen especies de la familia de las gramíneas que se comportan como malezas. Ocampo (4), en un estudio sobre las principales malezas del arroz en el cantón de Aguirre y Parrita,

Costa Rica, encontró 58 especies, pertenecientes a 22 familias; del total de especies el 68% pertenecieron a las gramíneas, y dentro de ésta las más importantes fueron *Ischaemum rugosum*, *Rottboellia exaltata* y *Echinochloa colonum*

La dificultad en el combate de las malezas radica en que, en general, se realiza una deficiente preparación del suelo, lo que reduce las posibilidades de éxito con tratamientos preemergentes y promueve la germinación desuniforme de las semillas de las malezas. Este último factor reduce también las posibilidades de éxito con herbicidas posemergentes de contacto, lo que obliga a repetidas aplicaciones de este tipo de herbicidas, lo que provoca un aumento significativo en los costos de producción.

A partir de 1978 aparecen en el mercado mundial herbicidas sistémicos capaces de combatir gramíneas en posemergencia, en cultivos de las dicotiledóneas (7). No obstante no contar con literatura sobre la tolerancia del arroz a estos nuevos productos, mediante parcelas de observación se encontró que el arroz toleró al fenoxapropetil en dosis de 100 y 200 g/ha, mientras que *R. exaltata* fue susceptible.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la tolerancia del arroz a varias dosis de fenoxaprop-

¹ Recibido para publicación el 9 de diciembre de 1985

Los autores agradecen la colaboración de los Hermanos Batalla Esquivel, en los experimentos efectuados en Parrita; del Ing. Renán Agüero Solé, en el experimento que se hizo en Liberia, Guanacaste; así como el soporte económico que brindaron Hoescht e ICI

* Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Estación Experimental Fabio Baudrit M.

** Universidad de Costa Rica, Centro Universitario de Guanacaste. Actualmente en el Centro Universitario del Atlántico

*** Ganadera Internacional S.A., Parrita

etil y fluazifop-butil en diferentes épocas de aplicación.

Materiales y métodos

Generalidades

Los experimentos se condujeron durante junio a octubre de 1984. Los ensayos 1, 2 y 3a se localizaron en Parrita, 9° 31' de latitud norte y 84° 19' de longitud oeste, a una altura de 5 m; pertenece a la zona de vida "bosque húmedo tropical", transición a "bosque muy húmedo tropical" (2). Los suelos corresponden a la asociación "Fluavaquentic Hapludoll-Typic Tropaquet-Fluavaquentic-haplaquell" (5).

El experimento 3b se hizo en Guanacaste, Liberia, a 10° 39' de latitud norte y 85° 28' de longitud oeste, a una altura de 69 m, correspondiente a "bosque seco tropical" transición a "húmedo" (2).

Manejo del cultivo

En los experimentos que se realizaron en Parrita, se utilizó el cultivar CR-1113, en cantidad de 100 kg/ha de semilla seca. A la siembra se fertilizó con 18 kg/ha de N, 45 de P₂O₅ y 75 días después de sembrar se aplicaron 46 kg/ha de N-urea.

A la espiga se realizó una aplicación de monocrotofos 0.57 kg/ha + mancozeb 1.2 + edifenfos.

En Guanacaste se usó el cultivar CR 201 y el manejo del cultivo se practicó en forma semejante al de Parrita.

Parcela experimental

La parcela experimental fue de 2 m de ancho por 5 de largo, la parcela útil consistió de los 6 m² centrales.

Experimento 1

La siembra se efectuó el 14 de junio y la cosecha el 24 de octubre de 1984. Para cosechar se tomaron, en forma aleatoria, 2 m² de la parcela útil.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar en arreglo factorial con dos tratamientos adicionales; se hicieron tres repeticiones. Los factores fueron dos herbicidas, fenoxaprop-etil y fluazifop-butil, cuatro dosis de los mismos, 50, 100, 150 y 200 g/ha, y dos épocas de aplicación, 12 y 25 días después de sembrar (DDS). Los tratamientos adicionales consistieron de un testigo químico (propanil 1.5 + oxadiazón 0.5 kg/ha 12 y 25 DDS) y un testigo absoluto.

Experimento 2

La siembra se hizo el 14 de junio y la cosecha el 24 de octubre de 1984, ésta última se hizo de la forma descrita en el experimento 1.

Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar en un arreglo factorial con dos tratamientos adicionales; se hicieron tres repeticiones. Los factores fueron dos herbicidas, fenoxaprop-etil y fluazifop-butil, dos dosis de los mismos, 100 y 200 g/ha, y cuatro épocas de aplicación, 12, 19, 26 y 33 DDS. Los tratamientos adicionales fueron un testigo absoluto y otro químico, este último igual que el descrito en el experimento 1.

Experimento 3 (a)

En un lote de arroz, que presentó una alta infestación tardía de *E. colonum*, se delimitaron cinco zonas de 2 m de ancho y 75 m de largo; procurando tener una población uniforme de la maleza en todas ellas (30 a 40% de cobertura por *E. colonum*).

Se usaron cinco tratamientos, fenoxaprop-etil 100 y 200 g/ha, fluazifop-butil 100 y 200 g/ha y una parcela que no recibió ningún tratamiento de rescate y que se consideró como testigo absoluto. Los herbicidas se aplicaron 56 DDS, cuando el arroz se encontraba en "panzoneo". El análisis estadístico de los datos se hizo en el esquema de un diseño completamente casualizado.

El combate inicial de las malezas se realizó mediante la aplicación, en todas las parcelas, de 1.5 kg/ha de propanil 10 DDS; 24 DDS se aplicó 1.5 kg/ha de propanil + 0.5 kg/ha de 2, 4, 5-T.

Experimento 3(b)

En un lote de arroz comercial, con una alta infestación de *C. echinatus* se delimitaron parcelas de 3 m de lado; posteriormente, 60 y 80 DDS, se aplicó fenoxaprop-etil a 50 ó 100 g/ha.

El combate inicial de malas hierbas, en todas las parcelas se hizo por medio de la aplicación de 3 kg/ha de propanil 15 DDS. La siembra se hizo en julio de 1984.

Aplicación de los tratamientos

La aplicación de los tratamientos químicos se hizo con un equipo de presión constante, accionado por CO₂, con cuatro boquillas de abanico plano, 8002, espaciadas a 0.5 m.

Se usó una presión de 2 atmósferas y un volumen de aplicación de 270 l/ha

Condiciones al momento de la aplicación

Cuando se hizo la aplicación se escogieron momentos de calma. En general, tres a cuatro horas después de que se aplicó no llovió.

En los experimentos 1 y 2 cuando se hizo la primera de las aplicaciones, 12 DDS, las malezas tenían 2 a 3 hojas. En el experimento 3(a) *E. colonum* estaba al inicio de la floración, al igual que el *C. echinatus* en el experimento 3(b).

VARIABLES QUE SE EVALUARON

- Cobertura del arroz, con el uso de la escala de Braun-Blanquet (3).
- Síntomas de fitotoxicidad.
- Producción de arroz en granza al 16% de humedad ($g/l m^2$).

En el experimento 3(a):

- Producción de arroz en granza al 16% de humedad ($g/l m^2$).
- Peso de 20 espigas de arroz (g).
- Porcentaje de germinación del arroz: Se tomaron 25 semillas de arroz, provenientes de plantas tratadas con el respectivo tratamiento. Se colocaron en platos de Petri, los que contenían algodón humedecido en el fondo, papel de filtro y sobre éste las semillas de arroz. Luego los platos de Petri se pusieron en una cámara con luz difusa, con una temperatura máxima de $37^{\circ}C$ y mínima de $26^{\circ}C$. Se efectuaron recuentos de las semillas que germinaron durante diez días, cada dos; las semillas que se encontraron germinadas al momento de la lectura se extraían.

Experimento 3(b):

- Producción de arroz en granza al 14% de humedad ($g/l m^2$).
- Cobertura de *C. echinatus*, por medio de la escala de Braun-Blanquet (3).

Resultados y discusión

Malezas

En los experimentos 1 y 2 las malezas que se presentaron fueron *Digitaria* sp., *Ixophorus unisetus*, *Cyperus rotundus*, *Fimbristylis dichotoma*, *Hyptis* sp., *Eclipta alba*, *Physalis angulata*, *Spigelia anthelmia*, *Caperonia palustris* y *Chamaesyce hyssopifolia*. Sin embargo, como se aprecia en la Fig. 1, la lluvia que ocurrió al inicio del período en que se condujo la investigación provocó condiciones de anegamiento en el lote experimental. Este hecho redujo la población de las malezas citadas, en forma tal que no se pudo determinar el efecto de los tratamientos sobre esa población. Este efecto fue particularmente manifiesto en el experimento 2, por la pendiente natural del terreno.

Experimento 1

Cobertura del arroz: Cuando los tratamientos se aplicaron 12 DDS, sólo las dosis de 150 y 200 g/ha redujeron la cobertura del cultivo; cuando se aplicaron 25 DDS no ocurrieron reducciones en esa cobertura (Cuadro 1).

Para las dosis de 100, 150 y 200 g/ha el arroz tuvo mayor cobertura cuando la aplicación se hizo 25 DDS. La dosis de 200 g/ha redujo esa cobertura, en relación al testigo químico, cuando se aplicó 12 DDS.

Producción de arroz en granza: El arroz en el testigo absoluto rindió 27% menos que en el testigo químico. Sólo en el caso del arroz que se trató con 50 g/ha de fenoxaprop-etil, tanto a los 12 como a los 25 DDS, no ocurrieron diferencias con el rendimiento del arroz en el testigo químico; de otro lado, el arroz que se trató con 200 g/ha de fenoxaprop-etil 12 y 25 DDS y el que recibió igual cantidad de fluzifopbutil, tuvo menor rendimiento que el arroz del testigo absoluto (Cuadro 2).

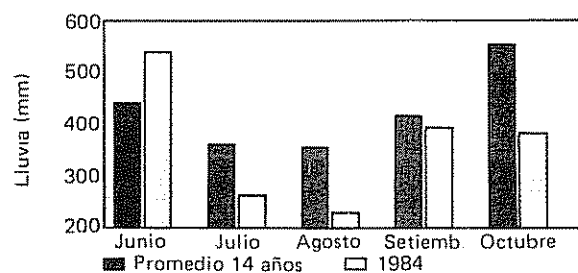


Fig. 1 Lluvia durante el período experimental (Fuente: Estación Meteorológica de Palo Seco, latitud $9^{\circ} 32'$ norte, longitud $84^{\circ} 18'$ oeste. Instituto Meteorológico Nacional. Ministerio de Agricultura y Ganadería).

Cuadro 1. Cobertura del arroz en función de dos épocas de aplicación y cuatro dosis de herbicidas (Valores según Braun-Blanquet).

Epoca (DDS)	Dosis (g/ha)			
	50	100	150	200
12	3 67 Bu	2 83 Bab ⁺	2 50 Bb ⁺	1 83 Bb ⁺
25	4 17 Aa	3 67 Aa	3 67 Aa	3 50 Aa
Testigo químico				3 00
Testigo absoluto				3 67

Medias con igual letra minúscula, para las hileras, y mayúscula, para las columnas, no difieren según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Medias inferiores a la de los testigos químico (*) y absoluto (+), según la prueba de Dunnett al 5% de probabilidad.

Cuadro 2. Rendimiento de arroz en granza en función de dos herbicidas, dos épocas de aplicación y cuatro dosis (g/m², al 16% de humedad).

Herbicidas	Epoca (DDS)	Dosis (g/ha)			
		50	100	150	200
Fenoxaprop-etil	12	761 aA	593 bA	413 cB* ⁺	243 dC* ⁺
	25	706 aA	633 aA*	650 aA*	636 aA*
Fluazifop-butil	12	616 aA*	655 aA*	598 aA*	425 bB* ⁺
	25	604 aA*	632 aA*	578 aA*	546 aAB*
Testigo químico					771
Testigo absoluto					562*

Medias con igual letra minúscula, para las hileras, y mayúscula, para las columnas, no difieren según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Medias inferiores a la de los testigos químico (*) y absoluto (+), según la prueba de Dunnett al 5% de probabilidad.

Con el fenoxaprop-etil, cuando el arroz se trató 12 DDS, a partir de 100 g/ha ocurrió reducción en la producción de grano; sin embargo, cuando se usó 25 DDS no hubo diferencias en el rendimiento del cultivo para las diferentes dosis, igual tendencia ocurrió en el arroz que se trató en esa época con fluazifop-butil (Cuadro 2).

Hubo una correlación positiva entre la cobertura del arroz y su rendimiento ($r = 0.73$).

Experimento 2

Cobertura del arroz: Tanto para el arroz que se trató con fenoxaprop-etil como con fluazifop-butil la mayor cobertura se alcanzó cuando los tratamientos se aplicaron 26 y 33 DDS, mientras que cuando la aplicación se hizo 12 y 19 DDS la cobertura del arroz se redujo, en relación a los testigos químicos y absoluto (Cuadro 3)

La dosis de 100 g/ha redujo la cobertura del arroz cuando se aplicó a los 12 y 19 DDS, en relación a cuando se aplicó a los 26 y 33 DDS; la cobertura del arroz con la dosis de 200 g/ha presentó igual tendencia a la descrita. Para la aplicación que se hizo a los 12 ó 19 DDS, la dosis de 200 g/ha redujo la cobertura del arroz en relación a la que se encontró con 100 g/ha; cuando la aplicación se realizó 26 ó 33 DDS la cobertura del cultivo que se encontró en ambas dosis no difirió (Cuadro 4). La dosis de 200 g/ha redujo la cobertura del cultivo cuando se aplicó a los 12 ó 19 DDS, en relación a los testigos absoluto y químico (Cuadro 4)

Producción de arroz en granza: Para ambos productos en la dosis de 100 g/ha y para el fluazifop-butil a 200 g/ha no ocurrieron diferencias en el rendimiento del arroz en las diferentes épocas de aplicación. El fenoxaprop-etil en dosis de 200 g/ha permitió

Cuadro 3. Cobertura del arroz en función de cuatro épocas de aplicación y dos herbicidas (valores según Braun-Blanquet).

Herbicida	Epoca de aplicación (DDS)			
	12	19	26	33
Fenoxaprop-etil	2 00 Ac* [†]	2 17 Abc* [†]	3 67 Aab	3 83 Aa
Fluazifop-butil	2 33 Ab* [†]	2 33 Ab* [†]	3 50 Aa	3 50 Aa
Testigo químico				3 33
Testigo absoluto				4 00

Medias con igual letra minúscula, para las hileras, y mayúscula, para las columnas, no difieren según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Medias inferiores a la de los testigos químico (*) y absoluto (+), según la prueba de Dunnett al 5% de probabilidad

Cuadro 4. Cobertura del arroz en función de cuatro épocas de aplicación y dos dosis de herbicidas (Valores según Braun-Blanquet).

Dosis (g/ha)	Epoca de aplicación (DDS)			
	12	19	26	33
100	3 33 Aab	3 00 Ab	3 83 Aa	3 83 Aa
200	1 08 Bb* [†]	1 50 Bb* [†]	3 33 Aa	3 50 Aa
Testigo químico				3 33
Testigo absoluto				4 00

Medias con igual letra minúscula, para las hileras, y mayúscula, para las columnas, no difieren según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Medias inferiores a la de los testigos químico (*) y absoluto (+), según la prueba de Dunnett al 5% de probabilidad

obtener una mayor producción de grano cuando se aplicó 26 ó 33 DDS (Cuadro 5)

Cuando se aplicó 12 DDS, la mayor producción de arroz se obtuvo con fluazifop-butil a 100 g/ha, la que no difirió de los testigos ni del fenoxaprop-etil a 100 g/ha; estas resultaron un 20% menores que la producción del testigo absoluto. A los 19 DDS la mayor producción de arroz ocurrió a la dosis de 100 g/ha, de cualquiera de los herbicidas bajo estudio, sin diferencias con la de los testigos; la dosis de 200 g/ha de cualquiera de los herbicidas redujo la producción de arroz en un 40% en relación a la de los testigos. Para la aplicación a los 26 DDS no ocurrieron diferencias entre los herbicidas a las dosis evaluadas; sin embargo, el fluazifop-butil a 100 g/ha redujo el rendimiento en un 20% comparado con el testigo absoluto. Cuando se aplicó 33 DDS hubo menor producción del arroz con fluazifop-butil a 200 g/ha, tratamiento que redujo la producción en un 28% en relación al testigo absoluto; también con fenoxaprop-

etil a 200 g/ha la producción disminuyó en un 23%. Los testigos mostraron producciones similares

Hubo correlación positiva entre la cobertura de follaje del cultivo y la producción de grano en granza ($r = 0.83$).

