

# TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 34

TRIMESTRE ENERO-MARZO 1984

NUMERO 1

CODEN: TURRAB 34(1)1-124

<i>Algunos aspectos sobre la pupación de Dermatobia hominis (L. Jr) (Diptera Cuterebridae) (en español)</i> G Lobo, R. Zeledón	1
<i>Efecto de los transportadores de nitrógeno y niveles de luz y temperatura sobre la absorción y asimilación de nitrógeno por plántulas de arroz (en inglés)</i> M S Fernandes	9
<i>Producción de mantillo en una comunidad natural y una de ciprés en el bosque de montano bajo muy húmedo. Río de la Hoja, Heredia, Costa Rica (en español)</i> M del R López, O. Rocha, L. A. Fournier	19
<i>Producción de alfalfa (Medicago sativa L.) III Producción ovina (en inglés)</i> E. E. Lutz, F. H. W. Morley	27
<i>Influencia del sistema de cultivo y del manejo del suelo sobre la incidencia de enfermedades I Mancha de la hoja del maíz (Diplodia macrospora) (en inglés)</i> L. E. Mora, R. A. Moreno	35
<i>Influencia del sistema de cultivo y del manejo del suelo sobre la incidencia de enfermedades II Epidemiología de la roya del frijol (en inglés)</i> R. A. Moreno, L. E. Mora	41
<i>Los perfiles de humedad vertical de hojas en una plantación de café (en portugués)</i> F. J. Lino do Nascimento, A. Tubelis	47
<i>Efecto de la densidad de siembra sobre algunas características morfológicas y el rendimiento en frijol común (Phaseolus vulgaris L.) (en español)</i> E. Aguilar F., F. Díaz M., D. R. Laing	55
<i>Efecto de la densidad de siembra en la distribución de materia seca en la planta de frijol (Phaseolus vulgaris L.) (en español)</i> F. Díaz M. E. Aguilar	63
<i>Comportamiento normal y distribución de las larvas de Plutella xylostella (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) plaga en crucíferas de todo el mundo (en inglés)</i> P. J. Salinas	77
<i>Características del palmito fresco y procesado al horno de la palma de pejibaye (Bactris gasipaes) (en español)</i> A. J. Ortiz, S. Calderón, O. L. Cordero, O. Argüello	85
<i>Elementos prioritarios en la nutrición mineral de Leucaena leucocephala (Lam) de Wit en un suelo ácido de Costa Rica (en español)</i> J. P. Guerrero, R. Borel, F. Bertsch	91
Comunicaciones	99
<i>Efecto de tres tratamientos pregerminativos sobre la germinación y viabilidad de las semillas de Enterolobium cyclocarpum (Jacq) Griseb (en inglés)</i> E. Somarriba, O. Ferreiro	99
<i>Perturbación ecológica y recuperación del control natural de plagas de insectos en algunas plantaciones de banano en Costa Rica (en inglés)</i> C. S. Stephens	101
<i>Pudrición del fruto del banano causada por Sclerotinia sclerotiorum (LIB) de Bary (Whetzelinia sclerotiorum) en Costa Rica (en español)</i> I. G. Laguna, L. G. Salazar	105
<i>Observaciones sobre la postura de huevos fértiles por obreras de Acromyrmex octospinosus (Reich) (Hymenoptera formicidae) (en francés)</i> G. Febvay, C. Ogier	107
<i>Actividad amilásica durante la germinación del grano de trigo. Estudio electroforético (en español)</i> J. A. Luciani, M. E. Dubois de Trecco	108
<i>Crecimiento y absorción de boro por Lycopersicon esculentum y L. cheesmanii f. minor (en inglés)</i> J. Toledo, A. R. Spurr, H. Timm	111
<i>Diagnos foliar en la caña de azúcar X Efecto de la lluvia en los contenidos foliares de macronutrientes en la primera y segunda cosechas (en portugués)</i> E. Malavolta, J. G. de Carvalho	115
Notas y comentarios	34, 121, 122, 123, 124
Reseña de libros	25, 46, 54, 62, 89, 90, 121



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

### Summary

*A group of 3611 third stage maggots of Dermatobia hominis, separated by weight in individual glass vials was used to study the effect of humidity on pupation. The vials were placed in closed glass containers at 26 ± 0.5°C. In a variation of this experiment maggots were placed in sand substrate at 0 and 100% humidity and controlled relative humidity (R.H.) of 10, 37 y 66%. In those containers, which were kept closed, there was no difference in pupae formation and later adult emergence. Pupation was affected when both the humidity of the substrate and external media were low case, mortality rate decreased when R.H. became higher. There was no difference in liquid losses in pupation of maggots with different body weight, at different substrate humidities in a closed container.*

*Apparently the internal humidity (by evaporation) in the container was sufficient for normal pupation. There was higher loss of weight when the pupae remained in an open container and when the substrate was dry and the external R.H. low. Maggots penetrated the substrate when there was some degree of humidity and mortality was high in very dry substrates. In wet substrates the rate of successful adult emergence is high and the percentage of adults from penetrating and non penetrating pupae is quite similar.*

### Introducción

**E**l tórsalo (*Dermatobia hominis*) es un insecto ectoparásito de América tropical y su distribución geográfica se extiende desde México hasta el norte de Argentina. Esta distribución tiende a circunscribirse dentro de un ámbito de condiciones climáticas y es relativamente abundante en aquellos lugares con temperaturas cálidas y alta precipitación pluvial. Las alturas elevadas limitan su distribución por efecto de la baja temperatura, que a su vez afecta a los vectores de sus huevos (2).

Según la literatura, dependiendo de la temperatura ambiente, el período pupal varía de 20 días como mínimo, hasta 73 días como máximo (9, 10). Zeledón (10) observó la duración de fase pupal a diferentes temperaturas y encontró que la pupación tardó 24 días a 28°C, 25 días a 26°C y 20 días a 30°C, a partir de larvas provenientes de bovinos e incubadas en un frasco de vidrio con tierra húmeda en el fondo. Neel *et al.* (8) y Urbina (9) utilizaron como sustrato distintos tipos de suelo bajo dos condiciones extremas de humedad e intensidad de iluminación variables y concluyeron que ni los tipos de suelo ni la intensidad de luz tuvieron influencia en la duración del período pupal. Sin embargo, estos autores hacen saber que los suelos en que mejor se desarrolló la fase pupal y del que emergió un mayor número de adultos fueron los que estuvieron a la sombra y se mantuvieron húmedos.

Zeledón (11) en sus ensayos sobre pupación en condiciones de laboratorio, a temperatura ambiente y utilizando diversos sustratos, tales como paja de madera, serrín, tierra húmeda, tierra seca y recipientes

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 30 de marzo de 1983  
Agradecemos al Ing. Luis Fernando Jirón, la Dra. Sandra Silva su valiosa colaboración en diversas fases de este trabajo y al personal de la Unidad de Ecología Médica del Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA) por su valiosas y oportunas ayudas.

\* Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional y Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular, Universidad de Costa Rica.

tes limpios con papel secante en el fondo, no encontró diferencias apreciables en cuanto al efecto en la capacidad de pupación y en la viabilidad de las pupas en esos medios.

Este trabajo tiene por objetivos dar a conocer el efecto de diversos grados de humedad, tanto en el sustrato como en el ambiente, en la obtención de pupas; la influencia del peso larval en la pupación y su relación con la emergencia de machos y hembras adultas; algunos aspectos fisiológicos tales como la pérdida de líquido por parte de la larva al pupar bajo diferentes humedades y finalmente la capacidad de las larvas de enterrarse en arena con diversos grados de humedad.

### Materiales y métodos

Se utilizaron 3611 larvas de *Dermatobia* de tercer estadio obtenidas de bovinos. Estas se lavaron tres veces en solución salina (0.85%), se colocaron inmediatamente durante 30 min. en papel absorbente y posteriormente fueron pesadas en una balanza analítica Mettler H3AR. Para cada grado de humedad se distribuyeron las larvas en forma equitativa por peso.

Cada individuo fue colocado separadamente en un pequeño frasco de vidrio de 2 cm de diámetro por 8 cm de altura que contenía 14.0 g de arena de río ( $\pm 2$  cm de altura) previamente secada a 200°C durante dos horas. Se determinó que 2.0 ml era la cantidad de agua que saturaba los 14.0 g de arena.

Los niveles de humedad de la arena de 100, 50, 25 y 0% se lograron adicionando 2.0, 1.0, 0.5 y 0.0 ml de agua. Los frascos con diferente nivel de humedad se colocaron tapados con gasa en un recipiente de vidrio de 12 cm de diámetro por 21 cm de altura, cerrado con tapa metálica de rosca a  $26 \pm 0.5^\circ\text{C}$ . Una variación del experimento se hizo con larvas puestas en frascos con sólo 0% y 100% de humedad del sustrato respectivamente y colocadas en recipientes que permanecieron destapados con 10, y 37 y 66% de humedad relativa (H.R.) constantes en promedio en estufas adaptadas para ello.

En otro experimento se separaron las larvas en seis grupos, con un ámbito de peso de 50 a 100 mg. Los machos y las hembras se identificaron por el tamaño del quinto segmento abdominal de acuerdo a Banegas y Mourier (1).

Para determinar la pérdida de líquido, las larvas se separaron en cuatro grupos según el peso con un ámbito de 100 mg. Ocho días después las pupas fueron sacadas de sus frascos, limpiadas con una escobilla fina y pesadas individualmente.

Se consideró como penetradas en el sustrato aquellas larvas que desaparecían de la superficie de la arena después de 72 horas.

El recuento de las pupas se hizo al tercer día y el de los adultos diariamente hasta 35 días de iniciada la fase pupal.

Como los adultos que emergieron bajo las condiciones experimentales de este estudio presentaron anomalías, se consideraron normales aquellos individuos que lograron recoger el saco plúvico y extendieron completamente las alas. Con el objeto de determinar si estas anomalías observadas se debían a la limitación de espacio, se hizo un experimento adicional en el cual ocho días después de que cada larva pupaba en el frasco se trasladaba a un recipiente grande como los ya descritos.

### Resultados

La fase pupal demoró entre 25 y 31 días en los grupos estudiados con diferente humedad. El Cuadro 1 muestra que con diferentes grados de humedad en el sustrato de arena, no hubo diferencias significativas en la formación de pupas ni en la obtención posterior de adultos. En el caso de frascos abiertos, la pupación se afectó aun cuando la humedad del sustrato fue muy baja y cuando se acompañó de una humedad relativa del aire también baja (Cuadro 2). Sin embargo, si ambas humedades llegan a ser muy bajas, durante el periodo pupal, la tasa de mortalidad de las pupas llega incluso al 100%. La tasa de sobrevivencia mejora notablemente si la humedad relativa del aire aumenta, pero sin alcanzar los valores que se obtienen con humedades más altas (Cuadro 1). Las diferencias en las emergencias de adultos del Cuadro 1 comparadas con las del segundo y tercer experimentos (Cuadro 2), son estadísticamente significativas ( $P < 0.01$ ).

En las Figuras 1 y 2 se observa la influencia del peso de la larva en la pupación. Los grupos que van de 350 a 500 mg en peso tienen porcentajes de pupación menores que aquéllos cuyo ámbito oscila entre 501 y 750 mg ( $P < 0.01$ ). Puede también deducirse que las probabilidades de obtener machos son más altas en el grupo de peso menor de 550 mg.

La Figura 3 muestra que no hubo diferencia significativa en el porcentaje de líquido perdido, por las larvas a 100, 50, 25 y 0% de humedad cuando el recipiente permaneció cerrado. Esto es también cierto independientemente del peso de los distintos grupos de larvas (Cuadro 3). Sin embargo, hubo una considerable pérdida de líquido con diferencia significativa ( $P < 0.01$ ) cuando las larvas fueron colocadas en are-

Cuadro 1. Pupas obtenidas y adultos emergidos de 879 larvas de *D. hominis* colocadas en recipientes de vidrio cerrados con sustrato de arena a diferentes humedades y 26°C.

Humedad del sustrato (%)	No. inicial de larvas observadas	No. de larvas que puparon (%)	No. de adultos emergidos (%)
100	218	141 (64.7)	115 (81.6)
50	218	142 (65.1)	109 (76.8)
25	170	110 (64.7)	91 (82.7)
0	273	184 (67.4)	137 (74.5)

Cuadro 2. Pupas obtenidas y adultos emergidos de 732 larvas de *D. hominis* colocadas en recipientes de vidrio destapados y con sustrato de arena a diferentes humedades y 26°C.

Humedad del sustrato (%)	Humedad relativa del aire (%)	No. inicial de larvas observadas	No. de larvas que puparon (%)	No. de adultos emergidos (%)
0	10	124	58 (46.8)	0
0	37	223	73 (32.7)	10 (4.5)
0	66	131	92 (70.2)	17 (18.5)
100	10	124	87 (70.2)	0
100	66	130	100 (79.2)	86 (86.0)

na seca y el frasco permaneció destapado en un ambiente externo con una baja humedad relativa.

Como puede observarse en el Cuadro 4, un mayor número de larvas logran penetrar cuando la humedad del sustrato varió entre 25 y 50%. En el sustrato saturado, el número de larvas que penetra tiende a disminuir observándose una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.01$ ), mientras que en el sustrato seco, no penetran del todo. Sin embargo, el número que penetran en el suelo saturado de humedad tiende a pupar en su totalidad y en este caso, presentan una tasa de emergencia de adultos muy alta. Esta última condición no sucede en igual grado en el sustrato con las otras dos humedades aunque el porcentaje de pupación se mantiene alto en ambos casos y la diferencia no es estadísticamente significativa.

En el Cuadro 5 se observa que el índice de pupación tiende a bajar en aquellas larvas que no penetran al disminuir la humedad de sustrato de 100 a 25% y vuelve a aumentar en condiciones de 0% de humedad en ambiente cerrado. Cuando la humedad del sustrato es de 10% ó 37% de humedad relativa en el recipiente abierto, las larvas no sólo no penetran sino que también tienen una tasa de pupación y emergencia de adultos muy bajas. La diferencia entre las larvas que pupan después de penetrar en humedades del sustrato de 25 a 100% y aquellas que pupan sin penetrar a las mismas humedades es estadísticamente significativa ( $P < 0.01$ ). El número de adultos emergidos en frasco cerrado de aquellas larvas que pupan ya sea penetrando o no, es semejante.

Como se indica en el Cuadro 6, el número de adultos anormales en todas las humedades es alto (apro-

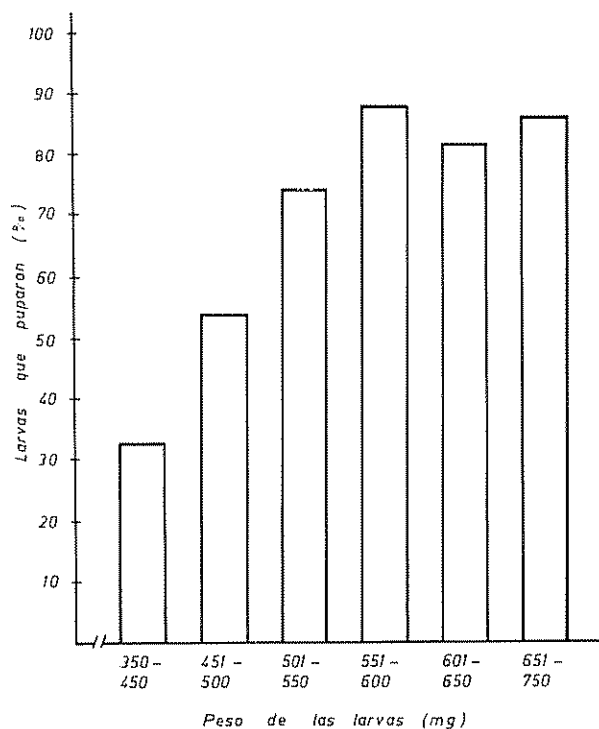


Fig 1 Influencia del peso de larvas de *D. hominis* en la pupación en sustrato de arena a 26°C de temperatura constante

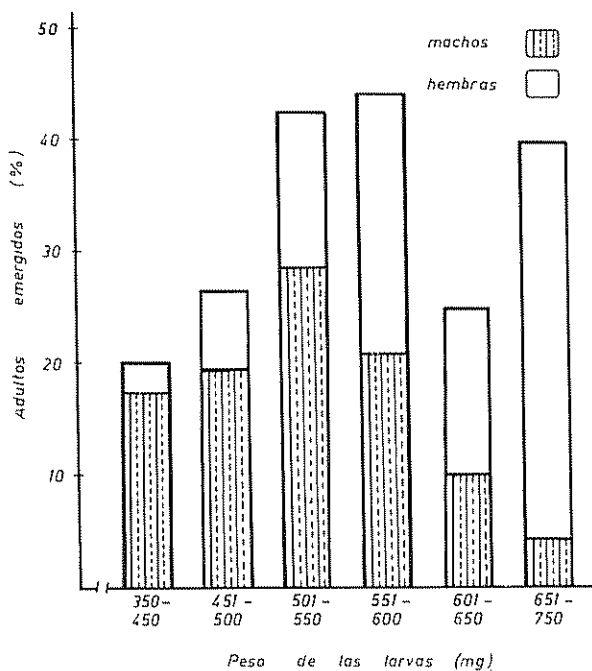


Fig 2 Influencia del peso en larvas de *D. hominis* en el número de adultos machos y hembras emergidos en sustrato de arena a 26°C tomados de varios experimentos

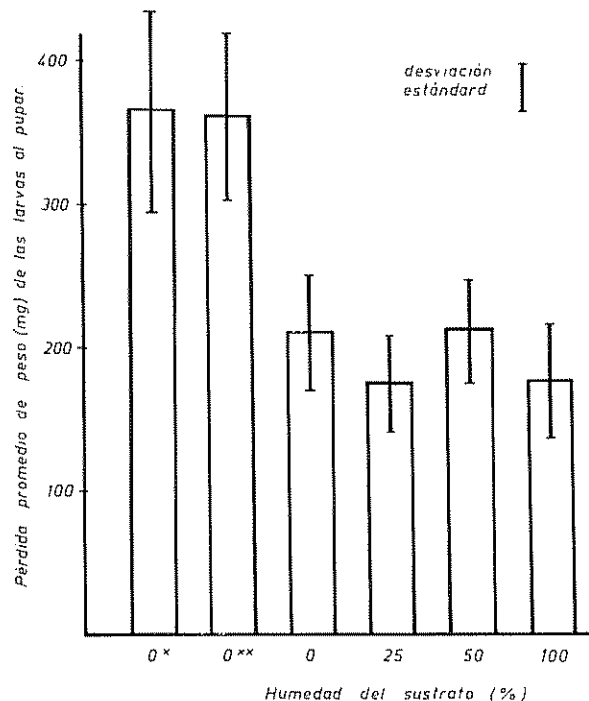


Fig 3 Líquido perdido por larvas de *D. hominis* que puparon en sustrato de arena con diferentes porcentajes de humedad a 26°C. + Recipientes destapado y 37% de H.R.; ++ Recipiente destapado y 10% H.R.

ximadamente la mitad de ellos); no obstante ningún adulto emergido en recipientes grandes presentó anomalías.

#### Discusión y conclusiones

Los resultados muestran que en condiciones de sequía en el sustrato y en el aire el número de larvas que logran pupar es bajo y más bajo aún el número de moscas que emergen posteriormente, ya que bajo estas condiciones, la mosca generalmente no llega a formarse dentro del pupario. Cuando el sustrato es seco pero el recipiente se mantiene cerrado, el líquido eliminado por la larva es suficiente para aumentar la H.R. del aire y permitir la pupación y una tasa satisfactoria de emergencia de adultos. Esto concuerda en parte con lo observado por Moya (6) quien encontró diferencias significativas en la emergencia de adultos después de haber sometido las larvas y sus pupas a diferentes humedades relativas en el medio ambiente externo; a 25°C y una H.R. de 92% la emergencia de los adultos fue de 73.3%, mientras que a la misma temperatura pero con H.R. de 62.5 y 75.5% no hubo emergencia de adultos.

No se conoce estudios ecológicos, en condiciones de campo, sobre niveles de humedad, temperatura y periodos de lluvia en relación a las densidades de

Cuadro 3. Relación del peso de larvas de *D. hominis* con la pérdida de líquido al pupar en sustrato de arena a 100, 50, 25 y 0% de humedad en recipiente mantenido tapado a la temperatura de 26°C.

Ambito de peso de las larvas (mg)	No. inicial de larvas	No. de pupas %	Peso (X) de las larvas antes de pupar. ± D.E. (mg)	Peso (X) de las pupas obtenidas ± D.E. (mg)	Pérdida de peso (X) (en líquido de la larva). ± D.E. (mg)
350-450	263	67 (41.1)	415.4 ± 24.6	273.8 ± 48.5	141.6 ± 44.2 (34.1%)
451-550	238	139 (58.4)	503.8 ± 43.3	338.6 ± 47.3	165.3 ± 50.5 (32.8%)
551-650	169	139 (82.3)	590.6 ± 44.2	389.5 ± 48.2	201.1 ± 43.5 (34.1%)
651-750**	111	102 (91.9)	717.0 ± 41.9	460.1 ± 73.5	256.8 ± 60.6 (35.8%)

\* Se tomó como punto de referencia el peso inicial de la larva y el resultante de la pupa correspondiente.

\*\* 21 larvas pesaron más de 750 mg y fueron incluidas en este grupo.

± D.E. Desviación estándar.

Cuadro 4. Capacidad de penetración de 423 larvas de *D. hominis* en arena con diferentes humedades en recipientes mantenido cerrado a 26°C y número de adultos emergidos de sus respectivas pupas.

Humedad del sustrato (%)	No. inicial de larvas	No. de larvas que penetraron (%)	Número de larvas que penetraron y que puparon (%)	No. de adultos emergidos (%)
100	112	35 (31.2)	35 (100)	30 (85.7)
50	105	63 (59.5)	49 (77.8)	34 (69.4)
25	112	59 (51.8)	52 (88.1)	40 (76.9)
0	104	0	0	0

población de *Dermatobia*. La respuesta de esta mosca a estos factores ambientales en condiciones de laboratorio sugiere que, en términos generales, las zonas definidas por Holdridge (3) en Costa Rica como bosque húmedo bajo y bosque premontano húmedo parecen ser zonas con mayor incidencia de parasitismo por *D. hominis*. Al mismo tiempo, las zonas definidas como bosque tropical seco con baja humedad, alta temperatura y períodos estacionales bien marcados, tienen una incidencia baja (5, 7). Esto concuerda con la observación empírica de que el número de larvas obtenidas de bovinos fue menor en época seca (diciembre-abril) que en época lluviosa (mayo-noviembre).

Los resultados sobre el efecto de la humedad del sustrato en la pupación amplían lo afirmado por Neel *et al.* (7) y Urbina (9), quienes encontraron que la humedad del suelo tienen una influencia favorable en la emergencia de adultos; también observaron un porcentaje de emergencia muy bajo después de colocar larvas maduras a pupar en suelos secos. Sin embargo, se debe suponer que estos autores trabajaron en un ambiente permanentemente seco, puesto que parece ahora claro que la simple ausencia de humedad en el sustrato no es suficiente para producir una tasa de emergencia de adultos tan baja. No obstante, Koone y Banegas (4) observaron que la emergencia de los adultos está influenciada por la cantidad de

Cuadro 5. Observaciones con 780 larvas de *D. hominis* que no penetraron en la arena con diferentes humedades en recipientes mantenido cerrado a 26°C y número de adultos emergidos de sus respectivas pupas.

Humedad del sustrato (%)	No. inicial de larvas (%)	No. de larvas que no penetraron (%)	No. de larvas que no penetraron y puparon (%)	No. de adultos emergidos (%)
100	112	77 (68.8)	39 (50.6)	32 (82.1)
50	105	42 (40.5)	17 (40.5)	14 (82.4)
25	112	53 (49.2)	21 (39.6)	16 (76.2)
0	104	104 (100)	66 (63.5)	46 (69.7)
0*	223	223 (100)	73 (32.7)	10 (4.5)
0*	124	124 (100)	58 (46.8)	0

\* Recipiente destapado y 37% de H.R.