Experimento 3(a):

Combate de *E. colonum* - Los herbicidas en las dosis que se probaron, eliminaron a *E. colonum* siete días después de aplicados los tratamientos, la maleza lucía clorótica; luego adquirió una apariencia bronceada y el tejido de los nudos se encontraba deteriorado. A los 20 días después de la aplicación ocurrió necrosis de *E. colonum* y las inflorescencias se mostraban vanas. Las plantas de la maleza no llegaron a caer al suelo, al quedar sostenidas por las plantas del arroz.

Peso de 20 espigas del arroz: El menor peso de las espigas se encontró con fluazifop-butil en las dosis

Cuadro 5. Rendimiento de arroz en granza en función de dos herbicidas, dosis y épocas de aplicación (g/m² al 16% de humedad).

Herbicidas	Dosis (g/ha)	Época de aplicación (DDS)			
		12	19	26	33
Fenoxaprop-etil	100	633 aAB ⁺	744 aA	715 aA	800 aA
	200	338 bC* ⁺	360 bB* ⁺	761 aA	610 aAB ⁺
Fluazifop-butil	100	768 aA	728 aA	635 aA ⁺	651 aAB
	200	513 aBC* ⁺	549 aAB* ⁺	663 aA	574 aB ⁺
Testigo químico					714
Testigo absoluto					794

Medias con igual letra minúscula, para las hileras, y mayúscula, para las columnas, no difieren según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad

Medias inferiores a la de los testigos químico (*) y absoluto (+), según la prueba de Dunnett al 5% de probabilidad

que se probaron, mientras que el mayor peso se produjo con fenoxaprop-etil a 100 g/ha y el testigo; el peso que se encontró con fenoxaprop-etil a 200 g/ha resultó intermedio (Cuadro 6).

Producción de arroz en granza: El fluazifop-butil, en las dosis que se probaron, redujo la producción de arroz en un 62%. El fenoxaprop-etil, en las dosis que se probaron, no redujo el rendimiento del arroz en relación al testigo absoluto (Cuadro 6). Por otra parte, la producción que se obtuvo en el lote comercial fue de 6948 kg/ha; sin embargo, en ambos casos no se consideró la contaminación de la cosecha por propágulos de *E. colonum*.

Germinación del cultivo: El arroz que provino de plantas tratadas con 200 g/ha de fluazifop-butil tuvo menor germinación que el que se tomó del testigo absoluto; la germinación en los otros tratamientos fue similar a aquella del testigo (Cuadro 6).

Síntomas de fitotoxicidad en el cultivo: El arroz que se trató con fluazifop-butil, indistinto de la dosis, mostró una fuerte clorosis en la punta de la última hoja desplegada a los siete días después de la aplicación. A los 20 días de la aplicación se presentó una menor altura de plantas, en relación con los tratamientos de fenoxaprop-etil y el testigo absoluto, condición que se mantuvo hasta la cosecha. Una clorosis más leve se manifestó en las plantas tratadas con 200 g/ha de fenoxaprop-etil.

Experimento 3(b):

Cobertura de *C. echinatus*: El fenoxaprop-etil cuando se aplicó a los 60 u 80 DDS redujo la cobertura de *C. echinatus* en un rango de 70-80%

Producción de arroz en granza: En general, cuando el herbicida se aplicó a los 80 DDS no fue posible rescatar el arroz; mientras que cuando se aplicó a los 60 DDS tanto a 50 como a 100 g/ha, se encontraron los mayores rendimientos de arroz en granza (Cuadro 7)

Discusión

La condición de anegamiento, producto de la lluvia provocó una merma en la población de malezas, al resultar estas en su mayoría mesófitas; este efecto fue particularmente manifiesto en el experimento 2, debido a la pendiente natural del terreno. En la misma zona, Zúñiga y Soto (6) informan de mermas en el rendimiento del arroz, de hasta un 58% por interferencia de malezas, en relación con la mezcla propanil + oxadiazón a 1.5 + 0.5 kg/ha, que se usó como testigo químico en esta investigación.

El fenoxaprop-etil, en ambas dosis, resultó mejor tolerado por el arroz conforme la aplicación se hizo más tardía, mientras que lo contrario parece suceder con el fluazifop-butil, comportamiento que se puso en evidencia en los experimentos 1 y 2 (Cuadros 2, 3 y 4) y se corrobora en el experimento 3(a) y 3(b) (Cuadros 6 y 7). Estos resultados permiten establecer la hipótesis de que para el fluazifop-butil pudo ocurrir transporte en el cultivo cuando se aplicó en la época tardía; idea que se ve apoyada con la detención del crecimiento y reducción de la germinación que ocurrió a plantas del cultivo en el experimento 3(a); sin embargo, no se pudo explicar la mayor tolerancia del arroz a este herbicida cuando se aplicó en la época "temprana" (12 y 19 DDS).

Cuadro 6. Peso de 20 espigas, rendimiento de arroz en granza y germinación del arroz, en función del tratamiento de control de malezas.

Herbicidas	Dosis (g/ha)	Espigas (g)	Rendimiento (g/m ²)	Germinación (%)
Fenoxaprop-etil	100	80 a	824 a	98 a
	200	54 b	769 a	91 a
Fluazifop-butil	100	27 c	367 b	98 a
	200	12 c	153 b	55 b
Testigo absoluto		89 a	678 a	88 a

Medias con igual letra minúscula, para las columnas, no difieren según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad

Cuadro 7. Rendimiento del arroz en granza en función de dos épocas de aplicación y tres dosis de fenoxaprop-etil (g/m²).

Epoca (DDS)	Dosis (g/ha)		
	0	50	100
60	0 b	110 a	95 a
80	18 b	14 b	10 b

Medias con igual letra minúscula no difieren según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad

Conclusiones

El arroz toleró mejor al fluazifop-butil en aplicaciones tempranas, mientras que la época de aplicación parece no influir en la tolerancia del arroz al fenoxaprop-etil.

De ambos herbicidas, las dosis que mejor toleró el arroz fueron 50 y 100 g/ha

El fenoxaprop-etil puede resultar útil en el combate de infestaciones tardías de malezas gramíneas en el arroz.

Resumen

Se condujeron cuatro experimentos en dos zonas productoras de arroz, para estudiar la tolerancia del arroz al fenoxaprop-etil y al fluazifop-butil, durante el segundo semestre de 1984.

En uno de los experimentos los herbicidas se aplicaron 12 y 19 días después de sembrar, en dosis de 50, 100, 150 y 200 g/ha; mientras que en otro se aplicaron 12, 19, 26 y 33 días después de sembrar en dosis de 100 y 200 g/ha. Los otros dos experimentos se ubicaron en zonas ecológicamente contrastantes y los herbicidas fueron aplicados al inicio de la floración; en una zona ocurrió alta infestación por *Echinochloa colonum* L. y en la otra por *Cenchrus echinatus* L.

El arroz toleró tanto al fenoxaprop-etil como al fluazifop-butil, cuando se aplicaron entre 12 y 33 días después de sembrar en las dosis de 50 a 150 g/ha; sin embargo, parece tolerar mejor al fluazifop-butil en aplicaciones entre 12 y 19 días después de sembrar.

Cuando los herbicidas se aplicaron al inicio de la floración, solo el fenoxaprop-etil, 100 y 200 g/ha, no influyó negativamente sobre la producción y germinación del arroz. Tanto *E. colonum* como *C. echinatus* fueron combatidos eficazmente

Literatura citada

- GONZALEZ, R., MURILLO, I. 1981 Manual de producción para arroz de secano en Costa Rica. Compañía Costarricense del Café, S.A. 127 p
- HOLDRIDGE, L. 1978 Ecología basada en zonas de vida H. Jiménez (trad.). San José, Costa Rica. IICA. 216 p
- MATTEUCI, S., COLMA, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Organización de los Estados Americanos, Washington, USA. 101 p.
- OCAMPO, R. 1985 Incidencia de plantas indeseables en el cultivo del arroz en el cantón de Aguirre y Parrita. Tesis de Grado. Universidad

de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia. 96 p.

5. PEREZ, S. 1978. Mapa preliminar de las Asociaciones de subgrupos de suelos de Costa Rica. San José, Costa Rica, Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería.

6. ZUÑIGA, N. SOTO, A. 1982. Control químico del Zacate Indio (*Rottboellia exaltata* L.) In Resúmenes V Congreso Agronómico Nacional. San José, Costa Rica, Colegio de Ingenieros Agrónomos. 110 p.

7. WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. 1983. Herbicide Handbook. 5a. ed. Illinois, Weed Science Society of America. 515 p.

Notas y comentarios

Aspirina vegetal para repeler insectos.

Cuando los pieles rojas norteamericanos tenían un dolor de cabeza, se amarraban un poco de corteza de sauce machacada en sus frentes. Desde esa época hemos encontrado que los sauces fabrican su propia forma de aspirina, óxido salicílico combinado con un azúcar para formar un glucósido fenólico llamado salicina (*New Scientist*, 23-IX-82, p. 847). Pero, ¿por qué tienen que hacer aspirina los árboles de sauce?

Un grupo de biólogos de Finlandia, dirigidos por J. Tahvanainen, en la Universidad de Joensuu, ofrecieron hojas de varias especies de sauces nativos a cuatro especies nativas de escarabajos que se alimentaban de sus hojas. También analizaron las hojas, buscando otros glucósidos fenólicos, que son "compuestos secundarios", esto es, sustancias que no son de uso directo para la fisiología o metabolismo de la planta (*Ecology*, vol. 67, p. 52).

Los hábitos alimenticios de los escarabajos fueron fuertemente influenciados por los glucósidos fenólicos en las hojas de sauce. El insecto *Galerucella lineola* no comía hojas que contenían altos niveles de salicina y una sustancia similar, salicortina. Pero algunos otros insectos, tales como *Phratora vitellinae*, prosperaban con estos glucósidos fenólicos, y hasta evitaban los sauces con bajos niveles de ellos. Unas bolitas hechas con salicina artificial tuvieron los mismos efectos. El insecto había superado de alguna manera el disgusto por la salicina, al punto tal que sus larvas la usaban en realidad como una defensa contra el ataque de predadores.

Por otra parte, las hojas de los sauces no nativos de la región estuvieron mucho más protegidos. Aún cuando sus hojas parecían iguales, contenían uno o dos glucósidos fenólicos que no tenían los sauces nativos. Así, parece que durante la evolución, los insectos que comen hojas de sauce han vencido gradualmente su repugnancia hacia los glucósidos fenólicos individuales, sólo para sentirse engatusados cuando se enfrentan con sauces exóticos. Adalberto Gorbitz.

M.O. OLADIMEJI*, N.H. STEPHEN**, J. DALZIEL***, H.J. DUNCAN**

Resumen

*Se investigó en el laboratorio la influencia de diversos productos químicos supresores de brotes en mastuerzo (*Lepidium sativum* L.) y en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. var. *moneymaker*). Los productos investigados fueron: clorprofán (isopropil-N-(3-clorofenil carbamato), 2,4-D (ácido 2,4 diclorofenoxiacético), 1,6-dimetilnaftaleno, hidracina maleica (1,2-dihidro-3,6 piridacina-dione), profán (isopropil-N-fenil carbamato) y tecnaceno (1,2,4,5-tetracloro-3 nitrobenzeno)*

La germinación y crecimiento de las semillas de mastuerzo y tomate se efectuó a 25° C en discos petri cerrados, bajo la influencia de vapores de los productos químicos. La germinación de las semillas y el crecimiento fueron evaluados midiendo el largo de las raíces y los brotes de mastuerzo y tomate, a los tres y cinco días, respectivamente.

Con la dosis de 1.0 mg por disco, todos los productos, excepto la hidracina maleica, la cual no es volátil, inhibieron significativamente la germinación y crecimiento de la semillas probadas. No siempre ocurre una relación numérica estrecha entre los resultados de las pruebas de tomate y mastuerzo, debido a que parece ser variable, la sensibilidad de las especies hacia un producto químico. De los resultados puede inferirse que un producto químico que produce inhibición de germinación y crecimiento, ya sea en mastuerzo o tomate, o preferiblemente en ambas especies, es promisorio como un supresor de brotes en papas después de cosechadas.

Introduction

Among the major problems of potato storage are disease and sprouting. Sprouting can cause weight loss due to increased evaporation (3) and transfer of weight from a valuable tuber to a useless sprout (14), loss in seed quality and loss in visual and compositional quality (2). Potato sprouting is widely controlled through the application of sprout suppressant chemicals. The chemicals presently used do not possess all the desirable properties of a potato sprout suppressant (1), and a new, better sprout suppressant is needed.

One way of developing a new potato sprout suppressant is to test all the available chemicals for potato sprout suppression activity, which would be expensive and impractical. Thus, these chemicals should undergo preliminary screening so that only the most promising will be tested on potato tubers. At present there is no suitable screening method. Assessment techniques based on the growth of excised potato buds have not been successful because the excised buds behave differently than whole tubers (5, 6, 15).

This paper will focus on the screening of chemicals for potato sprout suppression activity. Vapours of chlorpropham (isopropyl-N-(3-chlorophenyl) carbamate) (4) and esters of 2,4-D(2,4-dichlorophenoxy acetic acid) (8) were found to inhibit germination and growth of cucumber seeds. Chlorpropham and 2,4-D are known potato sprout suppressants (11, 7). Thus, the vapour of any potato sprout suppressant is likely to inhibit the germination and growth of seeds. This assumption was the basis for the screening procedure proposed here.

¹ Received for publication on 20 January, 1986

* Department of Chemistry, Adeyemi College of Education, Ondo, Nigeria.

** Department of Chemistry, Agricultural Chemistry Section, University of Glasgow, Glasgow, Scotland.

*** Imperial Chemical Industries, Ltd., London, England.

Materials and methods

Stock solutions (1 g/cm³) of the chemicals to be assayed were prepared in ethanol. An exact volume of solution was pipetted onto the lid of a 9 cm diameter plastic Petri dish. The lid was then placed in a fume cupboard for about 30 minutes to allow the solvent to evaporate, leaving a crystallized deposit of the test material as a film on the lid surface. A Whatman No. 1 filter paper was placed on the base of the dish, 25 test seeds were added, and the paper moistened with deionised water. The seeds were then evenly spaced around the dish before the chemically coated lid was put in place. The dish was incubated in the dark at 32 ± 2°C for a set period before root or shoot measurement was made.

Each chemical was employed at levels of 0, 0.1, 0.5 and 1.0 mg/dish for each test species. Each treatment was carried out in duplicate to give 50 replicates. The test species were cress (*Lepidium sativum* L.) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill, var. Moneymaker), and the bioassay conditions employed for each species are tabulated in Table 1. The chemicals tested are chlorpropham, 2,4-D, dichlobenil (2,6-dichloro-benzonitrile), 1,6-dimethylnaphthalene, maleic hydrazide (1,2-dihydro-3,6-pyridazine-dione), propham (isopropyl-N-phenyl carbamate), tecnazene (1,2,4,5-tetrachloro-3-nitrobenzene), borneol (endo-1,7,7-trimethylbicyclo (2.2.1) heptan-2-ol), camphor (1,7,7-trimethyl bicyclo (2.2.1) heptan-2-one), carvone (2-methyl-octadienal), methyl salicylate, & pinene (2,6,6-trimethyl bicyclo (3.1.1) hept-2-ene,

Table 1. Bioassay conditions employed for the two test species.