\*\* Recipiente destapado y 10% de H.R.

Cuadro 6. Grado de anormalidad de adultos de *D. hominis* obtenidos a 26°C cuya pupación se realizó en frasco pequeño con sustrato de arena a diferentes humedades.

Humedad del sustrato (%)	No. de pupas observadas	No. de adultos emergidos (%)	No. de adultos anormales (%)
100	125	103 (82.4)	49 (47.6)
50	136	116 (85.3)	64 (55.2)
25	102	81 (79.4)	55 (67.9)
0	161	119 (73.9)	51 (42.8)

agua del suelo. Los resultados de este estudio permiten concluir que para la obtención experimental de una tasa alta de pupación y la posterior emergencia de adultos es necesaria una humedad ambiental alta, independientemente de la cantidad de agua del sustrato. Esto implica que durante la época seca, en que la humedad ambiental baja considerablemente, el ciclo de *D. hominis* debe verse interrumpido.

El bajo porcentaje de pupación de aquellos grupos de larvas de menor peso probablemente se

debe a la inmadurez fisiológica de la larva. La diferencia de peso y tamaño corporal entre los dos sexos de *D. hominis* ya había sido sugerida por Neiva y Gomes (8).

Es posible inferir que para la formación de la pupa debe existir un tamaño y un peso mínimo en la larva de tercer estadio, necesarios para que la pupación se realice normalmente, e inclusive este tamaño mínimo aceptable puede ser diferente para el macho y para la hembra. No obstante, se demostró que no hay un límite fijo de peso que permita predecir con absoluta

certeza el futuro sexo de la mosca, se encontró que aquellas larvas que pesan menos de 550 mg producen una mayoría de machos, las que pesan entre 550 y 600 mg presentan una probabilidad similar en la producción de machos y hembras y finalmente pesos sobre los 600 mg conducen a la obtención de un mayor número de hembras.

El porcentaje de líquido o peso perdido por la larva sugiere que éste es independiente de la humedad del sustrato en un amplio ámbito, pero es afectado en condiciones de sequía constante del ambiente y su consiguiente alta evaporación. En este caso, la larva tiende a eliminar mucho más líquido y esto repercute en la viabilidad de la pupa. Esto último lleva a la conclusión de que el estado pupal del tórsalo es una fase crítica y limitante cuando las poblaciones de *Dermatobia* son sometidas a sequías prolongadas. El efecto deletéreo de esta sequía se debe al mayor porcentaje de líquido que la larva está obligada a perder, produciéndose una deshidratación exagerada de la misma pupa. Durante el proceso de pupación existe un límite máximo proporcional de pérdida de líquido compatible con la formación del adulto. Esto se corroboró al disecar los puparios cuyos adultos no emergieron ya que estos especímenes no habían logrado formar el imago observándose en su lugar una masa reseca amarillenta. No obstante, no se puede descartar que la deshidratación de la pupa continúe durante todo el período pupal si se mantiene la humedad del ambiente muy baja.

La cantidad de líquido perdido por las larvas varía dentro de un amplio ámbito de peso, pero es proporcional al peso de la larva, representando en condiciones normales aproximadamente un tercio de su peso inicial.

Los datos en los Cuadros 4 y 5 sugieren que es necesario un determinado porcentaje de humedad en la arena para que la larva penetre y se proteja contra la desecación. Esto no concuerda con lo observado por Neel *et al* (7) y por Urbina (9) quienes aseguran que las larvas se enterraron en distintos tipos de suelo seco. Sin embargo, Urbina (9) atribuye la poca emergencia de moscas de suelo seco a la incapacidad de las larvas para pupar en condiciones de sequía, así como a su baja penetración. En el caso de sustrato seco sometido a evaporación constante en donde las larvas no penetran del todo, el porcentaje de pupas viables fue muy bajo o nulo. Esto parece señalar un mecanismo compensatorio bajo condiciones extremas de sequía, en donde a la larva le conviene más no penetrar para no someterse a un ambiente de mayor sequía. Esto es posible que sea el caso bajo condiciones de sombra permanente, ya que cuando las pupas están expuestas al sol las

posibilidades de viabilidad son mínimas. Zeledón (10) había observado que el sustrato parecía actuar como simple absorbente del exceso de humedad que la larva debe eliminar durante el proceso de pupación. Ante esta última suposición, la larva madura no tendría necesidad de penetrar en el sustrato. Esta observación parece no ser correcta ya que, la información aquí presentada señala que bajo condiciones normales, la penetración es una fase que favorece la pupación.

La falta de recogimiento del saco ptilínico y de extensión de las alas en los frascos pequeños se debió a la falta de espacio que limitó el movimiento.

### Resumen

Se utilizaron 3611 larvas de *Dermatobia* de tercer estadio, separadas según el peso y colocadas en pequeños frascos con arena de río sin tapa con diferentes cantidades de agua (0, 25, 50 y 100 de saturación). Los frascos correspondientes a cada humedad fueron colocados en recipientes cerrados a  $26 \pm 0.5^\circ\text{C}$ . Una variación de este experimento se hizo con larvas colocadas en frascos con sólo 0% y 100% de humedad del sustrato en recipientes que permanecieron destapados en estufas con 10, 37 y 66% de humedad relativa (H.R.) en promedio en estufas adaptadas para ello.

En los frascos que permanecieron cerrados, no hubo diferencias en la formación de pupas ni en la obtención de adultos. La pupación fue afectada cuando la humedad del sustrato y ambiental fueron muy bajas. En este caso la tasa de mortalidad de las pupas alcanzó el 100%. Esta tasa bajó sólo cuando la H.R. del aire fue aumentada.

No hubo diferencia en el porcentaje de líquido perdido al pupar en las larvas con distintos ámbitos de peso, en arena húmeda o seca cuando el recipiente permaneció cerrado; la humedad atrapada en el recipiente fue suficiente para la pupación normal. Hubo una mayor pérdida de peso cuando las larvas puparon en arena seca y el frasco permaneció destapado en ambiente con H.R. baja.

Las larvas penetran en el sustrato cuando hay humedad; si éste es seco no penetran del todo y en este caso el porcentaje de adultos que emergen es muy bajo o nulo. En sustratos húmedos el número de adultos emergidos de larvas que pupan y que penetran o que permanecen en la superficie es semejante.



## Literatura citada

1. BANEGAS, A. D., MOURIER, H. y GRAHAM, O. H. Laboratory colonization of *Dermatobia hominis* (Diptera: Cuterebridae). *Annals of the Entomological Society of America* 60:511-514. 1967.
2. CREIGTON, J. T. y NEEL, W. W. Biología y combate del tórsalo o nucho, *Dermatobia hominis* (L.Jr.): Reseña bibliográfica, Turrialba 2:59-65. 1952.
3. HOLDRIDGE, R. L. Life Zone Ecology. San José, Costa Rica, Tropical Sciences Center, 1967. 206 p.
4. KOONE, H. D. y BANEGAS, A. D. Biology and control of *Dermatobia hominis*. *Journal of Kansas Entomological Society* 32:100-108. 1959.
5. MORALES, E. Algunas observaciones sobre el control del tórsalo en Costa Rica. *Proceedings 10th. International Congress of Entomology (Montreal)* 3:751-756. 1956.
6. MOYA, G. Estudios sobre la biología, morfología y esterilización del tórsalo, *Dermatobia hominis* (L.Jr.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1966. 63 p.
7. NEEL, W. W., *et al.* Ciclo biológico del tórsalo (*Dermatobia hominis*, L.Jr.) en Turrialba, Costa Rica. *Turrialba* 5:91-104. 1955.
8. NEIVA, A. y GOMES, J. F. Biología da mosca do berne (*Dermatobia hominis*) observada em todas suas phases. *Annaes Paulista de Medicina e Cirurgia* 8:197-209. 1917.
9. URBINA, O. Efecto del tórsalo (*Dermatobia hominis*, L.Jr.) en la productividad del ganado de carne y algunos aspectos que determinan su infestación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1954. 79 p.
10. ZELEDON, R. Algunas observaciones sobre la biología de la *Dermatobia hominis* y el problema del tórsalo en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 5:63-75. 1957.
11. ZELEDON, R. La familia Cuterebridae (Diptera: Cyclorrhapha) y el problema del tórsalo. *O'Bios* 3:17-23. 1962.

# N-CARRIERS, LIGHT AND TEMPERATURE INFLUENCES ON UPTAKE AND ASSIMILATION OF NITROGEN BY RICE SEEDLINGS<sup>1</sup> /

M. S. FERNANDES\*

## Resumo

*Foi estudada a absorção e o metabolismo de nitrogênio com arroz (Oriza sativa L.) submetido a diversas combinações de luz, temperatura, formas e níveis de nitrogênio (N).*

*O experimento foi feito em câmaras de crescimento e em solução nutritiva. Foram determinados o peso fresco, amino-N livre, o  $N-NO_3^-$  e  $N-NH_4^+$ , açúcares não estruturais, e N-Kjeldahl do resíduo após extração alcoólica.*

*A variedade IR-8 usou N mais eficientemente que Come-Cru (C-C). Nitrato foi melhor fonte de N para plantas sob condições ambientais desfavoráveis do que  $NH_4^+$ . Sob condições desfavoráveis, plantas sob  $NO_3^-$  parecem exercer controle metabólico sob os níveis internos de N-reduzido, através do deslocamento de  $NO_3^-$  do "pool" indutor para o "pool" substrato, enquanto que, em plantas sob  $NH_4^+$ , ocorre um bloqueio do excesso de  $NH_4^+$  sob a forma de amidas.*

*Os resultados mostram que pode ocorrer acúmulo de excesso de  $NO_3^-$  em plantas devido a fatores externos, como fluxos de energia e disponibilidade de N, enquanto que a redução e assimilação são regulados por fluxos internos de energia, relacionados com processos de crescimento. Estas observações são importantes do ponto de vista de manejo de fertilizantes e seleção de variedades, em áreas onde ocorrem fluxos estacionais de  $NO_3^-$  no solo.*

## Introduction

**T**ropical areas of South America, where upland rice (*Oryza sativa* L.) is grown, have a rainy growing season and a dry season each year. Along the equator in northeastern Brazil, rainfall during the growing season averages 1 950 mm, and the average temperature (26°C) is favorable for rice. Radiation is frequently limiting (seasonal average: 0.5 cal/cm<sup>2</sup> min), but periods of high light intensity

do occur (1.43 cal/cm<sup>2</sup> min). Periods of high light intensity are usually accompanied by unfavorably high (34°C) temperatures (1).

At the beginning of the rainy season, tropical soils are characteristically high in nitrate (10). Concentrations ranging up to 200 ppm  $NO_3^-$ -N or more are frequently reported. The seasonal "nitrate flush" has been attributed, in specific situations, to upward capillary migration during the dry season (22) and to resurgent microbial activity associated with the first rains after a drying cycle (13). With continuing rains,  $NO_3^-$  is leached into the profile, so that  $NO_3^-$  in the root zone is low throughout much of the growing season.

The fact that adapted varieties do grow and are moderately productive in the "wet-dry" tropics under conditions of stress caused by unfavorable combinations of light, temperature and N supply suggests that mechanisms exist which enable rice

<sup>1</sup> Received for publication on March 13, 1983  
Contribution from the Department of Soils, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.  
The author thanks Dr A. R. Wolecott of Michigan State University for his many suggestions and criticisms for the improvement of the manuscript.

\* Associate professor, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Km 47 Rod Rio-São Paulo, 23460 - Seropédica - RJ

plants to take up, and store for later use, the  $\text{NO}_3^-$  available to them as seedlings during the "nitrate flush".

Rice can take up N either as  $\text{NH}_4^+$  or as  $\text{NO}_3^-$  (8). In the presence of  $\text{NO}_3^-$ , nitrate reductase activity (NRA) is induced (21). The induction of NRA in rice seedlings has been observed as early as 24 hours after germination (18).

In other plant species, it has been shown that nitrate reductase activity (NRA) is sustained by continual *de novo* synthesis of the enzyme (since it is rapidly degraded) (24). NRA is sensitive to light intensity and temperature, through their effects on photosynthesis, respiratory balance and uptake of  $\text{NO}_3^-$  (2, 9).

Heimer and Filner (11) used tungstate to create a non-functional nitrate reductase in cultured tobacco cells and were able to separate the  $\text{NO}_3^-$  uptake system from the nitrate reducing system. Nitrate reductase activity was reduced when  $\text{NO}_3^-$  was removed from the external medium, even when the level of  $\text{NO}_3^-$  within the cells was high. The authors proposed the existence of two  $\text{NO}_3^-$  pools: (i) a short-lived inducing pool and (ii) a long-lived substrate pool. The cells could use the substrate pool for growth but not to replenish the inducing pool.

Glutamine and glutamate are the initial intermediates along the route through which reduced inorganic N is assimilated (15) involving the use of enzymes glutamine synthetase (GS) and glutamate synthase (GOGAT). It should be pointed out also, that glutamate dehydrogenase (GDH) was shown to be induced in rice roots fed  $\text{NH}_4^+$ , but not in those fed  $\text{NO}_3^-$  (12). Both routes (GS/GOGAT, GDH) may be involved in the assimilation of mineral N, the second, most probably, when  $\text{NH}_4^+$  levels in the root environment increase (6).

The amination of glutamate or aspartate may serve also to detoxify excess  $\text{NH}_4^+$  by converting it into the corresponding amides, which can accumulate without detriment to the cell (14). A similar protective role was proposed for nitrate reductase in  $\text{NO}_3^-$ -fed plants (2).

An understanding of the metabolic responses of rice to energy fluxes and nitrogen supply can be useful in breeding and selection for varietal improvement as well as in determining a fertilizer source of N and method of application. Pertinent findings from a nutrient culture study are reported here.

## Materials and methods

### Light and temperature combinations

Three combinations of light and temperature were used, when N was applied as  $\text{NH}_4^+$  or as  $\text{NO}_3^-$  at three concentrations. Table 1 shows the levels of light, temperature and N used, as well as the light-temperature combinations. These light-temperature combinations are the most probable to be found during the growing season in the humid tropics.

### Varieties

Two rice varieties were used: Come-Cru (C-C) a variety from the northeastern areas of Brazil ( $5^\circ\text{S}$ ,  $45^\circ\text{W}$ ), grown in rather poor soils without fertilizers, and resistant to lodging and shedding. It represents the type of the "old", tropical varieties. IR-8, the second variety, is short statured and of the "new" type, responsive to N-fertilizers (20).

Plants were grown in controlled environment chambers (Sherer, 511-38 Model). Rice seeds were germinated in distilled water, transferred to 2-liter polyethylene containers filled with vermiculite, and grown under 8 640 lux with 12 hour photoperiods at  $28^\circ\text{C}$ . At this stage, seedlings received as basic nutrient solution:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 3 meq/l;  $\text{CaCl}_2$ , 1 meq/l;  $\text{MgSO}_4$ , 6 meq/l;  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , 2.86 g/l;  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , 1.81 g/l;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 0.22 g/l;  $\text{CuSO}_4$ .

Table 1. Levels of light, temperature, and nitrogen supply used in this investigation.

1. Light levels	a. high light supply (HL) – 40 000 Lux
	b. low light supply (LL) – 17 280 Lux
2. Ambient temperature levels	a. high temperature (HT) – $35^\circ\text{C}$
	b. low temperature (LT) – $24^\circ\text{C}$
3. Light and temperature combinations	a. high light – high temperature (HL-HT)
	b. low light – high temperature (LL-HT)
	c. low light – low temperature (LL-LT)
4. Nitrogen levels in the nutrient solutions	a. ammonium nitrogen ( $\text{NH}_4^+$ )
	5 ppm, 20 ppm, and 150 ppm N as ammonium sulfate
	b. nitrate nitrogen ( $\text{NO}_3^-$ )
	5 ppm, 20 ppm, and 150 ppm N as calcium nitrate

5H<sub>2</sub>O, 0.08 g/l; H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O, 0.02 g/l. Nitrogen was applied at 20 ppm as NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. Iron citrate was added (5 ml/l) from a 1 000 ppm Fe stock solution.

After two weeks, plants were removed from the vermiculite, washed, and placed in the experimental nutrient solutions with NH<sub>4</sub><sup>+</sup> or NO<sub>3</sub><sup>-</sup> at the levels shown in Table 1. Five rice seedlings were held in the holes of the lids of 2-liter polyethylene containers. To avoid heating and light penetration, the containers and lids were covered with aluminum foil. Finely ground calcium carbonate was added to the NH<sub>4</sub><sup>+</sup> solution to avoid sharp drops in pH (13). The pH of the NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nutrient solution was adjusted to 6.0, and that of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> solution adjusted to 5.5. The nutrient solutions were changed every three days.

After a 10-day experimental period, the plants were harvested, between 5 and 6 p.m. Roots and shoots were weighed. One gram or less of plant tissue (shoots) was homogenized with 20 ml of 80% ethanol. The homogenate was passed through four layers of cheesecloth and then reextracted. Combined extracts were filtered through Whatman no 1 filter paper by gravity flow. Pigments and proteins remaining in solution were extracted by partition with chloroform and water. The extract volume was adjusted to 50 ml with ethanol and stored at -5°C until further analysis.

Free amino-N was determined colorimetrically by the method of Moore and Stein (16). Ammonium and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N were determined in 5 ml of the extract by the fractional distillation methods of Bremner and Keeney (4). Soluble sugars were determined by the anthrone method of Yemm and Willis (23). The data for varieties, N sources and N levels for the three combinations of light and temperature were submitted to statistical analysis in accordance with a completely random factorial design, with three replications.

### Results and discussion

Ammonium and nitrate were used with about equal effectiveness by both varieties under the low stress conditions of LL-HT (Table 2). The effectiveness of NH<sub>4</sub><sup>+</sup> was sharply reduced by high temperature. Utilization of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> was unaffected, except at high concentration (150 ppm NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) and under conditions of unfavourable balance associated with limiting light at high temperature (LL-HT). Apparently, even low levels of NH<sub>4</sub><sup>+</sup> in the root environment can be toxic to rice under unfavourable combinations of light and temperature. High levels of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> were needed to hinder growth of plants under

similar stress. When under the stress condition of LL-HT, IR-8 used NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N better than C-C at the two lowest levels (5, 20 ppm), but both varieties behaved similarly in regard to NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N use. Under conditions of low stress, IR-8 behaved better than C-C at 20 and 150 ppm N when NH<sub>4</sub><sup>+</sup> was used, while both varieties used NO<sub>3</sub><sup>-</sup> equally well. Overall, IR-8 was more able to use N than C-C. NO<sub>3</sub><sup>-</sup> was shown to be a better source of N for rice plants than NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, under a range of stress conditions. The optimum level of N for both varieties and each carrier was 20 ppm, as has already been observed for rice in nutrient culture (20, 17).

### Nitrate in tissues

Nitrate was encountered only in tissues of plants fed NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Accumulation in tissues increased with the level of input (Table 3), and was greatest under conditions of limiting light at high temperature (LL-HT). Nitrate accumulation in the two varieties was similar, except for C-C at the highest input (150 ppm), under LL-HT. The high NO<sub>3</sub><sup>-</sup> content at the 150 ppm level of input coincided with the lowest fresh weight (Table 2).

### Free Ammonium and Amino-N

Free NH<sub>4</sub><sup>+</sup> reached a high concentration only in plants fed NH<sub>4</sub><sup>+</sup> at high temperature, with the highest level of input (Table 4). Growth of these plants was severely curtailed (Table 2). Unbalanced uptake of other nutrients may have been involved (5); however, the severity of growth impairment suggests specific toxic effects of NH<sub>4</sub><sup>+</sup> itself.

Higher levels of free amino-N accumulated in NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-fed seedlings. Very large accumulations were associated with high levels of NH<sub>4</sub><sup>+</sup> input (150 ppm) and high temperatures (Table 5). The two varieties behaved differently. IR-8 accumulated higher levels of amino-N at the 20 and 150 ppm input levels of NH<sub>4</sub><sup>+</sup> at the HL-HT condition and also had higher amino-N levels at 5 and 20 ppm levels of input under the higher stress condition (LL-HT). The higher levels of amino-N accumulation in NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-fed IR-8 than C-C plants under higher stress (LL-HT), without significant difference in growth rates (Tables 2, 4 and 5), indicate fundamental differences in nitrogen metabolism. IR-8 appears to be more tolerant to potentially toxic concentrations of NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

In NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-fed plants, reduced N did not accumulate either as free NH<sub>4</sub><sup>+</sup> or as free amino-N, despite substantial accumulations of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> at higher levels of input (Table 3). More NO<sub>3</sub><sup>-</sup> appears to have been taken up at the higher temperature, as has been sug-

Table 2. Fresh weight of two rice varieties as related to three light and temperature combinations, two N-carriers and three levels of application.

Light-Temp. combination	Carrier	Level	Varieties		Mean (LT)
			IR-8	C-C	
			g/four plants		
HL-HT	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	1.63	1.35	1.16
		20	1.63	1.42	
		150	1.21	1.15	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5	0.74	0.67	
		20	1.48	1.52	
		150	0.70	0.38	
LL-HT	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	1.91	1.42	1.07
		20	2.18	1.40	
		150	0.99	0.82	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5	0.75	0.81	
		20	0.72	0.77	
		150	0.51	0.62	
LL-LT	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	1.41	1.24	1.49
		20	1.87	1.76	
		150	1.61	1.39	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5	1.28	1.15	
		20	1.67	1.35	
		150	1.77	1.39	
LSD <sub>(0.05)</sub>			0.28		0.08
Mean (Varieties)			1.34*	1.15	
Mean (Carriers)			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 1.47*	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 1.01	

\* Differences significant at P (0.05)

The following interactions were significant: LT x Carrier, LT x Carrier X Variety, LT x Level, Carrier x Level, Lt x Carrier x Level, Variety x Carrier.

gested (2), but accumulated NO<sub>3</sub><sup>-</sup> did not induce greater N-reducing activity than was needed to support assimilation and growth. This result is consistent with the concept of two discrete nitrate pools (7).

At the lowest level of stress (LL-LT), rice seedlings fed NH<sub>4</sub><sup>+</sup> behaved almost as well as rice seedlings fed NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, as far as amino-N accumulation is concerned (Table 2). The same is true for the growth patterns.

A negative correlation was found ( $r = 0.96^{**}$ ) between amino-N levels and fresh weight of seedlings of both varieties when fed NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. No significant correlations were found between fresh weight and either NO<sub>3</sub><sup>-</sup> or amino-N levels of NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-fed seedlings.

### Kjeldahl-N

Residual Kjeldahl-N, after alcohol extraction, may be considered to represent N assimilated into proteins.

Ammonium-fed IR-8 seedlings accumulated more Kjeldahl-N than C-C plants at the 20 ppm input level, under all three light and temperature combinations (Table 6). When both light and temperature were high (HL-HT), IR-8 assimilated NH<sub>4</sub><sup>+</sup> more efficiently than C-C at all levels of input. This result also points to differences in N-metabolism between the two varieties as stated above. Rice seedlings at the lowest apparent stress (LL-LT) had lower N-content, a contrast with fresh weight data (Table 2)

Table 3. Nitrate accumulation in two rice varieties as related to three light and temperature combinations, two N-carriers and three rates of application.

Light-Temp. combination	Carrier	Level	Varieties		Mean (L.T)
			IR-8	C-C	
			$\mu\text{moles/g fresh weight}$		
HL-HT	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	5.6	15.1	16.2
		20	19.9	15.3	
		150	77.0	60.9	
LL-HT	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	8.2	9.7	28.6
		20	33.3	22.9	
		150	106.5	163.0	
LL-LT	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	1.8	1.7	13.2
		20	27.4	25.7	
		150	59.6	41.8	
LSD (0.05)			26.7		7.7
Mean (Varieties)			18.9	19.8	

The following interactions were significant: LT x Carrier, LT x Level, Carrier x Level, LT x Carrier x Level

This indicates a shortage of energy for protein synthesis and/or nutrient uptake under the LL-LT condition, while under high light and temperature (HL-HT), higher levels of energy for nutrient uptake and protein synthesis should be available.