Test Species	Temp. (°C)	Volume of water (ml per dish)	Incubation time (h)	Root or shoot measurement
Cress	32	3	72	Root
Tomato	32	5	144	Shoot

Table 2. Effect of sprout suppressant chemicals on cress root growth and tomato shoot growth at 32°C.

Chemical	Rate mg/dish	Cress root length (% of the control)	Tomato shoot length (% of the control)
Chlorpropham	0.1	33 a	9 a
	0.5	26 a	0 a
	1.0	14 a	0 a
2,4 D	0.1	38 a	59 a
	0.5	4 a	14 a
	1.0	6 a	12 a
Dichlobenil	0.1	45 a	15 a
	0.5	0 a	7 a
	1.0	0 a	0 a
1,6 Dimethylnaphthalene	0.1	117	110
	0.5	91	104
	1.0	53 a	56 a
Maleic hydrazide	0.1	91	90
	0.5	106	109
	1.0	109	106
Propham	0.1	68	32 a
	0.5	16 a	0 a
	1.0	5 a	0 a
Tecnazene	0.1	61 a	81
	0.5	18 a	0 a
	1.0	40 a	36 a

a Significantly different from control at the 5% level.

pulegone (5-methyl-2-(1-methylethylidene) cyclohexanone) and vanilin (4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde).

Analysis of root or shoot data was carried out for each chemical using the analysis of variance technique to determine significant differences within experiments. Probability (P) < 5% was judged significant.

Results and discussion

Table 2 shows that the roots of cress and shoots of tomato were significantly reduced by the vapours of chlorpropham, dichlobenil, 2,4-D, tecnazene and propham. These results showed that the vapour concentration of 2,4-D at 32°C is high enough to inhibit growth. Inhibition of germination and growth of weed seeds in soil containing 2,4-D had been reported (13). Maleic hydrazide did not reduce either cress root or tomato shoot lengths. This is due to the fact that maleic hydrazide is a nonvolatile pre-harvest potato sprout suppressant (10); it normally acts by translocation (12) and may inhibit plant growth by behaving as an antiauxin (9). 1,6-dimethylnaphthalene significantly reduced cress root and tomato shoot lengths only at the level of 1 mg/cm³. This may be a result of rapid evaporation during incubation.

Table 3 shows that cress root retardation by citral and pulegone is high, while retardation produced in tomato shoots is comparatively low. Conversely, methyl salicylate produced relatively high retardation in tomato and no retardation of cress roots. Camphor, &-pinene and vanilin produced little or no retardation in cress of tomato. Borneol, carvone and pulegone significantly retarded cress roots and tomato shoots. It has already been found that camphor, citral, &-pinene and vanilin produced poor or no inhibition of potato sprouting, while borneol, carvone and pulegone greatly inhibited potato sprouting (1).

The results indicate that chlorpropham, 2,4-D, dichlobenil, propham, tecnazene, borneol and carvone, which are already known to possess high potato sprout suppression activity, also significantly retard cress roots and tomato shoots. Pulegone, which also displays high potato sprout suppression activity, produced higher retardation in cress than in tomato, while methyl salicylate, which shows moderate potato sprout suppression activity, produced higher retardation in tomato than in cress. Citral, which has no potato sprout suppression activity, produced high retardation of cress roots and moderate retardation of tomato shoots.

Table 3. Effect of naturally produced volatile organic compounds on cress root growth and tomato shoot growth at 32°C.

Chemical	Rate (mg/dish)	Cress root length (% of control)	Tomato shoot growth (% of control)
Borneol	0.1	124	87
	0.5	79	88
	1.0	15 a	50 a
Camphor	0.1	119	104
	0.5	106	104
	1.0	82	104
Carvone	0.1	59	95
	0.5	24 a	62 a
	1.0	7 a	46 a
Citral	0.1	58 a	79
	0.5	14 a	63 a
	1.0	1 a	47 a
Methyl salicylate	0.1	79	57 a
	0.5	99	58 a
	1.0	91	24 a
&-Pinene	0.1	111	100
	0.5	109	94
	1.0	109	98
Pulegone	0.1	43 a	89
	0.5	1 a	76
	1.0	0 a	60 a
Vanilin	0.1	94	103
	0.5	95	111
	1.0	66	98

a Significantly different from control at the 5% level

These results indicate that any potato sprout suppressant will produce high inhibition in either tomato shoots or cress roots, or both, and that some compounds that are not potato sprout suppressants can also reduce cress root or tomato shoot lengths. This now forms the basis of the present screening procedure, whereby a chemical that produces reductions in either tomato shoot length or cress root length, or preferably in both, appears to be promising as a post-harvest potato sprout suppressant.

A limitation of this screening procedure is that there may be a few chemicals which can produce significant inhibition in the cress or tomato test, but do not possess adequate potato sprout suppression activity. On the positive side, the present screening approach involves very little skill and is reproducible. It is low in cost and takes little time. In the use of this screening procedure, care must be taken to prevent the chemical from evaporating away during the period of removing the solvent. It is also advisable to use two or more test plant species for each chemical.

Summary

The influence of sprout suppressant chemicals chlorpropham (isopropyl-N-(3-chlorophenyl) carbamate), 2,4-D (2,4-dichlorophenoxy acetic acid), 1,6-dimethylnaphthalene, maleic hydrazide (1,2-dihydro-3,6-pyridazine-dione), propham (isopropyl-N-phenyl carbamate) and tecnazene (1,2,5-tetrachloro-3 nitrobenzene) were investigated on cress (*Lepidium sativum* L.) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill var Moneymaker) in the laboratory. Cress and tomato seeds were germinated and grown at 25°C in the Petri dish under the influence of the vapor of sprout suppressants coated on the Petri dish lids. Seed germination and growth were assessed by measuring the root and shoot lengths of cress and tomato after 3 and 5 days respectively. At the level of 1.0 mg per dish, all the sprout suppressants except maleic hydrazide, which is nonvolatile, inhibited significantly the germination and growth of cress and tomato seeds. Close numerical agreement between the results of the tomato and cress tests does not always occur because the sensitivities of the plant species towards a particular chemical are likely to be variable.

It is suggested that a chemical which produces germination and growth inhibition in either cress or tomato, or preferably in both, is promising as a post-harvest potato sprout suppressant.

Literature cited

- 1 BEVERIDGE, J. L.; DALZIEL, J.; DUNCAN, N. J. 1981. The assessment of some volatile organic compounds as sprout suppressants for ware and seed potatoes. *Potato Research* 24:61-76.
- 2 BURTON, W. G. 1966. The potato: A survey of its history and of factors influencing its yield, nutritive value, quality and storage. 2nd Edition. Pub. Veenman and Zonen Wageningen, Holland.
- 3 BURTON, W. G. 1973. Physiological and biochemical changes in the tuber as affected by storage conditions. Proc. 5th Triennial Conf. Eur. Ass. Potato Research (Norwich, 1972) p. 63-81.
- 4 DANIELSON, L. L. 1959. Mode and rate of release of isopropyl N-(3-chlorophenyl) carbamate from several granular carriers. *Weeds* 7:418-426.
- 5 EL-ANTABLY, H. M. M.; WAREING, P. F.; HILLMAN, J. 1967. Some physiological responses to D.L. Abscisin (Dormin). *Planta (Berl.)* 73:74-90.
- 6 HARTMANS, K. J.; VAN ES, A. 1979. The influence of growth excised potato buds. *Potato Research* 22:319-332.
- 7 KENNETH, A. E. 1945. Weight loss of potatoes stored in various containers and treatments which may reduce this loss. *Veg. Growers Association America Annual Report* 148-156.
- 8 LEASURE, J. K. 1958. A study of some bioassay methods for herbicide volatility. *Weeds* 6:310-314.
- 9 LEOPOLD, A. C.; KLEIN, W. H. 1951. Maleic hydrazide as an antiauxin in plants. *Science* 14:9-10.
- 10 MARSHALL, E. R.; SMITH, O. 1951. Maleic hydrazide as a sprout inhibitor for potatoes. *Botanical Gazette* 112:329-330.
- 11 MARTIN, P. C.; SCHULTZ, E. S. 1950. Effect of growth regulators on sprouting of stored table stock potatoes and on waste piles for control of diseases. *America Potato Journal* 27:23-32.
- 12 MARTIN, H. 1972. *Pesticide Manual*, 3rd Edition. Pub. British Crop Protection Council.

- 13 MITCHELL, J.W.; MARTH, P.C. 1946 Germination of seeds in soil containing 2,4-dichlorophenoxy acetic acid *Botany Gazette* 107:408-416
- 14 SPARKS, W.C. 1978 Potato storage quality as influenced by ventilation *Abs 7th Triennial Conference Eur Ass Potato Research, Warsaw, Poland* p 90-91
- 15 VAN ES, A.; HARTMANS, K.J. 1969. The influence of abscisin II and gibberellic acid on the sprouting of excised potato buds. *Eur Potato Journal* 12:59-63.

Reseña de libros

DOLL, J. Manejo y control de malezas en el Trópico. Cali, Colombia, CIAT. 1979. 114 p.

Este libro editado por Jerry Doll, especialista en control de malezas, está dividido en trece capítulos, cada uno distinto, independiente y preparado por diferentes autores, si bien ligados por su contenido con el título de la obra

El primer capítulo describe los principios para el control de malezas discute diversos aspectos, como métodos de control, programas de control de malezas y cómo definirlos, el uso de mezclas de herbicidas, los tipos de herbicidas, la época de aplicación y las formulaciones en que se presentan.

El segundo capítulo es muy corto y sólo incluye el nombre científico de las 74 malezas tropicales más comunes. En el tercero se anota las 40 principales familias que incluyen plantas invasoras, así como una clave botánica resumida para identificar cada familia, la cual puede ser utilizada por cualquier persona que tenga un mínimo de conocimientos botánicos.

El capítulo cuarto trata dos temas: competencia y alelopatía. En cuanto a competencia se define el concepto y se expone los factores por los cuales compiten las malezas con los cultivos, los períodos o épocas críticas de competencia, así como las adaptaciones de las malezas, que las convierten en eficientes competidoras

Con respecto a alelopatía, también se define el concepto, se compara con el de competencia y se da algunos ejemplos.

El quinto capítulo está dedicado a la descripción de los diferentes equipos de aspersión utilizados para aplicaciones terrestres y aéreas. Además se presenta las pautas para definir qué tipo de bomba se requiere de acuerdo a las condiciones existentes.

El sexto capítulo se refiere a la calibración de aspersoras terrestres y analiza el efecto de la velocidad de aspersión, número de boquillas, tamaño del orificio de las boquillas y presión de aspersión en la descarga de una aspersora; además se presenta ejemplos de calibración de bombas de espalda y aspersoras acopladas a tractores.

El séptimo capítulo explica los principios en que se basa la selectividad de los herbicidas, separando los factores en: 1) físicos y mecánicos, 2) ambientales, 3) morfológicos y anatómicos y 4) fisiológicos. Para cada uno de estos factores existe una serie de variantes y en cada una de ellas se ofrece ejemplos de cómo el herbicida aplicado en determinada forma, época o situación controla las malezas y no daña al cultivo.

El octavo capítulo analiza en forma bastante amplia el modo de acción de los diferentes grupos de herbicidas, así como los síntomas de daño, de acuerdo al proceso fisiológico que afectan. El capítulo nueve hace referencia a los factores que inciden en la efectividad de los herbicidas. En este capítulo se trata con bastante precisión una serie de factores, que a nivel de campo afectan la selectividad de los herbicidas y que hacen que una aplicación dé un buen o mal resultado.

El décimo capítulo hace una breve descripción de las diferentes formulaciones con que se venden los herbicidas, así como las ventajas que tiene cada una de ellas. El onceavo capítulo está dedicado a la descripción de los diferentes tipos de "surfactantes" (agentes activadores de superficies), sus propiedades

y aplicaciones prácticas. En el doceavo capítulo sólo se anotan algunos problemas, cuya respuesta adecuada se puede obtener si se ha entendido todo el texto.

Termina el libro con un capítulo sobre precauciones que deben ser adoptadas en el uso de herbicidas, las que siempre son importantes debido a los frecuentes problemas de intoxicación.

El folleto está escrito en forma concisa y clara; los temas que abarca están en forma precisa, de tal manera que se adaptan al público al cual está dirigido, compuesto por extensionistas, estudiantes universitarios y profesores, todos vinculados con el control de malezas.

A pesar de que el editor trate de que el folleto sea lo más práctico posible, creo que algunos capítulos podrían ampliarse un poco, especialmente con la inclusión de ciertos temas importantes; por ejemplo se habla muy poco del efecto de los herbicidas en el suelo, sus efectos sobre los microorganismos, la persistencia y otros. El capítulo onceavo habría sido más amplio si se dedicara a los coadyuvantes, que incluyen no sólo a los agentes activadores sino también humectantes, dispersantes, adherentes, emulgentes, agentes

de suspensión, tamponadores de pH y agentes estabilizantes.

Una de las fallas que esta obra presenta en los diferentes capítulos es que no obstante incluir información que ha sido el resultado de investigación en diferentes lugares del mundo, no expone las citas bibliográficas en forma correcta. Se observa muy pocos errores ortográficos y/o tipográficos, lo que demuestra una muy buena revisión del editor.

El documento presenta mucha información y muy valiosa, a pesar de su corta extensión, la cual ocurre en buena parte a que no se incluye fotografías o láminas y las figuras o esquemas que se presentan son sólo los necesarios para ilustrar el tema, ocupando pequeños espacios dentro del texto.

Dado que abarca prácticamente todos los temas que se estudian en los cursos de control de malas hierbas, este folleto puede ser utilizado como texto a nivel universitario.

JUAN E. MORA MONTERO
IICA, COSTA RICA

FRACCIONAMIENTO DE ZINC, COBRE Y COBALTO EN SUELOS DE BANCO Y ESTERO DEL MODULO EXPERIMENTAL DE MANTECAL, EDO. APURE¹

D. LOPEZ-HERNANDEZ*, J.R. HEUDES**, N. CARRION**

Summary

Zn, Cu and Co fractionation in river bank soils (Entisols and Alfisols) and estuary soils (Vertisols) located in the Experimental Station at Mantecal (Apure State) are presented.

Fractions corresponding to exchangeable forms (M-CA), specifically adsorbed forms (M-AAC), forms associated with organic matter (M-PIR), forms occluded by free oxides (M-OX) and residual forms (M-RES) are characterized.

Most of the zinc is associated with oxides and organic matter, and a lesser proportion of this element exists in readily available form.

Most copper exists in a residual form, although an important part is associated with organic matter. The most available forms of copper (Cu-Ca and Cu-AAC) are below 1 ppm.

For cobalt only two fractions were detectable in available (Co-AC) and residual form; the latter includes most of this element (60-70%).

The low pH values of the analyzed soils and the relative abundance of organic matter in estuary soils partially explain a mobilization of Zn and Cu to more readily available forms.

Introducción

Una de las tareas más complejas en la química de suelos es la caracterización analítica de las diferentes fracciones de los elementos. Habitualmente los elementos (mayoritarios y trazas) no existen en la porción sólida del suelo en una sola forma, sino más bien, acoplejados con componentes tanto

orgánicos como inorgánicos. Una separación bien definida de las diferentes fracciones presenta sus dificultades, complicándose más, cuando el elemento en cuestión existe en minúsculas cantidades.