#### Soluble sugars

Ammonium-fed seedlings had lower free-sugar content than NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-fed seedlings except under conditions of minimum stress (LL-LT) (Table 7). At the highest level of NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (150 ppm), C-C seedlings had a higher free sugar content than IR-8. No explanation was found for the exceptionally high sugar content of C-C plants under HL-HT at this level of NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (all three replications had high sugar percentage). In the case of IR-8, the highest free-sugar content was encountered with low N-input under conditions of low environmental energy (LL-LT). Table 7 also shows that the HL-HT condition resulted in the highest sugar content. As for N-carriers, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-fed seedlings had significantly higher soluble sugars than NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-fed seedlings. These results parallel the data for growth (Table 2).

#### Discussion

Comparison of Tables 5 and 7 indicates that large quantities of carbon were transferred from the free

sugar pool into the free amino-N pool in NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-fed seedlings under high temperature conditions (HL-HT, LL-HT). Under these conditions, up to 80% of the amino-N pool was made up of glutamine (6). Thus, it appears that high respiration rates associated with high temperature resulted in enhanced uptake of in protein synthesis and growth. Conversely, the nitrate reductase system competes with other processes for reducing power and energy, and exercises thereby a degree of regulatory control NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Excess NH<sub>4</sub><sup>+</sup> was then "locked up" as amides, principally as glutamine. Amino acid imbalances resulting from this abnormal drain on a key intermediate (glutamate) would have interfered with protein synthesis and would account for drastic reductions in seedling growth at all levels of input NH<sub>4</sub><sup>+</sup> under (LL-HT) conditions (Table 2). Specific toxic effects of free NH<sub>4</sub><sup>+</sup> may have been expressed also at the highest level of input (Table 4).

By contrast, in NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-fed plants, reduced N levels appear to have been under metabolic control. Free NH<sub>4</sub><sup>+</sup> did not accumulate (Table 4), and relatively low and stable levels of free amino-N (Table 5) were maintained in the presence of high levels of substrate carbon in the form of free sugars (Table 7). Near optimal growth occurred under environmental conditions (LL-HT) that were severely damaging to both varieties when N was supplied as NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Table 2). With both N-sources at the 150 ppm level of input,

Table 4. Free  $\text{NH}_4^+$  in two varieties of rice as related to three light and temperature combinations, two N-carriers and three levels of application.

Light-Temp. combination	Carrier	Level	Varieties		Mean (L.I)
			IR-8	C-C	
			$\mu\text{moles/g fresh weight}$		
HL-HT	$\text{NO}_3^-$	4	2.6	1.6	12.3
		20	0.1	0.1	
		150	1.6	1.1	
	$\text{NH}_4^+$	5	1.7	5.2	
		20	1.3	3.1	
		150	56.7	72.3	
LL-HT	$\text{NO}_3^-$	5	2.2	0.9	14.0
		20	4.4	7.0	
		150	1.4	4.5	
	$\text{NH}_4^+$	5	5.2	10.5	
		20	12.0	12.0	
		150	81.5	26.2	
LL-LT	$\text{NO}_3^-$	5	tr	0.4	2.8
		20	3.9	5.5	
		150	2.9	3.4	
	$\text{NH}_4^+$	5	1.0	2.4	
		20	3.3	0.3	
		150	7.1	4.1	
LSD (0.05)				11.8	3.4
Mean (Varieties)			10.5	8.9	
Mean (Carrier)			$\text{NO}_3^-$ 2.5	$\text{NH}_4^+$ 17.0*	

\* Differences significant at  $P(0.05)$ .

The following interactions were significant: LT x Carrier, LT x Variety, LT x Variety x Carrier, Variety x Level, LT x Level, LT x Carrier x Level.

imbalanced uptake of other nutrients may have contributed also to curtailment of growth.

The need for continuing *de novo* synthesis of the enzyme is a mechanism whereby nitrate reductase activity is, in fact, regulated by processes involved over the general metabolism of the plant. Because of these linked interdependencies between nitrate reductase activity, respiration and growth,  $\text{NO}_3^-$  should be a better N-source for rice seedlings than  $\text{NH}_4^+$  under unfavorable combinations of light and temperature.

Nitrate accumulations in rice tissues (Table 4) were less damaging to growth (Table 2) than were

diversions of key intermediates in protein metabolism from synthetic pathways into the free amino-N pool (Table 5) by mechanisms for detoxifying excess accumulations of  $\text{NH}_4^+$ . This would appear to be an important feature in adaptation to environmental stress in areas characterized by a " $\text{NO}_3^-$ -flush" early in the growing season.

Accumulations of mineral N in either oxidized or reduced forms were less damaging to IR-8 than to the older standard variety. Greater tolerance to high levels of mineral N in seedling stages likely derives from the larger leaf surface and greater photosynthetic efficiency of the newer short-strawed varieties and contributes to their greater responsiveness to fertilizer-N.

Table 5. Free amino-N in two varieties of rice as related to three combinations of light and temperature, two N-carriers and three levels of application.

Light-Temp. combination	Carrier	Level	Varieties		Mean (LT)
			IR-8	C-C	
			μmoles/g fresh weight		
HL-HT	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	14.9	25.5	77.2
		20	22.3	29.5	
		150	27.1	31.8	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5	94.5	86.4	
		20	77.1	51.2	
		150	254.8	210.7	
LL-HT	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	21.0	17.2	103.7
		20	23.0	22.4	
		150	25.9	29.5	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5	107.7	79.5	
		20	158.7	99.9	
		150	327.6	332.2	
LL-LT	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	11.4	18.0	30.9
		20	28.1	28.0	
		150	26.8	26.3	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5	19.2	18.3	
		20	29.8	37.4	
		150	60.0	67.8	
LSD (0.05)			23.2		6.7
Mean (Varieties)			73.9*	67.3	
Mean (Carriers)			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 23.8	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 117.4*	

\* Differences significant at P(0.05).

The following interactions were significant: LT x Varieties, LT x Varieties x Carrier, LT x Carrier, LT x Levels, Carrier x Levels, LT x Carrier x Levels.

### Summary

The uptake and assimilation of nitrogen by tropical rice (*Oryza sativa* L.) under environmental stress were studied using controlled environments with different combinations of light, temperature, N-carriers, and N-concentrations.

Two week old rice seedlings were put under experimental conditions in nutrient solutions for

a 10-day period. Fresh weight, free-amino-N, NO<sub>4</sub><sup>-</sup>-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, nonstructural sugars and Kjeldahl-N of the plant residues after alcohol extraction were determined.

Variety IR-8 was found to be superior to variety Come-Cru in N-utilization. Nitrate was shown to be a better source of N than NH<sub>4</sub><sup>+</sup> for rice plants grown under environmental stress. The data point to the existence of two mechanisms for metabolic regulation



Table 6. Kjeldahl-N in two varieties of rice as related to three combinations of light and temperature, two N-carriers and three levels of application.

Light-Temp. combination	Carrier	Level	Varieties		Mean (L.T)
			IR-8	C-C	
			% dry weight		
HL-HI	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	2.94	3.77	3.44
		20	3.49	3.68	
		150	3.14	3.22	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5	3.67	2.95	
		20	4.09	3.09	
		150	4.30	2.98	
LL-HI	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	2.37	3.08	3.07
		20	3.39	2.91	
		150	2.93	2.98	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5	3.33	2.86	
		20	3.49	2.71	
		150	3.12	3.43	
LL-LT	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	2.05	1.72	2.53
		20	2.49	2.42	
		150	2.69	2.50	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5	2.27	1.95	
		20	3.41	2.82	
		150	3.16	2.91	
LSD (0.05)			0.55		0.16
Mean (Varieties)			3.15*	2.88	
Mean (Carrier)			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 2.89	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 3.14*	

\* Differences significant at P(0.05)

The following interactions were significant: Variety x Carrier, LT x Variety x Carrier, LT x Level, LT x Variety x Level

of the reduced-N in plants depending on N-source. In plants fed NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, the mechanism is one of tying up excess NH<sub>4</sub><sup>+</sup> in organic forms. In the NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-fed plants, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> appeared to be sequestered from the nitrate reductase inducing system, as well as from general metabolism. This phenomenon of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sequestration permitted the seedlings to maintain normal metabolism, in spite of large accumulations of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> which were favored by high temperature and by high levels of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in the root environment. The evidence

shows that NO<sub>3</sub><sup>-</sup> can accumulate in rice seedlings in response to factors of external energy flux and available N supply, whereas its reduction and assimilation are regulated internally by energy fluxes associated with growth. These findings have important implications for fertilizer management and for selection of upland rice varieties for use under tropical conditions, where the beginning of the growing season is frequently characterized by a "NO<sub>3</sub><sup>-</sup> flush" in the soil.

Table 7. Sugar accumulation in two varieties of rice as related to three light and temperature combinations, two N-carriers and three levels of applications.

Light-Temp. combination	Carrier	Level	Varieties		Mean (LT)
			IR-8	C-C	
			% fresh weight		
HL-HT	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	2.9	2.3	2.4
		20	2.6	2.4	
		150	2.5	1.7	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5	1.5	1.3	
		20	1.7	1.7	
		150	1.2	7.3	
LL-HT	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	2.9	2.1	1.8
		20	2.9	2.4	
		150	2.2	2.3	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5	1.3	1.1	
		20	1.1	0.7	
		150	0.7	1.6	
LL-LT	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	2.8	1.8	2.0
		20	2.4	1.4	
		150	1.2	2.2	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5	3.5	2.1	
		20	2.5	1.9	
		150	0.9	1.5	
LSD (0.05)			0.89		0.26
Mean (Varieties)			2.0	2.1	
Mean (Carrier)			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 2.3*	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 1.9	

\* Differences significant at P(0.05).

The following interactions were significant: LT x Variety, Variety x Carrier, LT x Carrier, LT x Variety x Carrier, Variety x Level, LT x Level, LT x Variety x Level, Carrier x Level, Variety x Carrier x Level, LT x Variety x Carrier x Level.

#### Literature cited

- BASTOS, T. X. and Sa, T. D. A. Anuario Agrometeorológico, 1971. IPEAN, Ministério da Agricultura, Brazil. 1972. 44 p.
- BEEVERS, L., *et al.* The role of light and nitrate in the induction of nitrate reductase in radish cotyledons and maize seedlings. *Plant Physiology* 40:691-698. 1965.
- BIRCH, H. F. The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability. *Plant and Soil* 10:9-31. 1958.
- BREMNER, I. M. and KEENEY, D. R. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate, and nitrite. *Analytica Chimica Acta* 32:485-495. 1965.
- COX, W. R. and REISENAUER, H. M. Ammonium effects on nutrient cation absorption by wheat. *Agronomy Journal* 69:868-871. 1977.
- FERNANDES, M. S. Absorção e metabolismo de nitrogênio em Plantas. Univ. Fed. Rural do Rio de Janeiro. Instituto Agronomia. Depto. de Solos. Boletim Técnico n.º 1. 1978. 50 p.