Para algunos elementos se han ensayado algunos esquemas de fraccionamiento, destacando, en particular, por lo altamente elaborado del esquema de fraccionamiento, el introducido para el fósforo, por Chang y Jackson (2). Esta metodología ha sido ampliamente utilizada para caracterizar formas disponibles y no disponibles del fósforo, en suelos de diferentes regiones del mundo. López-Hernández (8). En el caso de micronutrientes Mc Laren y Crawford (15) propusieron un esquema de fraccionamiento para el cobre, el cual ha sido utilizado para otros elementos (Lyengar *et al.* (5)).

El método en cuestión permite hacer una adecuada discriminación entre las fracciones de micronutrientes catiónicos ligados a los componentes inor-

¹ Recibido para publicación el 19 de enero de 1985.

Este trabajo forma parte de un programa de investigación sobre balances nutricionales en sabanas tropicales adelantado por el Laboratorio de Estudios Ambientales IZT, Facultad de Ciencias, UCV. Se agradece la colaboración financiera del CDCH y del CONICIT.

* Laboratorio de Estudios Ambientales, IZT, Facultad de Ciencias, Universidad Central, Caracas, Venezuela.

** Laboratorio de Analítica, Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Central, Caracas, Venezuela.

gánicos (intercambiable, asociado a la fracción de óxidos metálicos, ocluido y residual) y los componentes orgánicos (disponible y extraíble con pirofosfato). La información que suministran los esquemas de fraccionamiento es de la mayor importancia para entender el comportamiento geoquímico de los elementos, así las tasas de redistribución dentro de los diferentes compartimientos del ecosistema están de una buena manera asociado con la facilidad con que el elemento sea transferido de una forma muy poco disponible (p. ej. ocluido) a una fracción más fácilmente accesible (v. g. intercambiable).

Dentro del estudio de la estructura y funcionamiento del ecosistema conformado por las sabanas inundable (Módulo Experimental de Mantecal) se ha considerado de la mayor importancia el estudio de los ciclos biogeoquímicos de los elementos (macro y micronutrientes López-Hernández *et al.* (11, 12) En ese contexto, y en particular para el caso específico de los micronutrientes un adecuado conocimiento de las formas potencialmente disponibles, así como de su posible interrelación con las formas menos móviles podrían arrojar información acerca de como puede ocurrir la movilización y redistribución de esos elementos en los diferentes compartimientos del ecosistema.

En este trabajo se presenta el fraccionamiento para las diferentes formas del cobre, cinc y cobalto en suelos de banco y esteros ubicados en el Módulo Experimental de Mantecal.

Materiales y métodos

Suelos utilizados

En un área (3.5 ha) representativa del Módulo Experimental de Mantecal descrita con detalles en trabajos anteriores López-Hernández *et al.* (9, 10), se escogieron 30 muestras al azar de los suelos correspondientes al banco (nivel fisiográfico más alto en la sabana-Entisoles o Alfisoles) e igualmente se tomaron 30 muestras de suelos del estero (nivel fisiográfico más bajo-Vertisoles, Cuadro 1). En cada caso las muestras fueron combinadas en porciones iguales para

formar una muestra compuesta representativa de los dos tipos de suelos. Estas muestras compuestas fueron trituradas y luego cernidas por el tamiz de 2 mm. El Cuadro 1 presenta las características generales de los suelos de esa zona.

Procedimiento de fraccionamiento

Se utilizó el esquema propuesto por Mc Laren y Crawford (15), siguiéndose los pasos que se proponen en el diagrama de flujo esquematizado en la Fig. 1. Los experimentos fueron conducidos por triplicados a la temperatura constante del laboratorio (25°C).

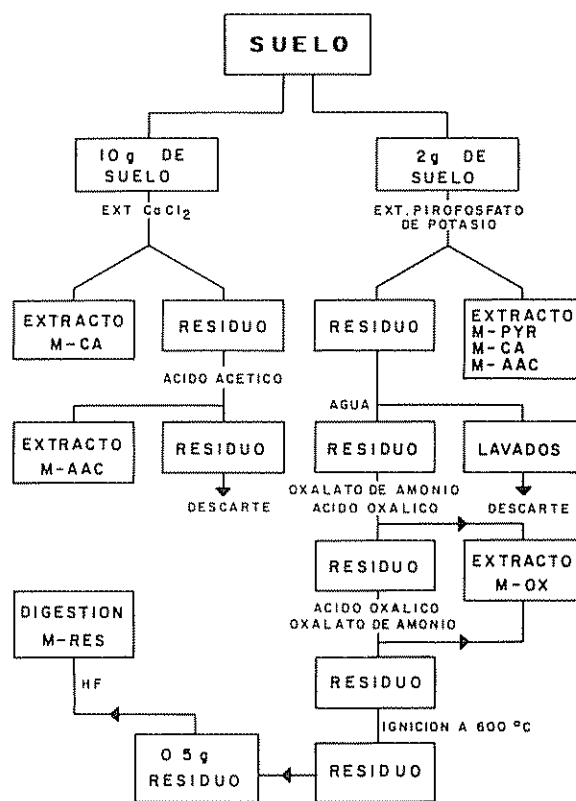


Fig. 1 Esquema de fraccionamiento

Cuadro 1. Características generales de los suelos de la zona.

	Ubicación taxonómica	pH	Materia orgánica %	Arena %	Arcilla %	CIC meq/100 g
Banco	Entisoles y Alfisoles	4.40	1.4	54.2	7.8	4.1
Estero	Vertisoles	4.25	5.1	12.8	62.4	38.2

Solución del suelo y micronutrientos intercambiable CA

Diez gramos de suelo se colocan en un tubo de centrífuga y se le añaden 100 ml de solución 0.05 M de CaCl_2 y se agitan durante 24 horas. centrifugado a 1 200 rev/min durante 10 min. posteriormente la fase líquida es separada por filtración del residuo

Micronutriente unido a sitios inorgánicos M-AAC

Al residuo de la extracción anterior se le agregaron 100 ml de ácido acético al 2.5% : luego se agitan durante 24 horas. por medio del centrifugado a 1 200 rev /min durante 10 min. La fase líquida es luego separada de la sólida mediante filtración

Los extractos de estas dos extracciones son guardados para su posterior análisis por espectrofotometría de absorción atómica

Micronutrientos unido a la materia orgánica M-PIR

Dos gramos de suelo son extraídos con 200 ml de solución de pirofosfato de potasio 1.0 M. este extracto es después centrifugado a 1 200 rev/min durante 15 min. y se separa por filtración la fase líquida del sólido.

Micronutriente unido a los óxidos M-OX

El residuo de la extracción anterior se agita con 50 ml de agua destilada, la cual es descartada, y la muestra se lava con otra pequeña cantidad de agua destilada en una cápsula de porcelana. Después de evaporar a sequedad sobre un baño de vapor, se agregan 100 ml del reactivo (0.1 M de ácido oxálico + 0.175 M de oxalato de amonio, pH = 3.25) y el contenido de la vasija es mantenido en baño de vapor, siendo expuesto a la luz UV durante 2 1/2 horas (el nivel del líquido fue mantenido durante la extracción con agua destilada). A continuación el contenido del recipiente se centrifuga a 1 200 rev/min durante 5 min. y el residuo es extraído con otros 50 ml del reactivo (reactivo de Tamm). Se separa el residuo del líquido una vez centrifugado mediante filtración. Las dos fases líquidas son unidas luego para ser analizadas por espectrofotometría de absorción atómica

Micronutrientos residual M-RES

El residuo de la extracción anterior se evapora a sequedad y luego se coloca en una mufla a 600°C. A continuación se pesan 0.5 g de este residuo, los cuales son disueltos con HF empleando para ello una bomba de digestión ácida

Determinación del contenido total de micronutrientos

De las muestras de suelo pulverizadas, se pesan 0.1 g (por quintuplicado) y se efectúa una digestión con agua regia y HF empleando un recipiente de teflón el cual forma parte de las bombas de digestión ácida Bernas (1), Welz (18). luego se colocan las bombas a 130°C en una mufla durante 2 horas, una vez terminada la digestión se agrega una solución saturada de ácido bórico para acomplejar los fluoruros Bernas (1). En el caso de la determinación de cobalto se utilizó 1.0 g y bombas de digestión ácida más grande

Análisis químico de los elementos

Se realizó por absorción atómica (Varian Techtron AA6). En cada caso se hicieron las correcciones del efecto matriz de la solución de ataque correspondiente Heudes (4)

Resultados y discusión

Los Cuadros 2 y 3 resumen la información sobre el contenido total de los microelementos, así como los valores encontrados para las fracciones correspondientes. Los resultados exhiben una tendencia general a que exista una mayor abundancia de Zn, Cu y Co en los suelos de estero en comparación con los datos obtenidos para el banco. Tal situación se presentó no sólo en el caso del contenido total del elemento (Cuadro 3), sino que se mantiene para prácticamente todas las fracciones individuales (Cuadro 2)

Fraccionamiento del zinc

La mayor proporción del Zn se encuentra asociada a los óxidos metálicos (extraíble con oxalato) y a la materia orgánica (extraíble con pirofosfato), en el caso del estero también una apreciable cantidad de zinc aparece como residual. En ambos suelos, la menor proporción de zinc se encuentra, como es de esperar, en la fracción más disponible (intercambiable Zn-Ca y extraíble con acetato Zn-AAC)

Fraccionamiento del cobre

La proporción más importante de cobre existe en la fracción residual, aunque también una parte sustancial de ese elemento se mantiene asociada a la materia orgánica (Cu-PIR). El cobre, en estos suelos, al parecer es menos relacionado con los óxidos metálicos (Cu-OX) que lo encontrado en el caso del zinc. Los niveles de cobre más disponible (Cu-Ca y Cu-AAC) están por debajo de 1 ppm

Fraccionamiento del cobalto

Solamente dos fracciones fueron detectables para el cobalto, la fracción disponible con valores alrededor de 1.0-1.5 ppm, y la fracción residual, en donde encontramos localizado la mayor parte del elemento (60-70% del total). En las otras tres fracciones no fue posible detectar niveles significativo del elemento

Conclusiones

La información obtenida (Cuadro 3) para el zinc total (154 ppm banco; 306 ppm estero) y el cobre total (100 ppm banco; 138 ppm estero) concuerda de manera general con datos preliminares obtenidos por fluorescencia de rayos X reportados por López-Hernández *et al.* (10) y Manzo (14) para suelos de la misma zona, quienes señalan para el zinc valores comprendidos entre 37 ppm (banco) a 281 ppm (estero); para el cobre sus cifras son significativamente menor en el caso de los suelos de banco (6 ppm) y similares en el caso del estero (149 ppm). Sin lugar a dudas, que el contenido de zinc y cobre, en los suelos arenosos del banco (Alfisolos o Entisolos) son significativamente más bajos que los correspondientes a las arcillas (Vertisolos) del estero, aunque el material parental para estos suelos de la llanura de desborde es similar (material aluvional), se entiende que la frac-

ción fina es más rica en minerales accesorios del Zn y del Cu. Es de anotar también, que el mayor contenido de las formas coloidales orgánicas e inorgánicas (Cuadro 1) de las arcillas contribuyen a retener los elementos trazas que pudiesen llegar a estos ecosistemas vía precipitación atmosférica López-Hernández *et al.* (11, 13), Niño (16)

Al parecer es poca la importancia que pudiese tener el pH de estos suelos en definir los valores contrastantes de microelementos, tanto en sus formas disponibles como no disponible, los suelos de estero si bien ligeramente más ácidos (pH 4.25) no difieren, en cuanto a reacción, de manera muy pronunciada de los suelos asociados con el banco (pH 4.40 véase Cuadro 1). La fracción de Zn disponible (Zn-Ca) para ambos suelos es bastante superior a los valores anotados por Iyengar *et al.* (5) y Shuman (17) para suelos del este de los Estados Unidos, los primeros autores utilizaron un esquema de fraccionamiento similar al aquí empleado. Conviene también anotar que el suelo de estero presenta un valor un tanto alto de zinc intercambiable, si se compara con los valores correspondientes a suelos de Cerrado extraído con solución Carolina del Norte (0.05 N HCl + 0.025 N H₂SO₄ López y Cox (7), Embrapa (3)

Los valores encontrados para el cobre disponible (aprox. 0.6 ppm) si se encuentran dentro del rango

Cuadro 2. Contenido promedio y desviaciones estándar de Zn, Cu y Co en las diferentes fracciones (ppm).

	Zinc		Cobre		Cobalto	
	Banco	Estero	Banco	Estero	Banco	Estero
M - Ca	2.4 ± 0.3	10.8 ± 0.7	0.7 ± 0.1	0.6 ± 0.0	0.9 ± 0.08	1.6 ± 0.08
M - AAC	5.6 ± 0.5	20.0 ± 2.0	1.0 ± 0.0	0.6 ± 0.0	n.d.*	n.d.
M - PIR	59.0 ± 3.0	71.0 ± 4.0	34.0 ± 1.0	40.0 ± 1.0	n.d.	n.d.
M - OX	83.0 ± 9.0	120.0 ± 2.0	8.7 ± 0.05	18.8 ± 0.06	n.d.	n.d.
M - RES	17.0 ± 2.0	93.0 ± 11.0	37.7 ± 0.05	60.0 ± 1.0	10.3 ± 0.01	21.0 ± 0.05
Total	167.00	314.8	82.10	120.0	11.2	22.6

* n.d. no detectable.

Cuadro 3. Contenido de Zn, Cu y Co total por digestión y fraccionamiento (ppm).

	Zinc		Cobre		Cobalto	
	Banco	Estero	Banco	Estero	Banco	Estero
Total por fraccionamiento	167.0	314.8	82.1	120.0	11.2	22.6
Total por digestión	154.0	306.0	100.0	138.0	16.6	29.3
% Recuperado en el fraccionamiento	108.4	102.9	82.1	86.95	67.5	77.1

proporcionado por Embrapa (3) y López y Cox (7) para suelos característicos del Cerrado Brasileiro. Para ambos elementos se podría considerar que la disponibilidad está por encima de los niveles críticos sugeridos para la solución Carolina del Norte (1 µg/ml para Cu y 0.8 g/ml para Zn respectivamente López y Cox (7)).

En lo que respecta al cobalto no se dispone de datos comparativos para el fraccionamiento. Los niveles de Co intercambiable (0.9-1.6 ppm) son, a nuestro parecer, suficientemente altos como para suplir las demandas nutricionales, sin embargo, es poco lo que se puede agregar en este respecto ya que ensayos de calibración con este elemento son muy poco abundantes. Kubota y Allaway (6). Conviene señalar que los contenidos de cobalto total aquí mencionados (29.3 ppm para el estero y 16.6 ppm para el banco) están por encima del nivel (5 ppm Co) que Kubota y Allaway (6) anotan para suelos con marcadas deficiencias en este elemento.

El esquema de fraccionamiento empleado fue muy efectivo en el caso del zinc (109% en banco y 102% en suelo de estero. Cuadro 3), estos valores son bastante similares a los que Iyengar *et al.* (5) señalan para un conjunto de 19 suelos con pHs más básico (pH promedio 6.0). El esquema de fraccionamiento es menos efectivo en el caso del cobre (82% banco y 87% para el suelo de estero (Cuadro 3), lo que indica que han debido ocurrir pérdidas en los diferentes pasos del fraccionamiento, estos valores de recuperación, sin embargo coinciden con algunos de los datos presentados en el trabajo original de McLaren y Crawford (15). Finalmente para el caso del cobalto la recuperación fue del orden de 67% para el suelo del banco y de un 77% para la arcilla del estero. La inexistencia de información en la literatura consultada, no permite hacer una mayor comparación, resulta también un tanto extraño que no se hayan podido detectar niveles significativos de este elemento en la fracción representada por los óxidos de Fe y Al y la materia orgánica.