7. FERRARI, T. E., YODER, O. C. and FILNER, P. Anaerobic nitrite production by plant cell and tissues: evidence for two nitrate pools. *Plant Physiology* 51:423-431. 1973.
8. FRIED, M., TENSHO, K. and ZSOLDOS, F. Effects of reduced oxygen tension on the uptake of inorganic ions by rice and barley. In: IAEA. Isotopes and radiation in soil-plant nutrition studies. S. L. 1965 pp. 233-240.
9. GEORGE, J. R., RHYKERD, C. L. and NOLLER, C. H. Effect of light intensity, temperature, nitrogen and stage of growth on nitrate accumulation and dry matter production of a Sorghum-Sudan-grass hybrid. *Agronomy Journal* 63:413-415. 1971.
10. GREENLAND, D. J. Nitrate fluctuations in tropical soils. *Journal of Agricultural Science* 50:82-92. 1958.
11. HEIMER, Y. M. and FILNER, P. Regulation of nitrate assimilation pathway in cultured tobacco cells. III. The nitrate uptake system. *B.B.A.* 230:362-372. 1971.
12. KANAMORI, T., KONISHI, S. and TAKAHASHI, E. Inducible formation of glutamate dehydrogenase in rice plant roots by the addition of ammonia to the media. *Physiology. Planta* 26:1-6. 1972.
13. KARIM, A. Q. M. B. and VLAMIS, J. Comparative study of the effects of ammonium and nitrate in the nutrition of rice. *Plant and Soil* 16:32-41. 1962.
14. KRETOVICH, W. L. and KASPEREK, M. Biosynthesis of amino acids from pyruvic acid and ammonia in rice and sunflower. *Plant Physiology (USSR)* 8:533-536. 1961.
15. MIFLIN, B. J. and LEA, R. J. The pathway of nitrogen assimilation in plants. *Phytochemistry* 15:871-885. 1976.
16. MOORE, S. and STEIN, W. H. Methods in enzymology. In Colowick, S. O. and Kaplan, N. O. eds. New York Academic Press, 1963. Vol. VI. 819 p.
17. OSADA, A. Studies on photosynthesis of indica rice. *Proceedings Crop Science Society Japan* 33:69-76. 1964.
18. SHEN, T. C. The induction of nitrate reductase and the preferential assimilation of ammonium in germinating rice seedlings. *Plant Physiology* 44:1650-1655. 1969.
19. TANAKA, A., PATNAIK, S. and ABICHANDANI, C. T. Studies on the nutrition of the rice plant. (*O. sativa*). Part V. *Proceedings of the Indian National Academy Science* 49:386-396. 1959.
20. TANAKA, A. *et al* Photosynthesis respiration and plant type of the tropical rice plant. *IRRI, Technical Bulletin* 7. 1966. 46 p.
21. TANG, P. S. and WU, H. Y. Adaptive formation of nitrate reductase in rice seedling. *Nature* 179:1355-1356. 1957.
22. WETSELAAR, R. Capillary movement of nitrate towards tropical soil surfaces. *Nature* 186:572-573. 1960.
23. YEMM, E. W. and WILLIS, A. I. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemistry Journal* 57:508-514. 1954.
24. ZEILKER, H. R. and FILNER, P. Synthesis and turnover of nitrate reductase induced by nitrate in cultured tobacco cells. *Journal of Biological Chemistry* 246:1772-1779. 1971.

PRODUCCION DE MANTILLO EN UNA COMUNIDAD NATURAL Y UNA DE  
CIPRES EN EL BOSQUE DE MONTANO BAJO MUY HUMEDO.  
RIO DE LA HOJA, HEREDIA, COSTA RICA<sup>1</sup>

M. DEL R. LOPEZ V.\*  
O. ROCHA N.\*  
L. A. FOURNIER O.\*

Abstract

*Litter production was studied during one year in a natural forest and a cypress plantation (Cupressus lusitanica Mill) at Rio de La Hoja, Heredia, Costa Rica. The site is located at 1 700 masl and belongs to the Lower Montane Wet Forest. Litter production was very similar in both communities (over 14 ton/ha), but monthly differences were observed. A correlation analysis showed that litter production in the cypress plantation depends mainly on temperature variations and to a lesser degree on relative humidity. But in the native forest the water balance, expressed by rainfall and evaporation explains better variations in litter production.*

Introducción

**L**a producción de mantillo en comunidades forestales presenta marcadas fluctuaciones durante el año y de un año a otro (6, 8). Estas fluctuaciones están condicionadas principalmente por cambios en la temperatura, luz y humedad aunque también pueden estar determinadas, en parte por ritmos internos de las plantas (6). Una alta temperatura estimula, dentro de ciertos límites, un incremento en la respiración celular, pero su efecto sobre la fotosíntesis es más limitado. Por otra parte, la precipitación tiene una estrecha relación con la producción como condicionante del balance hídrico tanto a nivel de una especie como de una comunidad vegetal. No existen muchos estudios que demuestren en forma fehaciente la acción de las fluctuaciones en la luminosidad sobre las comunidades forestales tropicales. Sin embargo, se sabe que la utilización de la energía radiante es mayor donde la actividad fotosintética se extiende más alto sobre el nivel del suelo (9). Se ha observado que la utilización de la energía varía mucho según el estado sucesional y la composición florística de la comunidad (10).

Conforme aumenta la altura sobre el nivel del mar, los bosques de latifoliadas disminuyen la producción pero este efecto es menor en los bosques de coníferas (12).

En este trabajo se compara la producción del mantillo en dos comunidades forestales, una de bosque natural y una plantación de ciprés en una región del montano bajo muy húmedo. Los datos de productividad se relacionan con algunos factores y elementos climáticos.

Materiales y métodos

Este estudio se llevó a cabo en un bosque de la Municipalidad del Cantón Central de la Provincia de Heredia, Costa Rica. Este se localiza a una altura de 1 700 msnm en suelos de origen volcánico, clasificados por Pérez, Alvarado y Ramírez (11) dentro de la asociación 16, con predominio de Typic Dystrandept, con buen drenaje. El sitio tiene una precipitación promedio de 2 500 mm, una temperatura promedio de 17.6°C (1) y se localiza según Holdridge (4) en la zona de vida del bosque muy húmedo de montano bajo (5). Para el estudio se utilizaron dos comunidades forestales: un bosque de regeneración natural con una edad aproximada de 30 años de haberse establecido el proceso de sucesión y con un número aproximado de 70 especies arborescentes (7) y un lote cultivado de ciprés *Cupressus lusitanica* Mill. Este último con una

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 30 de abril de 1983.  
Agradecemos la colaboración del señor Juan Bautista Chavarría, por su colaboración en el análisis estadístico.

\* Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.

distancia de siembra promedio de 4 m y una edad aproximada de 60 años y unas pocas especies de latifoliadas en el sotobosque, sobretodo rubiáceas y solanáceas.

En ambas comunidades se seleccionó una zona de muestreo de 10 x 10 m y en ambas se colocaron al azar y a nivel del suelo ocho marcos de cedazo fino, cuatro de 14.5 x 14.5 cm y 3.8 cm de alto y cuatro de 17.6 x 17.6 y 3.8 cm de alto. El estudio se inició en el mes de mayo de 1980 y finalizó en abril de 1981, recogiendo el producto fenológico cada quince días. El peso seco del material recogido se determinó luego de secar la muestra en estufa a 70°C.

Los valores obtenidos de peso seco permitieron llevar a cabo un análisis de correlación múltiple con los valores de temperatura mínima, promedio y máxima; evaporación promedio; humedad relativa; precipitación de los quince días antes del periodo estudiado y quince primeros días del periodo. Los datos corresponden a la estación meteorológica de San Josecito de San Isidro de Heredia, que es la estación más cercana a una distancia de 8 km y a una altura de 1 450 msnm. El modelo de correlación fue construido con base en un análisis discriminante (Backward), y con los datos para bosque de ciprés se realizó además un análisis aditivo (Stepwise), ya que el análisis discriminante brindaba un modelo final con tres temperaturas variables muy correlacionadas entre sí. El uso del modelo aditivo permitió eliminar dos medidas de temperatura

y agregó una nueva variable. Es necesario aclarar que para el análisis de regresión se usaron once meses ya que los datos correspondientes a los factores climáticos de abril de 1981 no estaban disponibles en el momento del análisis.

### Resultados

El Cuadro 1 presenta la producción anual en cada uno de los bosques y permite comparar los valores obtenidos con cada tamaño de cuadrícula empleado. El Cuadro 2 presenta la producción por hectárea por día de acuerdo al mes, los factores climáticos que afectan cada período se presentan en el Cuadro 3.

Los Cuadros 5 y 6 muestran las ecuaciones de regresión iniciales y finales para cada bosque, lo mismo que la información contenida (explicada) por cada una de ellas y su nivel de significancia. La matriz de correlación entre las variables de cada comunidad se muestran en el Cuadro 4. La Figura 1 muestra la distribución de la caída de mantillo durante cada uno de los meses del año de estudio.

### Discusión

El Cuadro 1, muestra que a pesar de la mayor diversidad de especies y el número de estratos del bosque nativo la producción de mantillo de ambas comunidades es bastante semejante, cerca de 14 ton/ha año. Esto se explica porque las coníferas no parecen

Cuadro 1. Productividad anual de mantillo (t/ha) en el bosque nativo y bosque de ciprés.

Bosque	Productividad (t/ha) ± E.S.		
	Cuadrícula de 210 cm <sup>2</sup>	Cuadrícula de 310 cm <sup>2</sup>	Promedio
Nativo	13.53 ± 1.2	16.13 ± 0.77	14.83 ± 0.70
Ciprés	14.62 ± 2.2	14.34 ± 2.21	14.48 ± 1.13

Cuadro 2. Productividad en kilogramos por hectárea por día en los meses de estudio en el bosque nativo y bosque de ciprés.

Bosques/mes	may.	jun.	jul.	agos.	set.	oct.	nov.	díc.	en.	febr.	mar.	abr.
Bosque nativo	33.08	25.90	29.48	19.2	26.51	39.75	49.53	40.90	33.52	84.00	82.18	25.48
Bosque ciprés	45.39	42.36	20.04	50.08	14.88	10.40	46.37	58.73	65.56	88.15	87.64	48.82

Cuadro 3. Variación de los factores ambientales entre los meses de mayo de 1980 y marzo de 1981.

Factor/mes	may.	jun.	jul.	agost.	set.	oct.	nov.	díc.	en.	feb.	mar.
Humedad relativa %	82	83	82	86	93	94	92	91	90	87	85
Precipitación quince días antes del periodo mm.	73.4	232.9	181.3	188.7	196.0	220.4	62.6	118.8	157.3	99.7	82.1
Precipitación primeros quince días del periodo mm.	153.9	189.8	34.2	152.9	105.1	166.9	86.0	187.6	108.1	42.5	19.0
Temperatura máxima °C	24.3	23.4	23.2	23.6	24.0	24.0	22.8	19.7	19.7	20.8	22.6
Temperatura promedio °C	18.2	18.7	18.7	18.8	18.0	18.9	17.9	16.4	15.8	16.6	17.6
Temperatura mínima °C	15.9	16.2	16.1	15.7	15.7	15.9	15.7	14.9	13.8	14.6	14.7
Evaporación mm.	1.3	1.2	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0	1.3	1.2	1.9	1.6

Cuadro 4. Matriz de correlación de la productividad de mantillo y las variables ambientales en el bosque nativo (a) y el bosque de ciprés (b).

Variable <sup>1</sup>	X <sub>1,a</sub>	X <sub>1,b</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>
X <sub>2</sub>	0.012	-0.013						
X <sub>3</sub>	-0.618	-0.425	0.090					
X <sub>4</sub>	-0.639	-0.019	0.174	0.419				
X <sub>5</sub>	-0.347	-0.703	-0.216	0.283	0.106			
X <sub>6</sub>	-0.504	-0.595	-0.233	0.372	0.323	0.841		
X <sub>7</sub>	-0.450	-0.748	-0.171	0.482	0.170	0.948	0.910	
X <sub>8</sub>	0.700	0.336	0.328	0.245	-0.566	-0.244	-0.370	-0.280

1 Variables:

X<sub>1,a</sub> productividad del bosque nativo; X<sub>1,b</sub> productividad del bosque de coníferas;

X<sub>2</sub> humedad relativa promedio; X<sub>3</sub> precipitación quince días del periodo;

X<sub>4</sub> precipitación quince primeros días del periodo; X<sub>5</sub> temperatura máxima; X<sub>6</sub> temperatura mínima; X<sub>7</sub> temperatura promedio; X<sub>8</sub> evaporación promedio

Cuadro 5. Ecuaciones de regresión entre la producción de mantillo de un bosque natural y algunas variables climáticas.

Variable climática	Ecuación	Valor F	Inf. contenida
Precipitación, evaporación*	$Y = -4.755 - 0.168(X_2) + 53.60(X_3)$	7.81	10.5%
Humedad relativa, precipitación, evaporación, temperatura media, máxima y mínima	$Y = -106.1596 + (1.274)X_2 + (0.16)X_3 + (-0.057)X_4 + (-1.003)X_5 + (-1.948)X_6 + (2.698)X_7 + (53.082)X_8$	1.604	78.92%

\* 15 días antes de la observación.

Cuadro 6. Ecuaciones de regresión entre la producción de mantillo de una plantación de ciprés y algunas variables climáticas.

Variable climática	Ecuación	Valor F	Inf. contenida
Humedad relativa, precipitación, evaporación, temperatura media	$Y = 286.56 + (-0.831)X_2 + (0.055)X_3 + (0.114)X_4 + (-1.736)X_5 + (7.804)X_6 + (-16.516)X_7 + (28.58)X_8$	1.025	70.5%
Humedad relativa Temperatura promedio	(Stepwise) $Y = 452.86 + (-1.297)X_2 + (-16.601)X_7$	6.49	61.0

disminuir marcadamente su producción con cambios en la altitud del sitio, fenómeno común en angiospermas (10, 12). También sugiere un límite a la producción de mantillo, impuesto por factores ambientales, el cual no ha sido superado por ninguna de las dos comunidades.

La producción anual del bosque nativo es similar a la determinada por Kunkel Westphal y Kunkel (5) en un bosque de Guatemala y a la determinación en Filipinas por Cuevas y Sajisse (2).

Los análisis de regresión indican que la producción en cada comunidad se ve afectada en forma diferente por los factores ambientales (Cuadros 5 y 6). En el bosque de ciprés un aumento en la caída de mantillo responde a un descenso de la temperatura promedio y a una disminución de la humedad relativa. La temperatura promedio, por sí sola explica en un 58.85% la

dispersión de los datos (Cuadro 6). La mayor producción del año se dio entre los meses de diciembre a marzo (Fig. 1) época en que la temperatura mínima alcanza sus valores más bajos.

En el bosque nativo los elementos climáticos relacionados con el balance hídrico son los más importantes. La caída de follaje responde a una disminución en la precipitación en los quince días previos al período de estudio y un aumento en la evaporación promedio mensual. Estas variables explican un 70% la producción de mantillo. Si se analiza el efecto de los factores determinados como más importantes, se observa que la influencia de ellos en la producción de mantillo es explicable y se relacionan con la disponibilidad de agua en el suelo, lo mismo con la velocidad de las pérdidas por evapotranspiración. Por lo que un período con poca precipitación y una atmósfera desecante provocará una severa tensión hídrica, situación ante

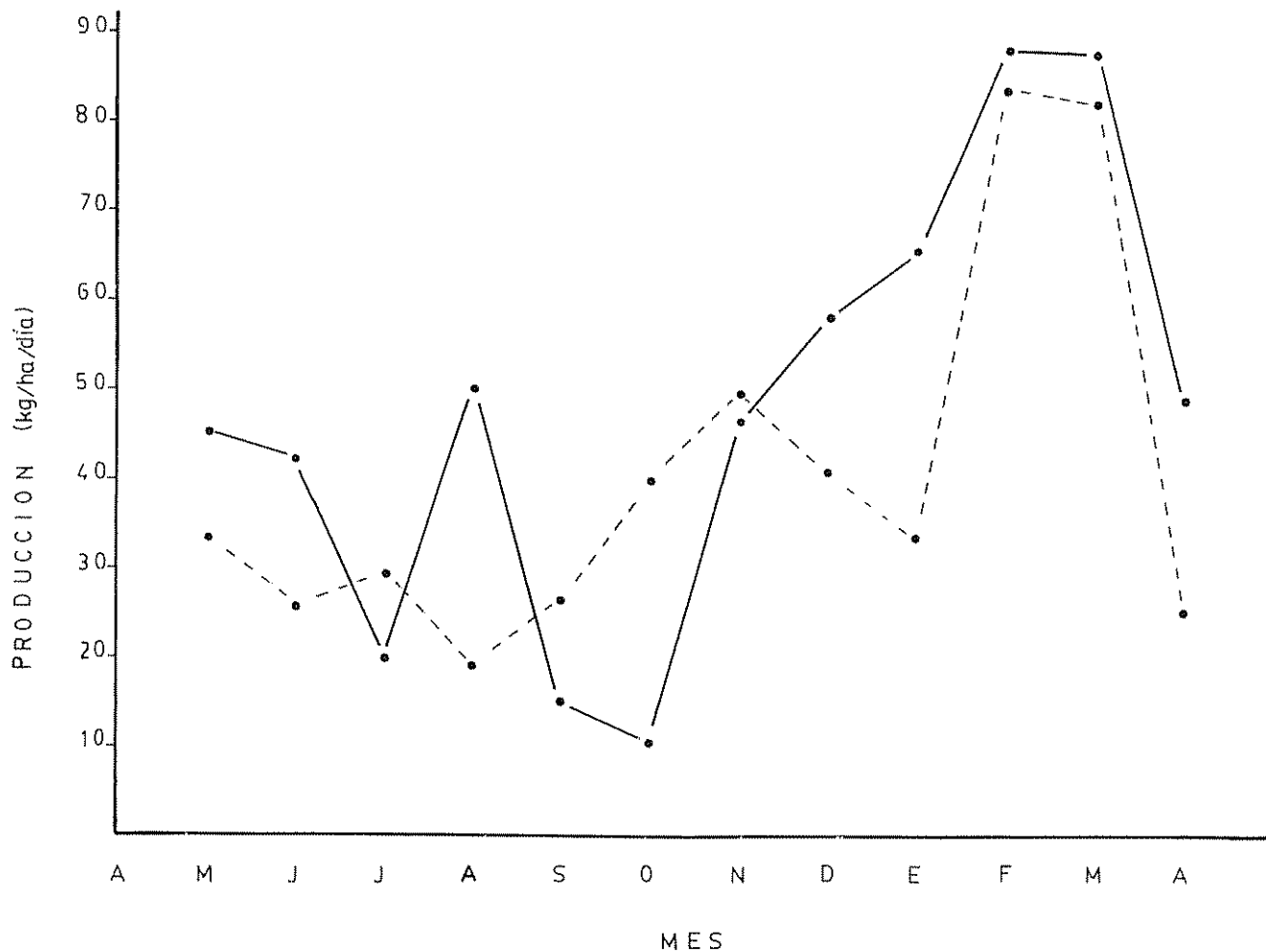


Fig. 1 Producción de mantillo en kilogramos por hectárea por día, de mayo de 1980 a abril de 1981; el trazo continuo representa al bosque de ciprés y el trazo discontinuo al bosque nativo



la cual las plantas pierden su follaje. Condición que ocurrió en los meses de febrero y marzo (Fig. 1) cuando en el bosque natural la producción de mantillo alcanzó un máximo, 33% de la producción total del año.

En el caso de la baja temperatura resulta más difícil encontrar una relación clara que explique un aumento en la producción de mantillo en el bosque de ciprés. Sin embargo, una baja temperatura reduce la capacidad fotosintética de las plantas por lo que la caída de hojas puede ser justificada (6). Por otro lado, las temperaturas bajas son limitadas en el tiempo; las plantas pueden soportar estos períodos desprendiendo las partes sensibles siempre que las yemas no se afecten. A esto se podría deber una mayor caída de mantillo en el bosque de ciprés cuando las temperaturas mínimas son más bajas. Estas observaciones coinciden con los resultados obtenidos por Egunjobi y Onweluzo (3) en un bosque de *Pinus* en Nigeria, quienes encontraron que la mayor caída de mantillo coincidía con baja humedad relativa y gran fluctuación en la temperatura diurna.

Es de destacar también que los factores hídricos no parecen ser tan importantes en la caída del follaje de ciprés, lo cual es lógico debido a las modificaciones morfológicas características de las coníferas, tendientes a reducir las pérdidas de agua, como hojas escamosas, cutículas gruesas, reducción del número de estomas, estomas hundidos, etc. (6)

Debe mencionarse que hubo un aumento notorio en la caída de follaje de ciprés en los períodos en que la intensidad de los vientos fue mayor, observación que ha sido mencionada por Cuevas y Sajisse (2). Desafortunadamente se carece de información sobre el viento en la región, lo que sería de mucha importancia en el modelo de regresión.

### Resumen

Se estudió la producción de mantillo en un bosque natural y una plantación de ciprés (*Cupressus lusitana* Mill.) en la región del Río La Hoja, Heredia, Costa Rica. Esta zona se encuentra a una altura de 1 700 m sobre el nivel del mar y pertenece a la zona de vida del bosque muy húmedo de montano bajo. Durante el año de observaciones, la producción de mantillo en ambas comunidades fue muy parecida (poco más de 14 toneladas por hectárea) pero se observó diferencias en cuanto a la caída mensual. El análisis de correlación entre la producción del mantillo y algunas variables climáticas mostró que en el bosque de ciprés la caída del mantillo se correlaciona con la temperatura y también en cierto grado con la humedad relativa, pero en el bosque natural, compuesto aproxima-

damente de 70 especies de árboles y arbustos, esta caída está fuertemente correlacionada con el balance hídrico (precipitación y evaporación).

### Literatura citada

1. COSTA RICA, Servicio Meteorológico de Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Datos climatológicos de la Estación Meteorológica de San Josecito de San Isidro de Heredia, Costa Rica. Archivos. s n t.
2. CUEVAS, V. C. y SAJISSE, P. E. Litterfall and litterfall decomposition in a Phillipine secondary forest. *Kalikasan* 7(2):99-109. 1978.
3. EGUNJOBI, J. K. y ONWELUZO, B. S. Litter fall, mineral turnover and litter accumulation in *Pinus caribaea* L. stands at Ibadan, Nigeria. *Biotropica* 11(4):251-255. 1979.
4. HOLDRIDGE, L. R. Ecología: basada en las zonas de vida. Traducido del inglés por H. Jiménez Saa. Costa Rica, IICA. 1978. 216 p.
5. KUNKEL-WESTPHAL, L. y KUNKEL, P. Litter fall in a Guatemalan Primary forest, with details of leaf-shedding by some common tree species. *Journal of Ecology* 67:665-686. 1979.
6. LARCHER, W. *Ecofisiología Vegetal*. Traducido del alemán por J. Labucat. Barcelona, Omega, 1977. pp 257-279.
7. LOPEZ, R. y ROCHA, O. Composición de la flora arborescente del bosque protector municipal "Río de la Hoja", Heredia. Cátedra de Botánica Forestal, Universidad de Costa Rica, 1970. 80 p. (Mecanografiado).
8. MEDWECKA-KORNAS, A. Litter production. In: Phillipson, J. ed. *Methodes d'étude de l'ecologie du sol*. Paris, Unesco, 1970. pp. 139-143.
9. OVINGTON, J. D., HEITKAMP, D. y LAWRENCE, D. R. Plant biomass and productivity of prairie savanna oakwood and maize field ecosystem in Central Minnesota. *Ecology* 44(1):52-63. 1963.

10. POOLE, R. W. An introduction to quantitative ecology. U.S.A., Mac Graw-Hill Inc., 1974. pp. 493-496.
11. PEREZ, S., ALVARADO, A. y RAMIREZ, E. Asociación de subgrupos de suelos de Costa Rica. Mapa preliminar. Oficina de Planificación Nacional, Sectorial Agropecuario. San José, Costa Rica, Instituto Geográfico Nacional, 1978. Escala 1:200.000.
12. WHITTAKER, R. H. Communities and Ecosystems. New York, McMillan Co. 1970.

## Reseña de libros

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Ecological aspects of development in the humid tropics. Washington. National Academy Press. 1982. 250 p más anexos

Este libro constituye uno de los mejores producidos por la National Academy of Sciences (NAS) de EE.UU. Es el resultado del trabajo compilado de científicos notables en diferentes disciplinas de los Recursos Naturales Renovables. Consta de ocho capítulos, tres apéndices y nueve tablas. Los capítulos son en su orden: Desarrollo de los trópicos húmedos; ecosistemas tropicales húmedos; evaluación de los recursos naturales renovables; germoplasma y conservación de recursos genéticos, agricultura en los trópicos húmedos; consideraciones ecológicas y de manejo para las tierras reforestadas; consideraciones sobre manejo de suelos; recursos hídricos superficiales en el trópico húmedo

Todos los capítulos destacan en un recuadro, el concepto ecológico del tema tratado a manera de síntesis. Traen además un buen número de referencias y lecturas sugeridas para quien desee ahondar en el tema

El primer capítulo trata dos interrogantes esenciales:

- a) Cómo y en qué medida los ecosistemas tropicales húmedos —que han existido por milenios— pueden absorber las demandas actuales sin sufrir una degradación inaceptable?
- b) En qué medida puede nuestro conocimiento de los ecosistemas tropicales húmedos, esbozar formas de utilización, identificar vacíos y proponer políticas que minimicen el "stress" ambiental y provean a la vez más alimento, energía, fibras y forraje?