La relación existente entre las formas disponibles y no disponibles de los micronutrientes estudiados, indican que eventualmente podría ocurrir una cierta movilización (redistribución) de las formas menos solubles (ocluido, residual, etc.) hacia las fracciones más solubles del elemento (intercambiable, adsorbido específicamente), los bajos pH del suelo y los contenidos de materia orgánica relativamente alta en los suelos de esteros propiciarían una cierta retención, en formas potencialmente disponibles de zinc y cobre en el ecosistema, de hecho una cierta acumulación de estos micronutrientes López-Hernández *et al.* (11), Niño (16) está ocurriendo en los suelos de la zona.

Resumen

Se presenta el fraccionamiento del Zn, Cu y Co en suelos de banco (Entisoles y Alfisoles) y estero (Vertisoles) en el Módulo Experimental de Mantecal (Edo. Apure).

Se caracterizaron las fracciones correspondientes a intercambiable (M-CA), Adsorbido específicamente (M-AAC), Ligado a materia orgánica (M-PIR), Ocluido en óxidos libres (M-Ox) y Residual (M-RES). La mayor parte del zinc se encuentra asociada a los óxidos de Fe y Al y a la materia orgánica, siendo menor la proporción de este elemento que se encuentra en la fracción más disponible.

La proporción más importante de cobre existe en la fracción residual, aunque también una parte sustancial de ese elemento se mantiene asociada a la materia orgánica. Los niveles de cobre más disponible (Cu-CA y Cu-AC) están por debajo de 1 ppm.

Solamente dos fracciones fueron detectables para el cobalto, la disponible (Co-AC) y la residual en donde está localizado la mayor parte del elemento (60-70% del total).

Los bajos pH de los suelos estudiados y el contenido de materia orgánica relativamente elevada, en los suelos de esteros, propiciarían una cierta movilización del Zn y Cu a las formas potencialmente disponibles.

Literatura citada

- 1 BERNAS, B. 1968. A new method for decomposition and comprehensive analysis of silicates by atomic absorption spectrometry. *Analytical Chemistry* 40:1 682-1 686.
- 2 CHANG, S. C.; JACKSON, M. L. 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Science* 84:133-144.
- 3 EMBRAPA. 1976. Relatorio Técnico Anual. Centro de Pesquisa Agropecuaria dos Cerrados.
- 4 HEUDES, J. R. 1983. Fraccionamiento de Zinc, Cobre, Cobalto y Molibdeno en suelos de banco y estero del Módulo Experimental de Mantecal. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Química, UCV, Caracas, Venezuela.
- 5 IYENGAR, S. S.; MARTENS, D. C.; MILLER, W. P. 1981. Distribution and plant availability of zinc fractions. *Soil Science Society of America Journal* 45:735-739.

6. KUBOTA, J.; ALLAWAY, W.H. 1972. Geographic distribution of trace element problems. In "Micronutrients in Agriculture". Soil Science Society of America Inc. 525-554
7. LOPES, A S ; COX, F R 1977 A survey of the fertility status of surface soils under "Cerrado" vegetation in Brazil. *Soil Science of America Journal* 41:742-747
8. LOPEZ-HERNANDEZ, D 1977 La Química del Fósforo en Suelos Ácidos. Edic. Biblioteca UCV, Caracas, Venezuela
9. LOPEZ-HERNANDEZ, D ; TUGUES, J L ; BULLA, L ; BRICEÑO, M. 1977 Balance nutricional en un ecosistema de sabana inundable en Mantecal, Venezuela. *Acta IV Symposium International Ecology Tropical* 2:647-660.
10. LOPEZ-HERNADEZ, D.; MANZO, X ; LARES, C 1981 Estudios físicos y químicos sobre los suelos en una área escogida del Módulo Experimental de Mantecal (Edo Apure). *Boletín Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales* 35:259-279
11. LOPEZ-HERNANDEZ, D ; NIÑO, M ; GARCIA, L ; CARRION, M. 1982 Zinc and copper budgets in a flooded savannah (Módulo Experimental Mantecal, Venezuela). *Anales VI Simposio o Cerrado Brasilia-Brasil*.
12. LOPEZ-HERNANDEZ, D ; SOSA, M ; YANES, L ; GARCIA, L 1983 Annual budgets of some elements in a flooded savannah (Módulo Experimental, Mantecal, Venezuela). *Environmental Biogeochemistry Ecology Bulletin* 35:541-545
13. LOPEZ-HERNANDEZ, D.; SOSA, M.; YANES, L ; GARCIA, L ; NIÑO, M ; TOVAR, F. 1984. Balance de elementos en una sabana inundable (Módulo Experimental de Mantecal, Edo Apure, Venezuela) III. Balance de entradas y salidas. Sometido a consideración de la *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*
14. MANZO, X. 1978 Caracterización física y química de los suelos del Módulo Experimental de Mantecal (Edo. Apure). Trabajo Especial de Grado, Escuela de Química, UCV, Caracas, Venezuela
15. Mc LAREN, R G ; CRAWFORD, D V 1973 Studies on soil copper I. The fractionation of copper in soils. *Journal Soil Science* 24:172-181
16. NIÑO, M 1982 Balance de algunos micronutrientos (Cu, Co, Zn y Mo) en el Módulo Experimental de Mantecal, Edo Apure. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Química, UCV, Caracas, Venezuela
17. SHUMAN, L M 1979 Zinc, manganese and copper in soil fractions. *Soil Science* 127:10-17
18. WELZ, B 1976 Atomic absorption spectroscopy. Verlag Chemic Weinheim. 267 p.

COMUNICACIONES

Notas sobre la biología de *Dirphiopsis flora* (Schaus)
(Lepidoptera, Saturniidae), defoliador de encinos
(*Quercus* spp.).

Summary *Dirphiopsis flora* is a polyphagous leaf-feeding insect, which preferentially attacks oaks (*Quercus* aff. *seemannii*). It has reached epidemic densities in Costa Rica since 1979, but was not previously reported as a pest. Natural enemies are mainly vertebrates and insects (families Scelionidae and Tachinidae), whose impact on *D. flora* populations remains unknown. *D. flora* has one generation a year and a long pupal period that lasts for some 8 months. Larvae appear in massive numbers between September and December.

This paper presents preliminary data on the life cycle of this species, as well as its seasonal abundance, natural mortality factors, host plants, and an appraisal of its pest status.

Desde el año 1979 se empezó a percibir un ataque grande de las larvas de la mariposa *Dirphiopsis flora* (Schaus) (Saturniidae, Hemileucinae) sobre encinos (*Quercus* aff. *seemannii*), en la localidad de Loma Larga de Corralillo, en la provincia de Cartago, Costa Rica. En dicha región, a altitudes cercanas a los 1 700 m, en la zona de vida de Bosque Húmedo de Montano Bajo (4), existen extensas áreas de encinares o robledales naturales, de los cuales se extrae madera para producir carbón. La preocupación de los habitantes de la región surgió no solo por la súbita y dramática defoliación de los encinos, sino que también por el riesgo de ataque al café y el efecto urticante de las larvas sobre las personas recogedoras del café.

Ante la necesidad de enfrentar dicha plaga, en 1984 se iniciaron estudios básicos de la biología de la especie, como punto de partida para determinar los métodos más apropiados de combate, y sus resultados preliminares se comunican en el presente artículo.

Ciclo de vida

Huevo: los huevos de *Dirphiopsis flora* son ovalados, comprimidos lateralmente, muy coriáceos y miden 1.5 mm aproximadamente. Recién depositados son de color amarillo intenso, pero conforme el embrión se desarrolla adquieren una tonalidad pálida, que luego vira hacia un color grisáceo y finalmente blanco. Aunque en su parte superior poseen un área circular carente de endocorion, parecida a un micropilo, la larva, al emerger, mastica la pared del huevo y hace un orificio de salida; luego todo el corion es devorado.

En el campo, los huevos son depositados en agrupaciones que comprenden de 5 a 146 huevos, las cuales son colocados tanto en el haz como el envés de las hojas y, menos frecuentemente, sobre los pecíolos y ramas. Es más común hallarlas en las porciones terminales de las ramas, cerca del follaje tierno.

En una ocasión en que se colectó varias masas de huevos, de edad desconocida, se notó que, en el laboratorio, algunos de ellos duraron aproximadamente 15 días para eclosionar.

Larva: las larvas son de color verde intenso. El estadio larval comprende 5 ó 6 instares, que alcanzan longitudes desde 3 mm hasta 6 cm, sucesivamente. Todos ellos presentan pelos urticantes o setas, los cuales están agrupados sobre prominencias llamadas scoli; en cada scolus hay de 10-24 setas que presentan espinas en su porción apical. Existen ocho hileras de scoli, una ventral, una subespiracular, una supraespiracular y una dorsal en cada mitad corporal; los scoli ventrales están ausentes en los segmentos abdominales provistos de propatas. En los primeros instares larvales los scoli son muy alargados y no ramificados, a diferencia de los últimos instares. Es decir, en estos últimos existen entre 900 y 1 500 espinas, lo cual explica

el doloroso efecto urticante que ellas provocan a quien las toca.

Al emerger, la larva devora el corion del huevo y luego se alimenta de la lámina foliar y de las nervaduras de las hojas, dejando intacto únicamente el peciolo.

Las larvas recién emergidas muestran un comportamiento gregario, como resultado de la agregación de los huevos, pero luego hay cierta dispersión. Sin embargo, es común observar migraciones masivas, en hileras, en las que se advierte la presencia de hasta tres instares. Es interesante notar que hay dos pares de scoli en el protórax y uno en el mesotórax que son muy largos, al igual que un par en el último segmento abdominal. Durante las migraciones, se percibe que cada larva palpa a la que le precede con los scoli torácicos, que hacen contacto con los scoli abdominales de ésta. Ello debe ser fundamental para mantener el orden en la hilera, que puede obedecer a factores de tipo táctil, químico o ambos.

El significado ecológico de estas migraciones es desconocido y pareciera que están relacionadas no solo con la búsqueda de alimento, sino que también de un microclima benigno, ya que se presentan aún en árboles con gran abundancia de follaje tierno. Casi todas las migraciones están confinadas al mismo árbol en que las larvas se desarrollan y es solo hacia el final de la temporada de actividad que ellas lo abandonan. Algunas veces para dirigirse a otro o para pupar en su base.

Pupa: la pupa es de tipo obtecta, desnuda, de color marrón oscuro. Presenta un olor fuerte y desagradable, y quizá también mal sabor, como ocurre con ciertas especies afines (3).

El reconocimiento de los sexos es sencillo (Fig. 1). En la hembra la abertura genital divide el octavo segmento abdominal completamente, mientras que en el macho aparece en el noveno segmento, acompañada por dos abultamientos. Además, las pupas femeninas son más corpulentas que las masculinas, ya que miden y pesan 3 cm y 1.90 g en promedio, y 2.5 cm y 1.28 g respectivamente; algunas pupas femeninas pueden pesar hasta 2.73 g. La proporción de sexos, basada en 443 pupas, fue de 1.06 en favor de los machos, lo cual equivale a una proporción de 1:1.

En el campo, las pupas aparecen congregadas alrededor de la base de los árboles, entre el mantillo. En general, la acumulación de hojarasca es muy alta, lo que produce una capa de mantillo de hasta 20 cm de profundidad. Algunas observaciones sugieren que hay una estrecha correlación entre la pupación y la canti-

dad de mantillo presente, quizá debido a que éste proporciona protección y humedad. En la base de un árbol con mantillo abundante hallamos hasta 182 pupas.

Adulto: los adultos son mariposas relativamente robustas. La longitud corporal es de unos 2.5 cm en los machos y 3 cm en las hembras, y la envergadura alar de 7 cm y 8.5 cm, respectivamente. Los machos tienen antenas pectinadas y las hembras las tienen filiformes. En ambos sexos la coloración es similar, rosado-pardo claro las alas, con una mancha amarilla irregular en las alas anteriores, y negro el abdomen; el tórax está recubierto con pelos amarillos y rojizos. La proporción de sexos, basada en 2 789 mariposas emergidas en el laboratorio, fue de 1.11 en favor de los machos, lo cual no se aparta significativamente de la proporción 1:1.

Los adultos tienen atrofiadas sus piezas bucales, por lo que no se alimentan. En el laboratorio, la longevidad de los machos es de 6.76 ± 0.39 (Error estándar)

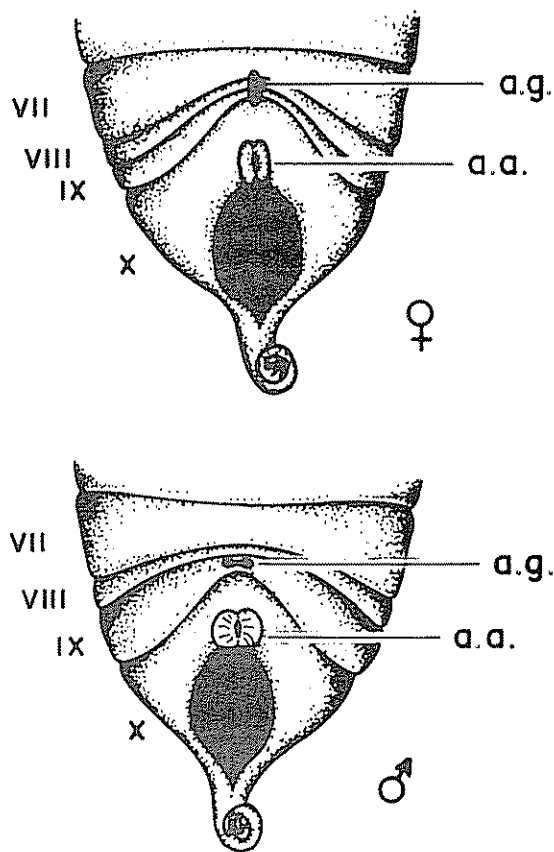


Fig. 1 Segmentos abdominales posteriores de la pupa masculina y femenina de *D. flora*, mostrando la ubicación de las aberturas genital (a.g.) y anal (a.a.)

dar), días con un ámbito de 1 a 17 días, y la de las hembras 5.96 ± 0.69 días, con un ámbito de 1 a 14. La fecundidad, basada en el recuento de huevos de 146 hembras disectadas, fue de 199 ± 7.52 , con un ámbito de 0 a 373 huevos. El número de huevos por hembra realmente depositado, en el laboratorio, fue de 54.56 ± 6.57 , y el ámbito de 0 a 244. En hembras recién emergidas (30 minutos después) se contó hasta 276 huevos, lo cual indica que la producción de huevos depende de la cantidad de alimento consumida durante el período larval.

En el laboratorio la emergencia de los adultos es diurna y, aunque empieza a manifestarse antes del mediodía, tiene su máximo entre las 2:30 y 3:30 pm, h en que se concentra el 50% de la emergencia (Fig. 2). La eclosión tarda unos 20 minutos y luego el adulto busca una superficie vertical, donde expande sus alas, lo cual tarda 50-60 minutos. Bajo condiciones de cautiverio, en frascos de 400-600 ml conteniendo papel higiénico, no fue posible observar la cópula, aunque en tres ocasiones se halló espermátóforos al disectar hembras. En uno de estos casos la hembra tenía apenas 18 h de nacida, lo cual revela que ellas pueden copular la noche en que emergen; D.H. Janzen (comunicación personal) ha observado que a diferencia de las hembras, los machos de otros Hemileucinae no copulan la primera noche y que además ellos copulan varias veces, mientras que las hembras lo hacen una sola vez. Cuando los adultos fueron colocados en jaulas de 30 cm de arista con hojas de encino, se observó una gran eclosión de huevos, lo cual indica que el espacio y/o el olor del encino deben favorecer la cópula, aunque ésta no pudo ser observada.

Abundancia estacional

En Loma Larga se ha notado en los últimos cuatro años que las larvas aparecen masivamente en agosto y

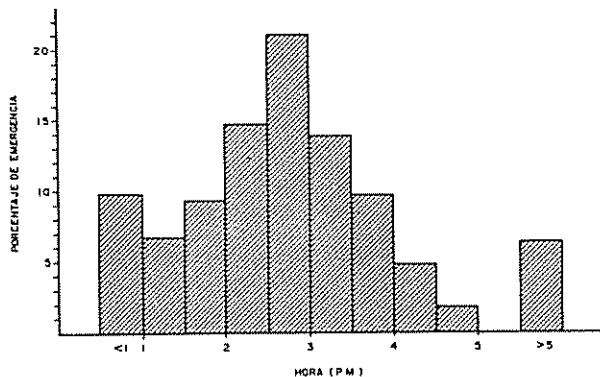


Fig. 2. Patrón diario de emergencia de los adultos de *D. flora*, en el laboratorio. Datos obtenidos en cuatro fechas de observación.

setiembre, y luego desaparecen hasta el siguiente año. En abril de 1984 colectamos cerca de 27 000 pupas, de las cuales 22 000 fueron llevadas al laboratorio, donde se mantuvieron en cajas de cartón grandes.

Aunque hubo emergencia de adultos desde abril, fue durante la segunda mitad de agosto y las tres primeras semanas de setiembre que se presentó la mayor emergencia (Fig. 3); las últimas mariposas, muy pocas, se capturaron en febrero de 1985. En total, emergieron 2 789 mariposas. Inicialmente predominaron los machos, pero luego la situación se invirtió, por lo que la proporción instantánea de sexos rara vez fue de 1:1 (Fig. 3).

En el campo, en 1984 hubo un retardo notorio con respecto a los años anteriores (Giselle Abarca, comunicación personal). Las mariposas empezaron a aparecer a principios de setiembre y alcanzaron densidades altísimas durante setiembre y hasta principios de octubre. Se apreció grandes cantidades de huevos desde mediados de setiembre, pero las larvas no fueron visibles sino a partir de mediados de octubre. De esa fecha en adelante, hasta mediados de diciembre, se presentó un ataque masivo de las larvas sobre los encinos y se pudo advertir cierta sincronización en cuanto a la presencia de cada instar larval, con relativamente poca combinación simultánea de instares. Luego, las larvas descendieron hacia el mantillo para pupar.

Las pupas que no emergieron en el laboratorio estaban muertas, lo que no da sustento a la idea de Janzen (comunicación personal) de que el ciclo de vida de *D. flora*, como el de otros saturnidos, sea bienal. Se puede concluir que *D. flora* presenta una sola generación al año, cuya manifestación debe depender de algún estímulo externo, posiblemente climático. Además, se nota que hay periodos muy defi-

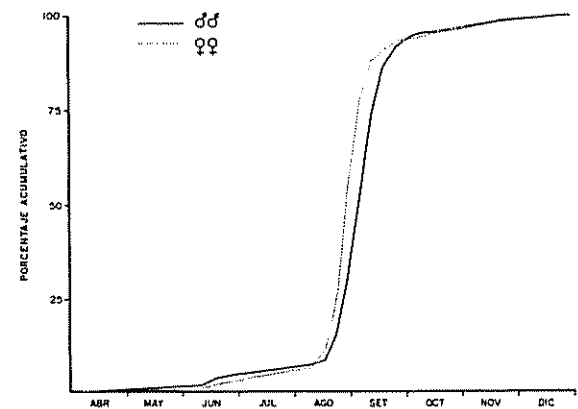


Fig. 3. Patrón estacional de emergencia de los adultos de *D. flora*, para cada sexo, en el laboratorio.

nidos, discretos, para la aparición de cada estadio de desarrollo. Ambos fenómenos son llamativos en un insecto tropical, y su significado biológico está por esclarecerse. El uso de jaulas de emergencia, trampas de luz y el estudio de la fenología de los encinos—actualmente en desarrollo—deberán ayudar a contestar estas interrogantes.

Agentes de mortalidad

La insolación, la lluvia y el viento parecen ser los factores abióticos causantes de mortalidad más relevantes para *D. flora*. La lluvia y el viento actúan desalojando de los árboles a las larvas que, al caer al suelo, no pueden regresar a ellos y continuar su desarrollo (Giselle Abarca, comunicación personal).

Los agentes bióticos de mortalidad no han sido evaluados debidamente. En huevos traídos del campo se ha hallado un solo espécimen de una avispa de la familia Scelionidae. De pupas trasladadas al laboratorio se ha recuperado cuatro especies de moscas de la familia Tachinidae en bajas cantidades: ellas deben ser parasitoides de las larvas, ya que cuando a parejas de ellas se les colocó pupas, no las parasitaron. D.H. Janzen (comunicación personal) ha observado algunos Tachinidae así como avispas de las familias Braconidae e Ichneumonidae, parasitando larvas y pupas de otros Hemileucinae. En cuanto a depredadores los vecinos de la zona han observado al bobo ardilla (*Piaya cayana*) y a un carpintero (quizá *Melanerpes hoffmannii* o *Piculus rubiginosus*) comiendo larvas y sospechan que un armadillo (*Dasyurus novemcinctus*) come pupas. D.H. Janzen (comunicación personal) indica que las larvas pueden ser comidas sólo por aquellas aves que las golpeen y quiebren sus espinas urticantes, tales como *P. cayana*. En una ocasión algunos vecinos observaron un sapo (*Bufo marinus*) comiéndose un adulto; es interesante anotar que un sapo que estuvo en contacto con el fertilizante Nutrán utilizado en el café, fue visto intoxicado y murió.

De las 22 000 pupas llevadas al laboratorio, el 86% de ellas, luego de un año de estar allí, estaba muerto, posiblemente debido a la sofocación causada entre ellas, ya que, por ser tan numerosas las pupas y tan escaso el espacio disponible, hubo que colocar gran cantidad de pupas en cada caja, de modo que resultaron perjudicadas aquellas que ocuparon los estratos inferiores. Al examinarlas, se notó que su interior estaba lleno de micelio del hongo *Basipetospora* sp., que es un saprófito asociado al suelo (Carlos Araya, comunicación personal). Apenas un 1% del total de pupas colectadas mostró un desarrollo completo del adulto, que posiblemente murió por desecación.

D. flora, al igual que otros Hemileucinae, presenta varios mecanismos defensivos que evidencian que al-

gunos animales vertebrados depredadores han operado como una fuerza selectiva importante. Como se mencionó anteriormente, las larvas poseen pelos urticantes y las pupas despiden un olor fuerte y desagradable, asociado quizá con un mal sabor. Es interesante que los adultos son malos voladores; cuando se acercan a una luz revolotean poco y pronto se posan sobre alguna superficie, donde permanecen por muchas horas. Cuando, en estado de reposo, se les perturba, no tienden a escapar sino que levantan sus alas y las pliegan, exponiendo su abdomen; éste, entonces, se nota turgente y se distiende, por lo que las membranas intersegmentales, de color amarillo, se hacen visibles y contrastan con el color negro de los segmentos abdominales. Este patrón de anillos contrastantes debe ser aposemático, para disuadir a los depredadores; además, al ocurrir la turgencia del abdomen, el adulto expelle un fluido amarillento y fétido por vía anal, que debe asustar a los depredadores. Dicho fluido, llamado meconium, corresponde a residuos metabólicos de los estados inmaduros, por lo que puede ser expelido apenas una vez (D.H. Janzen, comunicación personal). Blest (1) ha documentado la existencia de mecanismos defensivos en los adultos de varios Hemileucinae, incluidos los géneros *Diphia* y *Diphlopsis*, y discutido su posible valor adaptativo.

Plantas hospederas

Además del encino (*Quercus* aff. *seemannii* Lieb.) (Fagaceae), las larvas de *D. flora* aparecen en el café (Rubiaceae), nance (Malpighiaceae) y manzana rosa (Myrtaceae). Los pobladores de la zona indican haberlas observado también sobre cas y guisaro (Myrtaceae), poró y guaba (Leguminosae), naranjo (Rutaceae), nispero (Rosaceae) y plátano (Musaceae). D.H. Janzen (3) señala que, además de algunas de las familias citadas, las larvas de satúrnidos pueden alimentarse de plantas de las familias Anacardiaceae, Bombacaceae, Lauraceae, Meliaceae y Sterculiaceae.

A pesar de mostrar hábitos polípagos, *D. flora* parece tener preferencias alimentarias muy marcadas hacia los encinos y robles. Janzen (comunicación personal) indica que en las zonas altas de América Central, *D. flora* ha sido colectada sobre *Quercus* spp. Chaverri (2) notó que las larvas comen *Q. seemannii* y *Q. oocarpa*, cuando se les proporciona follaje de estas especies. Otros Hemileucinae, como *Automeris rubescens* y *A. zugana*, se alimentan de *Q. oleoides* en Guanacaste (3).

Durante los años en que la presencia de *D. flora* en Loma Larga ha sido notoria, se ha expresado el temor de que el café sea atacado masivamente por este insecto, lo que resultaría grave, puesto que la caficultura es la principal actividad productiva de la zona. Las observaciones de campo y algunas de laboratorio

permiten desestimar ese temor. A pesar de que el área plantada con café es muchas veces más extensa que la de encinares naturales, *D. flora* ataca diferencialmente los encinos. En el laboratorio, luego de estar en ayuno por cuatro días, tras alimentarse de encino, decenas de larvas traídas del campo prefirieron morir antes que alimentarse del follaje de café que les fue proporcionado; esto último fue observado también por Chaverri (2).

En el campo, muy esporádicamente se aprecia larvas comiendo follaje de café, nance y manzana rosa; también se halla masas de huevos sobre ellos y sobre otras plantas silvestres, tales como *Cologania* sp. (Leguminosae), lo cual más bien pareciera ser accidental. La presencia de gran cantidad de larvas en los cafetales durante la época de recolección del grano, en diciembre y enero, debe estar relacionada más bien con migraciones masivas de ellas, cuando el follaje de los encinos se acaba; a finales de 1984 y principios de 1985 ese fenómeno no se manifestó, quizá debido a que los adultos de *D. flora* aparecieron retardados y a que sus densidades no fueron tan elevadas como en años anteriores. Pareciera, entonces, que mientras los encinos tengan follaje, especialmente tierno, no existe riesgo de que *D. flora* se convierta en una plaga agrícola.

Status de plaga

Desde el punto de vista económico, *D. flora* no parece representar un problema grave. Aunque los árboles de encino responden rápidamente, produciendo nuevo follaje, la defoliación podría causar pérdida de crecimiento diamétrico y longitudinal, y quizá la muerte, si hay defoliaciones severas y sucesivas. Pero es necesario estudiar la fenología del encino, para determinar la proporción y época de caída natural del follaje y su coincidencia con el ataque de *D. flora*, lo cual permitiría valorar con mejores criterios el impacto de la plaga.

En cuanto a su origen, es casi seguro que *D. flora* no es una especie exótica, sino nativa, según los siguientes criterios. En Costa Rica existen especies taxonómicamente afines a *D. flora*, al menos a nivel de subfamilia (3) y, además, la especie ya había sido reportada para Costa Rica y otros países de América Central antes de alcanzar niveles epidémicos (D.H. Janzen, comunicación personal); igualmente, el principal hospedero del insecto, *Quercus* aff. *seemannii* crece naturalmente en la zona de estudio. Aparte de depredadores generalizados, se ha hallado una especie de parasitoide de huevos (Scelionidae) y cuatro de larva-pupa (Tachinidae), los cuales deben mostrar mayor especificidad y se esperaría que hayan coexistido con *D. flora* en su habitat original.

Las consideraciones anteriores son importantes porque determinan en gran medida la manera de combatir la plaga. Por tratarse de una especie nativa, cuyos niveles de población eran tan bajos que su presencia no se había advertido en los encinares, es necesario identificar los factores que permitieron alcanzar el status de plaga a un insecto previamente inocuo. Algunos estudios ya están en marcha y deberán ayudar a definir cómo maximizar la acción de los parasitoides y depredadores existentes, en relación con el manejo silvicultural de los encinares. En el corto plazo se recomienda hacer recolecciones manuales de pupas, periódicamente, durante la extensa época que el insecto permanece en este estadio.

Resumen

Dirphiopsis flora es un insecto defoliador con hábitos polífagos, pero ataca preferentemente a los encinos (*Quercus* aff. *seemannii*). Ha mostrado densidades epidémicas desde 1979 en Costa Rica, pero nunca antes había sido reportado como plaga. Existen enemigos naturales, principalmente animales vertebrados e insectos (familias Scelionidae y Tachinidae), pero su impacto sobre las poblaciones de *D. flora* se desconoce. *D. flora* muestra una sola generación al año, con un período pupal extenso, de unos ocho meses. Las larvas aparecen en cantidades masivas entre setiembre y diciembre.

El presente trabajo aporta datos preliminares acerca del ciclo de vida de la especie, su abundancia estacional, agentes naturales de mortalidad, plantas hospederas y una evaluación de su status de plaga.

Agradecimientos

A los señores Ing. Jorge E. Rodríguez Q. e Ing. Gamaliel Alvarado (Dirección General Forestal) e Ing. Gilbert Charpantier (MAG), por el apoyo logístico proporcionado. A los vecinos de Loma Larga, especialmente a la Sra. Giselle Abarca y al Sr. Ronald Quirós, por su desinteresada colaboración. A la Sra. Adelaida Chaverri, M.Sc., y al Dr. Daniel H. Janzen, por la útil información aportada.

Este trabajo fue auspiciado por el Programa Inter-institucional de Protección Forestal (PIPPOF), del cual ambos autores son integrantes.

14 de agosto de 1985

L. HILJE*
L. QUIROS R.**

* Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

** Dirección General Forestal, MAG, Costa Rica

Literatura citada

1. BLEST, A.D. 1963. Longevity, palatability and natural selection in five species of New World Saturniid moth. *Nature*, 197:1183-1186.
2. CHAVERRI, A. 1984. Defoliación de encinos por larvas de *Diplopiopsis flora* (Lepidoptera: Saturniidae) en Loma Larga de Cartago, Costa Rica. *Ciencias Ambientales*, 5-6:85-90.
3. JANZEN, D.H. 1982. Guía para la identificación de mariposas nocturnas de la familia Saturniidae del Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica. *Brenesia*, 19/20:255-299.
4. TOSI, J.A. Jr. 1969. Mapa ecológico de la República de Costa Rica, según la clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge. Centro Científico Tropical, Costa Rica.

Notas y comentarios

Uso de la biotecnología para cambiar al nylon.

Es difícil imaginarse una conexión entre el nylon y la biotecnología, pero el gigante químico DuPont está utilizando los últimos adelantos de la biotecnología para rediseñar su famoso producto.

En la inauguración de su Center for the Life Sciences, en Wilmington, Delaware, el Dr. Richard Quisenberry, jefe de investigaciones de la DuPont, describió cómo los científicos de la compañía estaban utilizando sintetizadores de proteínas para diseñar nuevos polímeros del nylon. Aunque el proceso en sí no tenga ningún potencial comercial, Quisenberry dice que "aumentará nuestro conocimiento sobre el nylon" y quizás abra el camino a polímeros enteramente nuevos.

La fibra comercial de nylon está constituida por una amplia gama de pesos moleculares, y sus propiedades físicas son un resultado de estos diferentes pesos moleculares. Hoy por hoy, el nylon es fabricado mediante dos métodos diferentes. Los polímeros gruesos para fibras, resinas y filmes, se fabrican en la fase fundida. Los ingredientes diamina y diácido

se combinan y se calientan a 275°C, y las moléculas de nylon se agrupan a presión, en fibras o pildoras.

Para unos pocos polímeros especializados, la reacción se completa con solventes químicos a temperatura de laboratorio, sin calentamiento. Los dos procesos rinden una amplia distribución de pesos moleculares; el primero debido a las leyes de la termodinámica, y el segundo, debido a la cinética de la química.

Quisenberry mantiene que pueden haber grandes ventajas en hacer polímeros de peso mononuclear. Pero, hasta ahora no ha habido incentivos comerciales, y ellos no han sido fabricados. "Las propiedades viscoelásticas pueden ser alteradas en formas comerciales importantes o la tenacidad mejorada eliminando los pesos moleculares más bajos, por ejemplo", dice Quisenberry.

En el mecanismo proteínico, los aminoácidos son reemplazados por las sustancias químicas que conforman el nylon. Ellas se agregan en una secuencia precisamente controlada. La ventaja consiste en que la molécula de nylon se construye paso a paso, por una ruta química alternativa, diferente de la empleada en el proceso comercial.

Los experimentos están en una etapa temprana, y Quisenberry dice que todavía hay problemas con el analizador de proteínas. Adalberto Gorbitz.

Reseña de libros

Tsunoda, S. y Takahashi, N. *Biology of rice*. Elsevier Science, Amsterdam 1984. 300 p.

Esta excelente obra, editada por dos científicos de la Universidad de Tohoku, Sendai 980 Japón, en 1984, es parte de una importante serie de publicaciones que ya consta de siete volúmenes y que, bajo el título de *Progresos en las Ciencias de los Cultivos* (*Developments in Crop Science*), nos ofrecen dos casas editoriales: Japan Scientific Press de Tokio y Elsevier, con sedes en Amsterdam, Oxford, Nueva York y Tokio.

La presentación del libro le fue encomendada al Profesor Emérito de la Universidad de Tokio, Dr. Takane Matsuo, quien, entre otras cosas, relata lo siguiente: 1) desde principios del presente siglo en el Japón se han realizado trabajos de investigación biológica en arroz, dado el carácter de cultivo básico ya sea para la alimentación o la economía de muchos países. De esta manera se ha acumulado una vasta cantidad de información muy útil desde el punto de vista del mejoramiento de las prácticas culturales. No obstante, dichos avances científicos no se han aprovechado directamente en la producción de este cereal, principalmente por haberlos comunicado en lengua japonesa. Con la publicación en inglés, esta obra singular quedará al alcance de la mayoría de los científicos en arroz, estudiantes y extensionistas agrícolas, e igualmente será de gran valor para los fisiólogos de cultivos, fitotecnistas y fitomejoradores de todo el mundo. El libro contiene información general y específica sobre diferenciación de ecotipos, lo mismo que sobre algunos aspectos fisiológicos y genéticos estrechamente vinculados con la elevación de la productividad del arroz. Esta información se halla distribuida en tres secciones: Evolución, Morfosiología y Genética; 2) respecto de los editores, el Dr. Matsuo nos dice que el primero de ellos, el Dr. Shigesaburo Tsunoda es Profesor Emérito y una autoridad ampliamente reconocida por sus trabajos en arroz, labor a la cual le ha dedicado casi 40 años. El otro, el Dr. Norindo Takahashi, pertenece al Instituto para la Investigación Agrícola de la mencionada Universidad, donde también por mucho tiempo se ha concentrado en el estudio de la fisiología genética del arroz.

De acuerdo con los editores, el principal objetivo de la obra es revelar la singularidad biológica del arroz, planta que se adapta al clima húmedo y caliente de las tierras inundables, aparentemente por haberse diferenciado en tres ecoespecies: *indica*, *javanica* y

japonica, las que a su vez incluyen varios ecotipos. Asimismo, por medio de su expansión geográfica, el cultivo se ha adaptado a climas más secos y fríos. Por ello, la búsqueda de tolerancia al frío y la sequía se ha constituido en un reto permanente en el cultivo del arroz. ¿Cuál ha sido y cuál será su estrategia adaptativa a tales condiciones ambientales? Estos son temas que se discuten en la segunda parte del libro. Debido a que en el mundo se padece una deficiencia crónica en el abastecimiento de alimentos, es que los editores estiman que la elevación de la productividad del arroz es una necesidad muy sentida. Además nos señalan que así como la teoría del mejoramiento en función de la arquitectura de la planta, propuesta por el Dr. Tsunoda en la década de los años 50, le dio un gran impulso a la Revolución Verde entre 1960 y 1970, ahora esperan que la ingeniería genética sea el próximo paso que se da hacia la consecución de la máxima productividad del arroz; sin embargo, reconocen que la técnica aún se halla en su estado inicial. Por último, la tercera intención del libro es proveer información básica con respecto a la constitución genética y la ingeniería genética del arroz.

Habiendo leído con detenimiento *Biology of Rice*, podemos dar fe de que los conceptos emitidos por el Dr. Takane Matsuo, como por los señores editores, se ajustan fielmente al contenido y alcances de la obra. En apoyo de esta afirmación deseamos relatar a continuación una experiencia propia, íntimamente ligada a las enseñanzas que como fitofisiólogo y horticultor derivamos recientemente de su lectura.

Biology of Rice cayó en nuestras manos en un momento muy especial porque acabábamos de iniciar un proyecto de investigación cuyo objetivo principal es demostrar que el cultivo de la estaticia (*Limonium sinuatum* Mill.) en la faja intermedia de la zona cafetalera de la Meseta Central de Costa Rica (a 1 270 m de altitud), puede llegar a constituirse en una alternativa altamente rentable, respecto al monocultivo del café. Para un entendido en floricultura nuestro proyecto puede parecer un tanto atrevido en vista de que la estaticia es originaria de la región mediterránea y, por ende, se adapta mejor a un clima templado con días largos. Pero también es cierto que la especie presenta un alto grado de variabilidad genética en cuanto a precocidad y adaptabilidad ambiental, casualmente porque todavía no ha sido objeto de un intenso trabajo de mejoramiento genético. En el estado de Florida, USA, se siembra a cielo abierto y se cosecha la flor que es vendida a muy buen precio en los mercados norteamericanos. La floración generalmente se inicia en enero, aproximadamente seis meses después de la germinación y cinco meses después del trasplante. Allí se le considera una planta de día largo cuantitativa, pero la iniciación floral se acelera con el estímulo del frío.

y del ácido giberélico. Nosotros nos propusimos estudiar su adaptabilidad y posible rendimiento económico en Los Sitios de Moravia, provincia de San José, a una altitud de sólo 1 240-1 270 m y un clima "marginal", según algunos para la floricultura.

El proyecto de estaticia es complejo pues abarca desde lo biológico hasta lo económico y podrían pasar varios años antes de que produzca suficiente información como para sacar conclusiones aplicables en situaciones análogas a la nuestra. En todo caso, el progreso hecho en un periodo de tres años nos faculta para manifestar que hubiera sido un grave error abandonar la idea de llevarlo a cabo, basándonos únicamente en consideraciones teóricas, o sea, sin antes haberle permitido a la planta expresar su potencial en su nuevo **habitat**. Por el momento hemos podido constatar lo siguiente: 1. Que es posible obtener ecotipos (dentro de los cultivares de mayor importancia

económica) superiores en cuanto a precocidad y uniformidad e intensidad de floración; 2. Con base en el conocimiento de la biología de la especie, es posible desarrollar técnicas de cultivo adecuadas a nuestra realidad socioeconómica, que a su vez nos permitan ofrecer un producto de la más alta calidad, al exigente mercado internacional de flores, y 3. Que gracias a la utilización del modelo científico japonés para la investigación del arroz, hemos comenzado a "revelar la singularidad biológica de la estaticia", con lo cual nos sentimos más firmes en el empeño de convertir a *Limonium sinuatum* Mill, en un cultivo de alta rentabilidad, adecuado para un programa de diversificación agrícola en un país dominado por la monocultura del café.

EDUARDO JIMÉNEZ SAENZ
ESCUELA DE BIOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Notas y comentarios

Peligrosa plaga amenaza el maíz en Africa.

Un insecto raro de América Central está desde hace poco tiempo devastando el maíz en las fincas de Tanzania, donde se detectó en 1979, y está amenazando el resto del continente al aparecer en las fronteras de Kenya a principios de 1983, de Burundi en 1984, y se acerca a Zambia y Malawi, en la parte oriental de Africa, y al haberse detectado un foco, en 1984, en Togo, en el otro lado del continente, a orillas del Atlántico (1)

En 1979, campesinos de la región de Tabora, en Tanzania central, notaron que algo andaba mal con el maíz que habían almacenado al terminar su cosecha. Las hojas que cubrían el maíz almacenado tenían muchos agujeros pequeños. Debajo los granos de maíz eran sólo cáscaras vacías. Todo lo que quedaba del grano era un polvo amarillento en el fondo del lugar de almacenamiento. Cuando los campesinos miraron más cuidadosamente, vieron lo que estaba causando el daño; unos pequeños gorgojos negros que minaban las corontas (zuros), y destruían el preciado alimento.

En Africa, la agricultura de subsistencia quiere decir, casi literalmente, cultivar lo preciso para sobrevivir. Cuando parte de la cosecha se vuelve polvo, los adultos padecen hambre y los niños se enferman. Los campesinos de Tabora sabían que estaban ante un desastre. En 1981, el gobierno se preocupó al ver que esta plaga no había sido algo eventual sino que se repetía e incrementaba. El ministro de agricultura envió muestras del escarabajo al British Museum (Natural History) y al Tropical Products Institute del Reino Unido. El bicho resultó ser el *Prostephanus truncatus*, o perforador grande de los granos. Nunca se había presentado antes en Africa, aunque se sabía que era responsable de ataques esporádicos en América Central y México, y que había sido reportado en el norte del Brasil y en el sur de Estados Unidos. Fuera del Nuevo Mundo, el gorgojo había amagado brevemente en Iraq e Israel antes de ser contenido.

Los científicos británicos ya sabían que el gorgojo prefería atacar al grano almacenado en la forma tradicional, es decir en mazorcas, lo que era un problema, principalmente para los pequeños agricultores. Lo habían ya señalado como una amenaza potencial para Africa y habían comenzado a estudiar su biología y la forma de prevenir infestaciones. Sin embargo, la cuantía del daño que estaba haciendo el gorgojo en Tanzania los sorprendió. En América Central no tiene la

importancia que estaba adquiriendo en Africa. En México, Ramírez (4) en 1966, lo mencionaba sin destacar nada que lo hiciera muy peligroso. García (2), en 1974, lo mencionaba también sin subrayar una posible importancia. Más recientemente, Haines y Webley (3) no lo describen ni lo mencionan en los índices de materias del libro al que contribuyen, tanto en su extenso índice general (18 páginas con unas 150 entradas por página) como en el índice plagas por hospedantes (110 animales, en su mayoría insectos). Sólo lo mencionan junto a algunas especies similares al gorgojo de los cereales, *Rhizoperta dominica*, al que dedican una entrada completa. Según estos autores, el *Prostephanus truncatus* es más grande (3 a 4.5 mm) que el *R. dominica* (2 a 3 mm) y que este último es menos peligroso que los *Sitophilus* (Cucuriónidos) para el maíz almacenado.

El equipo de científicos, formado por Peter Golop y Richard Hodges, enviados a Tanzania por el Instituto (TPI), confirmó el hecho de que después de 3 a 6 meses de almacenamiento, todas las mazorcas, en un número de muestras, tenían algunos granos dañados, y que eran frecuentes las mazorcas con un 70 a 80 por ciento de daño. Esto último las hacía impropias para el consumo humano, por lo que se las daba al ganado. El equipo también informó que las condiciones cálidas y secas en las que el gorgojo prosperaba ocurrían en todo Africa y que la plaga podría dispersarse rápidamente.

A primera vista, el control de la plaga parece fácil al atacar a los granos solamente cuando el maíz es almacenado en mazorca. La solución sería desgranar el maíz apenas se cosecha. Como muchas otras "mejoras" en las técnicas agrícolas en Africa, el desgranado es más fácil predicarlo que practicarlo. En promedio, cada familia de Tabora almacena unos 500 kilos de su cosecha de maíz. Tomaría, entonces, a una familia por lo menos una semana desgranar todo esto, aún cuando no tenga otra cosa que hacer. El tiempo que sigue después de la cosecha de maíz es uno de los más atareados del año. En Tabora, todo el trabajo disponible se ocupa en cosechar y procesar el algodón y el tabaco, los principales cultivos comerciales de la zona, que proporcionan dinero al campesino. Aún si el maíz pudiese ser desgranado, los campesinos necesitarían grandes números de las tradicionales vasijas de tierra, o calabazas, para almacenar una tonelada y pocos podrían ser capaces de comprarlas. La obvia alternativa, sacos de arpillera, está también fuera del alcance del campesino. Y los granos ensacados son hospedantes de plagas propias, desde insectos hasta roedores, y hasta ladrones humanos. Y así seguían las dificultades.

Mientras tanto, los científicos ingleses siguieron con sus investigaciones, las que continúan hasta aho-

ra Golob y Hodges regresaron a Tanzania en 1982 con una trampa sencilla y barata que podía servir de monitoría de la dispersión del gorgojo. Consistía de un tubo de feromona del *Rhizoperta dominica*, el que ya vimos que se compara con el *P truncatus* (3), envuelto en cartón corrugado tratado con un insecticida. La feromona atraía los gorgojos que caminaban sobre el cartón y morían. Las trampas revelaron que el gorgojo se había dispersado por todo Tanzania y que estaba atacando otro cultivo alimenticio, como la yuca, que constituye la dieta principal de muchos habitantes de Tanzania.

Ahora se está tratando de obtener feromonas del propio *Prostephanus*. Eventualmente, han encontrado dos, lo que significa más experimentos para ver cual es la que funciona mejor. Otra ruta para investigar era encontrar por qué el gorgojo causaba poco daño en América Central, y tanto daño en Africa. Una respuesta puede ser que en América Central un predador, *Tegetriusoma nigrescens*, se come las larvas del gorgojo. Más investigaciones para determinar si el *T nigrescens* se puede introducir en Africa sin causar otros problemas.

La FAO también ha intervenido recientemente, haciendo estudios para establecer un programa en Tanzania de adiestramiento de los campesinos para controlar el gorgojo. Para esto, ha recibido contribuciones de los gobiernos de Australia, Suecia, Canadá y Holanda.

Un asunto que ha recibido poca atención es cómo llegó la plaga al Africa Oriental. La teoría es que llegó con semilla de maíz dada como ayuda a refugiados extranjeros que estaban en Tabora. Pero, en el altamente político mundo de la ayuda internacional, nadie está diciendo quién es el responsable. Otro aspecto político es que a ningún gobierno le gusta que la producción de sus pobladores sea vista como la fuente de plagas agrícolas, de tal manera que los gobiernos tienen la costumbre de informar poco sobre ciertos problemas. Lo cierto es que el *Prostephanus truncatus* ha encontrado un lugar permanente en Africa. Como dice Hodges, "el gorgojo se va a extender más, desde Togo y desde Africa Oriental".

La conclusión final es si esto puede repetirse con nuevas plagas. La introducción de nuevas semillas ha sido desde hace tiempo vigilada con cuarentenas y servicios de control de introducción de material vegetal (y animal en casos como la aftosa). Pero otra cosa son las vastas cantidades de alimentos y semillas que se envían como ayuda a sitios en donde reina el hambre (incluso los campos de refugiados de países vecinos), que hace que en todo el mundo, ningún lugar puede considerarse seguro contra plagas que existen en otras partes. Adalberto Gorbitz

Literatura citada

- 1 CROSS, M. 1985 Boring into Africa's grain. *New Scientist* 106(1456):10-11
- 2 GARCIA, C. 1974 Primer catálogo de insectos fitófagos de México. *Fitófilo* 27(69):1-176.
3. HAINES, C.P ; WEBLEY, D.J. 1978. Beetles. In *Diseases, pests and weeds in tropical agriculture*. Ed. by Kranz, J. *et al*. London, Wiley, p. 379-425.
- 4 RAMIREZ, M. 1966 Almacenamiento y control de granos y semillas México, Continental 136 p

Mimetismo en las malas hierbas

Los científicos ven a la malezas tales como las amapolas como pioneras en tierras abiertas y perturbadas, cuya adaptación a toda clase de suelos y climas les ha permitido invadir las tierras de cultivo de todo el mundo. Pero hay otra curiosa clase de mala hierba, mucho más sutil y quizás más pernicioso que la familiar amapola. Estas son las malezas imitadoras que se parecen o se comportan de una manera tan parecida a sus compañeras cultivadas que el agricultor simplemente no puede intentar eliminarlas sin dañar su cultivo. El mimetismo entre los animales y entre algunas plantas es bien conocido, pero pocos científicos han documentado el mimetismo de las malas hierbas, por lo que una reciente revisión sobre el tema, hecho por Spencer Barret, del Departamento de Botánica de la Universidad de Toronto, es de mucho interés (*Economic Botany*, vol. 37, p. 255).

El mimetismo en malas hierbas no es particularmente nuevo. La avena y el centeno probablemente se originaron de malezas en el cultivo de trigo, gracias al parecido entre las plantas antes del espigado. El mimetismo en las semillas ayudó a las malezas sobrevivir a la práctica de aventar el grano durante la trilla, que hace que el viento separe el grano de la paja, del polvo y de las semillas más pequeñas. Las semillas de malezas de apariencia y peso similares a los del grano que se trilla, pasaban este proceso de selección y se convertían en una molestia en el siguiente cultivo.

Al intensificarse la lucha contra las malezas, con el uso de herbicidas y mejores métodos de limpiar las semillas, se caldeó el juego de escondidas de las malezas. El problema se complicó cuando las malezas con cierto parentesco con el cultivo se polinizaron

con éste, dando lugar a híbridos que se parecen todavía más a la planta principal. De nuevo el problema se remonta a la antigüedad. Por ejemplo, los campos de maíz de algunas zonas de México y de América Central habían sido invadidos desde antes de la conquista española por un pariente cercano, el teosinte (*Zea mexicana* Reeves y Mangelsdorf). El teosinte es completamente fértil con su pariente, el maíz (*Zea mays*) y los híbridos salen de todas formas y tamaños. En zonas donde se cultivan variedades de maíz de tallos de color rojizo, vainas foliares peludas y hojas anchas, las poblaciones de teosinte han desarrollado las mismas características, los que las hace indistinguibles antes de la floración. Algunos agricultores han sembrado el teosinte solo, por ser más rustico y vigoroso, tanto para forraje como para grano.

Algo similar pasa con el arroz, el que tiene un comensal en la maleza *Echinochloa crus-galli* var *orienticola*, la que tiene varios nombres comunes según el país, y que constituye un problema mayor en el cultivo mecánico del arroz. Esta variedad es una copia sorprendente de la planta de arroz, difícil de diferenciar en la fase vegetativa, y adaptada a vivir en los campos inundados, lo que no pasa con el resto de las malezas. Ciertamente, esta maleza apenas sobrevive en terrenos distintos de los arrozales.

Cuando una mala hierba abandona el lujo de vivir en todas clases de habitats perturbados, para seguir una vida de imitación a un cultivo en especial, parece que escoge un juego peligroso de escondidas con el agricultor. Como el deshierbo a mano ha sido reemplazado por máquinas y herbicidas, las plantas mimicas de un cultivo tuvieron que volverse más difíciles de distinguir de su alter-ego. Quizás, como en el caso del teosinte, llegará a ser tan similar, que finalmente probará ser útil y será cultivado. Después de todo, ¿qué es, exactamente, una mala hierba? Adalberto Gorbitz.

Edulcorante natural en planta americana.

Entre 1570 y 1576, un médico español, Francisco Hernández, viajó por el antiguo imperio azteca, en México Central, al servicio de su rey y de la ciencia, brindando a esta última una monografía famosa, titulada "Historia Natural de Nueva España".

César Compadre y sus colegas del Colegio de Farmacia de la Universidad de Illinois, en Chicago, estaban hojeando la monografía de Hernández cuando se

hallaron frente a una sorprendente página. El médico viajero había descubierto una planta que los nativos llamaban "tzonpelic xihuitli", que quería decir hierba dulce en nahuatl. Hernández describió la planta como de sabor extraordinariamente dulce. La planta se conoce ahora como *Lippia dulcis* Trev., verbenácea, usada en la campiña mexicana para calmar la tos. En México se le llama "correchoncho", "orozuz" y "yerba dulce". Se sabe también que sus hojas contienen alcanfor y lippiol.

Según su informe, publicado en *Science* (vol. 227, p. 417), Compadre aisló el ingrediente dulce, un hidrocarburo aceitoso e incoloro. Se comprobó que no era ni tóxico ni mutagénico, y las personas que probaron su sabor lo encontraron mil veces más dulce que la sacarosa. Desgraciadamente, los catadores manifestaron que era "algo menos agradable que la sacarosa" y que dejaba cierto resabio ligeramente amargo. Pero, Compadre informa que dos firmas químicas están investigando este compuesto para endulzar pastas de dientes y gargarismos. Y como él bautizó a la sustancia como "hernandulcin", en honor a su descubridor, el aventurero naturalista del siglo XVI puede llegar a convertirse en una palabra casera en los labios (y dientes) de todo el mundo.

¿Qué es lo que hace que las flores de petunia se marchiten?

Poco después de la polinización, los pétalos de las petunias cambian de color, de rosado a azul-púrpura. Unas cuarenta horas después, se secan y se mueren. El análisis químico del polen de esta bella flor, de la familia solanáceas y de origen argentino, sugiere la manera como la polinización puede inducir la muerte de la flor.

Cuando un grano de polen emite un tubo dentro del órgano sexual femenino de una flor en realidad produce una herida. Así, Charles Whitehead, Abraham Halevy, y Michael Reid, de la Potchefstroom University, en Sudáfrica, buscaron una señal del inicio de la herida y marchitamiento de las flores (*Physiologia Plantarum*, vol. 61, p. 643).

Buscaron dos sustancias químicas: el gas etileno, una hormona común de las heridas en las plantas, y su precursor, l-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC). En las flores de claveles, las concentraciones de este precursor del etileno se sabe que se elevan poco después de la polinización. Whitehead y Halevy encontraron que, en las petunias, hay una rápida elevación en el mismo etileno (unos 10 nanolitros por flor y por hora) poco después de la polinización. Aún sin

polinización, los niveles de etileno se elevaron eventualmente en más de diez veces. Por el contrario, cuando el aumento del etileno fue bloqueado por un inhibidor químico, los pétalos vivieron más tiempo. Así, el etileno es importante en ejecutar la sentencia de muerte de la flor pero, ¿Qué provocó el aumento brusco del etileno?

Los científicos analizaron el contenido en ACC del polen de la petunia, y encontraron cantidades suficientes en cada grano como para liberar, al oxidarse, cinco nanolitros de etileno durante dos horas o más. Aplicando niveles comparables de ACC artificial al órgano sexual femenino de las flores, se tenían los mismos efectos que el polen. Así, el ACC en el polen parece soltar un chorro de etileno al comienzo de la polinización; seguidamente el creciente tubo polínico puede herir a la parte femenil lo suficiente como para liberar más etileno de las reservas de ACC que ya tienen sus tejidos. Pero, todavía no se sabe qué es lo que oxida al ACC para convertirlo en etileno. Adalberto Gorbitz

Crisis en revistas científicas populares.

Las revistas mensuales de divulgación de las ciencias en los Estados Unidos están en dificultades económicas, informa **The Economist** del 12 de julio de 1986 (p. 85). Una media docena de nuevos títulos fueron iniciados a fines de los novecientos setenta conforme subía vertiginosamente el interés por las misteriosas cosas que sucedían detrás de las paredes de los laboratorios. Los lectores les mostraron su entusiasmo, pero los anunciantes, desgraciadamente, no. Ahora, la compañía Time Inc., que lanzó a la circulación, en 1980 (y la volvió a lanzar hace poco), la revista mensual **Discover**, de gran circulación, pero improductiva económicamente, compró y prontamente cerró a su competidor más tenaz, **Science** 86. Otra revista, **Scientific American**, que había perdido dinero en años recientes, ha sido también vendida. Su nuevo propietario es probable que sea el Verlagsgruppe Georg von Holtzbrinck, de Stuttgart.

Scientific American, fundada hace 145 años, fue puesta a remate en 1986 cuando sus propietarios se dieron cuenta que las pérdidas de la revista podrían arrastrar a toda la compañía, que también es propietaria de W. H. Freeman, publicadora de textos universitarios y **Scientific American Medicine**, un servicio mensual de hojas sueltas para médicos.

De las siete compañías invitadas a hacer ofertas, sólo Time era de Estados Unidos. Las demás eran inglesas como el Grupo Mirror, Elsevier, The

Economist Newspaper, y una alemana, Holtzbrinck. Las ofertas variaban de US\$ 34 millones a \$ 52 m (**The Economist** ofreció \$ 40 m). Un drama final ocurre después de haber ganado Holtzbrinck, cuando Robert Maxwell, el propietario del grupo Daily Mirror y de Pergamon Press, de la Gran Bretaña, elevó su oferta de \$ 34 m a \$ 61 m. La nueva oferta ha puesto en una posición difícil a **Scientific American**.

Holtzbrinck tendrá que hacer algo más que simplemente sacar más dinero de sus bolsillos. Hasta Time, con sus enormes recursos, ha encontrado que el camino de la ilustración científica no está pavimentado con oro. A pesar de una circulación de 920 000 ejemplares, a **Discover** le falta mucho para igualar sus ganancias con sus pérdidas.

A **Scientific American** (620 000 ejemplares de circulación) no le faltan lectores pero ha sufrido, al igual que otras publicaciones populares de ciencia, por no tener una circulación lo bastante masiva (la revista mensual del Museo Smithsonian tiene una circulación de dos millones) o lo bastante selecta como para atraer a los anunciantes.

Y esto es real. No hay más que ojear revistas primarias, como **Nature** y **Science**, dedicadas a investigadores en ejercicio, para ver la páginas y páginas de avisos de los fabricantes de equipos científicos, de textos científicos, y de promoción de compañías de alta tecnología. Otras, notablemente **New Scientist**, de Inglaterra, se han convertido en verdaderas bolsas de trabajo, dada la cantidad de páginas de avisos anunciando vacantes y ofreciendo posiciones, que aparecen en cada ejemplar. Adalberto Gorbitz

Los árboles ayudan al ozono a matar los bosques.

En los últimos años, se ha estado discutiendo en los medios científicos el peligro de la desaparición de la capa de ozono que rodea a la Tierra y que protege a los ocupantes del planeta de los rayos ultravioleta. Como está de moda en estos tiempos, se culpa al hombre de este fenómeno y se ha llegado a señalar a los aerosoles contenidos en los aspersores domésticos de sustancias como los desodorantes y fijadores de los cabellos femeninos, como si estas latitas que los humanos usan en las mañanas en sus cuartos de baño estuviesen conduciéndonos a un cataclismo universal. En 1986 se está discutiendo un hallazgo insólito que exploradores científicos han hecho en la Antártida: que existe un tremendo hueco en la capa ozónica de ese continente, el que será difícil achacar a los aerosoles.

Más razonables es señalar como sospechosos a los volcanes por la cantidad de gases y cenizas que arrojan a la atmósfera. La erupción del Chichón, en México hace poco tiempo, se ha comprobado que produjo grandes alteraciones en la atmósfera y en el clima. Otros señalan los gases que emiten los motores de combustión interna, en toda su variedad. Y, más recientemente, como lo señala el Dr. Daniel Milgrom, hay científicos que apuntan su índice a los propios árboles (*New Scientist*, 19-IX-85, p. 23).

El ozono ha sido ligado, más de una vez, con la desaparición de los bosques del norte de Europa. Aunque no necesita ayuda en su tarea devastadora, parece ahora que el ozono realiza su sucio trabajo con la cooperación activa de los árboles. Esta es la conclusión de un grupo de químicos de Alemania Occidental del Instituto de Química Ecológica, en Munich. Sugieren que pequeños hidrocarburos no saturados, emitidos a la atmósfera por los árboles, son convertidos por el ozono en compuestos altamente tóxicos capaces de destruir células y enzimas vegetales (*Nature*, vol. 316, p. 535).

El ozono es un agente oxidante mucho más poderoso que su cercano pariente, el oxígeno. El ozono es una forma alotrópica del oxígeno, que contiene tres átomos de oxígeno en vez de los dos átomos de la molécula de oxígeno. El ozono es tan poderoso como agente oxidante que corta las ligazones dobles carbono-carbono, como un cuchillo corta la mantequilla. De hecho, la reacción es tan limpia que los químicos orgánicos, que la llaman ozonólisis, la han usado como método para medir las dobles ligazones en una molécula.

El ozono es producido en la alta atmósfera (la ionósfera) por acción de la luz ultravioleta (UV) sobre el oxígeno. Siendo un poderoso absorbente de UV, el ozono va a proteger la superficie de la Tierra de radiaciones demasiado dañinas. Y, en tanto que el ozono se mantenga allá arriba, la vida sobre la Tierra puede cobijarse bajo su sombrilla a prueba de radiación. El problema es que ahora el ozono está ahora bajando a la Tierra en la forma de "niebla fumosa" (en inglés se ha creado la palabra "smog", una contracción de *smoke*, humo, y *fog*, niebla). Para Milgrom, el principal culpable de esto es el motor de combustión interna.

Los motores de automóvil requieren de aire para quemar la gasolina. El aire consiste principalmente

de un quinto de oxígeno y cuatro quintos de nitrógeno. A las temperaturas y presiones que ocurren dentro de un motor, el oxígeno se combina con el nitrógeno para formar óxido nítrico. Este es arrojado por el tubo de escape y se combina con el oxígeno para formar dióxido de nitrógeno. La luz divide el dióxido de nitrógeno nuevamente en óxido nítrico y átomos de oxígeno altamente reactivos que entonces reaccionan con moléculas de oxígeno atmosférico para formar ozono. Lejos de ser protector, sin embargo, a nivel del suelo el ozono ataca ahora cualquier cosa que pueda, incluso tejido vivo. Las cosas que más le gusta atacar son las dobles ligazones carbón-carbón.

Mientras tanto, de vuelta al bosque, los árboles siguen con su metabolismo diario. Esto incluye la producción de una familia de compuestos, algunos de cuyos miembros son las más delicadas fragancias que conocemos. Estos son los terpenos, algunos de los cuales son elaborados por los árboles en la tasa de mil millones de toneladas por año. Algunos de estos terpenos contienen dobles ligazones. De hecho, los principales terpenos con doble ligazón que se encuentran en el aire del bosque son: 1) isopreno, la unidad molecular del caucho y componente de la trementina de las coníferas, y 2) el alfa-pineno, hidrocarburo terpénico también producto del metabolismo de los pinos.

Los investigadores de Munich encontraron que cuando el ozono reaccionaba con algunos terpenos representativos, incluyendo isopreno y pineno, uno de los productos finales era una sustancia llamada bis(hidroxi metil) peróxido, (BHMP). Este, a su vez, había sido formado por un precursor hidroximetil hidroperóxido (HMP), por acción del agua sobre un intermediario de una ozonólisis. Tanto el BHMP como el HMP son peróxidos orgánicos y son muy desagradosos. Forman fácilmente radicales, que son un anatema a las delicadas paredes celulares y las frágiles enzimas de los sistemas vivos (*Science*, vol. 316, p. 533).

Aunque los investigadores usaron concentraciones mucho más altas de terpeno y ozono de la que se encuentra en la naturaleza, esto no debería afectar la secuencia de reacciones que conducen al HMP. En vista de las enormes emisiones anuales de terpenos por los árboles, y la ahora peligrosa disponibilidad de ozono, es posible que grandes cantidades de HMP se están formando en el ambiente. Adalberto Gorbitz