Los siguientes aspectos relevantes se tratan en este capítulo:

- la necesidad de información ecológicamente fundamentada sobre las limitaciones del desarrollo;
- el reconocimiento de que el conocimiento ecológico actual es limitado y tiene que ser aplicado con precaución;
- la necesidad de ampliar la investigación sobre ecología tropical como base para la planeación del desarrollo a largo plazo;
- la apreciación de que la diversidad del uso agrícola reflejado primeramente en sistemas de agricultura migratoria, si es reemplazado, debe serlo por sistemas compatibles también con el clima y los suelos;
- el reconocimiento de que el manejo forestal es localizado y de que su éxito depende de una infraestructura humana con un fuerte componente de investigación;
- la necesidad de ampliar el conocimiento sobre los suelos tropicales y su potencial de uso.

El segundo capítulo define el ámbito de los trópicos húmedos (bioclima, vegetación, suelos) y su distribución. Hace una breve caracterización de los suelos tropicales. Ilustra la organización del ecosistema y su funcionamiento y define conceptos fundamentales como producción primaria, ciclos biogeoquímicos, diversidad, biomasa, productividad, producción secundaria, niveles tróficos y estabilidad.

El tercer capítulo es el más corto del libro y puede considerarse una continuación del segundo; hace énfasis en la necesidad y relevancia de los levantamientos ecológicos. Incluye una lista de actividades útiles al planificador de recursos, para hacer inventarios de ecosistemas.

El capítulo cuarto trata sobre el germoplasma y la conservación de los recursos genéticos, un aspecto de vital importancia en las regiones tropicales húmedas, el cual, afortunadamente, es objeto de programas especiales (p.e. el de IICA-TROPICOS). Sugiere soluciones prácticas para la conservación de los recursos genéticos, entre las cuales destaca: a) Opciones de manejo y b) esfuerzos para apoyar los programas en marcha por parte de instituciones como el "Board of Plant Genetic Resources" (IBPGR). Trae un listado de prioridades de investigación.

La agricultura en los trópicos húmedos viene tratada en 27 páginas en el capítulo quinto. Este tema es uno de los más controvertidos e importantes en el manejo de recursos y ha merecido la ocupación de autoridades como Nye y Greenland (en su ya clásico libro: "The soil under shifting cultivation") Bartholomew, Meyer, Laudelout y otros más. Este tema es tratado aquí en forma sorprendentemente didáctica y comprensible como lo dejan ver los conceptos de capacidad de carga y crecimiento poblacional y la Figura 5.3. Algo para destacar es que trae más de 130 referencias importantes para el estudioso de estos temas.

El capítulo sexto hace referencia a las tierras boscosas y su manejo ecológico. En este contexto se tratan: el uso del bosque natural para madera y pulpa; las plantaciones forestales, la agrosilvicultura y la rehabilitación de la tierra degradada (reforestación). El capítulo aporta también consideraciones para los planificadores sobre las fases de un proyecto forestal: tamaño del proyecto; uso de la tierra; limitaciones socioculturales, abióticas, bióticas y capacidades institucionales.

Tal vez el mayor mérito del capítulo radica en destacar las limitaciones y las ventajas del aprovechamiento de las tierras boscosas sin tomar posiciones extremas. Para los monocultivos forestales plantea cuatro puntos (aún no bien estudiados): 1. Descenso en la fertilidad del suelo (este tema es controvertido y hay datos recientes que contradicen esta afirmación); 2. desarrollo de plagas y enfermedades; 3. mejoramiento genético y germoplasma y 4. exóticas vs. nativas. El texto viene enriquecido con más de 150 referencias útiles.

El capítulo séptimo es un miniresumen de un libro que está volviéndose clásico en su género: "Suelos del trópico; características y manejo" del Profesor P. A. Sánchez. Los tópicos principales tratados son: 1. inventario de recursos del suelo; 2. escogencia del método de aclareo; 3. manejo del suelo para producción continua de cultivos anuales; 4. manejo del suelo para producción de leguminosas, gramíneas y ganado y 5. manejo del suelo para producción de cultivos perennes. En esta reseña no cabe ahondar sobre este capítulo que constituye uno de los más interesantes del libro. Diremos para resumir, que deja el siguiente mensaje para todos los estudiosos del suelo: En el trópico húmedo, la utilización agropecuaria del suelo es posible utilizando adecuados métodos de manejo.

El último capítulo aborda uno de los temas más importantes y críticos del trópico húmedo: dos recursos hídricos (en este caso superficiales). Trata someramente desde la respuesta de los cuerpos de agua tropicales a los factores de disturbio ("stressors"), pasando por la agricultura, sedimentación y pérdida de capacidad de reservorios, su fertilidad, eutroficación, peces, enfermedades y sus vectores, hasta el turismo. Describe, apoyado con datos, las características de los ríos tropicales y su respuesta a los disturbios. Ilustra finalmente, las características funcionales de los ecosistemas de bosques pantanosos tomando como ejemplo los manglares. Trae también numerosas referencias.

Los apéndices son muy útiles y naturalmente complementan el texto del libro. Hay entre otras cosas, una larga lista de plantas útiles al hombre, de múltiples usos, así como los factores limitantes para el uso del suelo amazónico bajo vegetación natural. Aunque hay conceptos que no fueron suficientemente definidos y se prestan a confusión en su uso (p.e. Ecología, Ecosistema), el libro, aún a los ojos más críticos, puede calificarse de excelente.

GONZALO DE LAS SALAS  
ECOLOGO FORESTAL  
APARTADO AEREO 12803  
BOGOTA, COLOMBIA

E. E. LUTZ\*  
F. H. W. MORLEY\*\*

### Resumen

*En un ensayo realizado en Canberra, Australia, se midieron los cambios de peso vivo y el crecimiento de lana, en grupos de 3 corderos merinos más 2 corderos cruza cada uno, que pastoreaban parcelas con alfalfa, sembrada a 4 distintos espaciamientos de 15, 30, 45 y 60 cm, y sin alfalfa. El sistema de pastoreo y la carga animal eran los mismos para cada grupo de corderos.*

*No se detectaron ventajas en la producción animal atribuibles al pastoreo en la alfalfa.*

*Cambios estacionales en el peso vivo y en el crecimiento de la lana fueron marcadamente diferentes entre los tratamientos con y sin alfalfa, pero sin significancia estadística.*

*Los corderos cruza ganaron significativamente más peso ( $P > 0.05$ ) que los merinos, tanto en términos absolutos como relativos.*

*La producción de lana mostró una marcada tendencia estacional, con tasas de crecimiento invernal del 50 por ciento a las obtenidas en primavera y verano.*

### Introduction

**T**here is evidence that alfalfa pasture increase animal production from young growing ruminants (2, 3, 8, 16). Alfalfa does not necessarily increase the total annual production of herbage but it does increase the total legume content of the diet. An increased legume content invariably increases the amount of pasture eaten by grazing animals and often increases the digestibility of the feed.

Different forage species of the same digestibility may be eaten in quite different amounts. Osbourn *et al.* (14) and Osbourn (13) showed marked differences in voluntary intake with alfalfa > ryegrass > timothy, at a given level of digestibility. Chemical analysis of these forages showed that the "digestible"

fraction of alfalfa contained a higher proportion of pepsin-soluble material and lower proportion of digestible fiber than the digestible fraction of timothy, with the levels of ryegrass intermediate between them. Van Soest (18) reported a similar result, that alfalfa contains a higher proportion of cell content and a lower proportion of cell wall constituents than grasses of similar digestibility.

Compared with other species, the digestible fraction of alfalfa could thus occupy less volume X time within the rumen, and consequently animals could eat more of it.

However, under grazing conditions there are other factors affecting intake, called "extrinsic" factors by Raymond (15) and fully explained by Baker (1) and Hodgson (5).

In the work reported in this paper, bodyweight changes and wool growth were measured for a year, on groups of weaners (merino and crossbred) grazing plots with alfalfa at 4 row spacings and no alfalfa, under the same grazing system and the same stocking rate.

<sup>1</sup> Received for publication on October 26, 1982.

\* Professor - Dpt Ciencias Agrarias - U N S -8000 Bahía Blanca Argentina

\*\* S R I<sup>†</sup> - Vet Clinical Centre - Melbourne Univ - Werribee, Victoria 3030 Australia

## Materials and methods

Details of the experimental design and techniques used have been described before (10). Briefly, the plots (0.043 ha each) were arranged in 2 Latin squares, each 5 x 5 with alfalfa row spacing of 15 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm and no alfalfa as the main treatments.

Ten groups of 3 merinos plus 2 crossbred (3/4 Boder Leicester + 1/4 Merino) wether weaners each were formed by stratified random sampling, so that initial liveweight was similar for all groups. Each group remained on a given row spacing treatment moving from plot to plot at constant intervals of 9, 9, 5, 5 and 7 days grazing. Thus resulting, rotational grazing systems of 5 paddocks for each sequence of plots with the same alfalfa spacing, that is 5 paddocks each of 15 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm and no alfalfa spacings. Two rows of the Latin Squares (blocks), one from each, were grazed simultaneously. An average stocking rate of 23 weaners/ha was the same for each system.

The grazing management described, lasted from February 1969 until March 1970, except during the winter when the grazing time, and therefore spelling time, was doubled. In December 29, 1969 all the animals were replaced by new wether weaners, but the data from those weaners are not included as they only show the effect of new animals allocated to the experiment without pre-experimental treatment.

All weaners were drenched with thiobendazole before they were allocated to different treatments, and the initial mob was drenched 3 more times during 1969. They were weighed on the day of each rotational movement on a portable sheep scale. Wool growth was measured at different intervals by the dye banding technique (4) and wool weight per head, was also recorded for the period February 7, 1969 to January 7, 1970.

The analysis of variance for bodyweight results were calculated considering a randomized complete block design with two split factors (spacing and breed).

## Results

### 1. Bodyweight change

In the analysis of bodyweight date by date only differences between breeds, were consistently significantly different and they resulted from differences at the start of the study (mean initial weight: Merino 20.3 kg; Crossbred 26.6 kg).

The analysis of bodyweight differences between consecutive dates does not show any pattern or significant trend, perhaps due to the shortness of each grazing period from block to block in the rotation. The results presented are considering grazing cycles.

#### a. Effect of alfalfa spacing

The cumulative increase of bodyweight on each spacing treatment during the experiment are summarized in Figure 1. The only significant differences in liveweight gain per cycle between the different spacing treatments occurred during the first grazing cycle (Fig. 2). At the end of the year the maximum differences of about 4 kg between the different spacing treatments were not significant (Fig. 1).

The relationship between liveweight gain and row spacing changed during the year (Fig. 2). Initially the closest spaced alfalfa sward produced significantly greater gains than no alfalfa, but this trend was reversed in winter then the highest gains were measured on the no alfalfa plots which had most feed at that stress time of the year (10).

#### b. Effect of breed

Crossbreds grew faster than merino weaners (Fig. 3), the difference in bodyweight increments was not significant at the end of the first cycle but increased gradually throughout the year, finishing at 13.7 kg ( $P > 0.05$ ). The liveweight gains of crossbreds were greater during all periods (Fig. 4).

As the feed supply decreased during winter merinos suffered relatively more than crossbreds on the treatment with lowest feed (15 cm spacing) compared with the best treatment (no alfalfa) (10).

#### c. Pasture availability animal response relationship

Correlation coefficient for the main components of the pasture in terms of mean dry matter available for each grazing cycle and liveweight change are shown in Figure 5. Alfalfa on the one hand and subterranean clover and grasses on the other were inversely correlated to bodyweight change. No single component had a high correlation between its availability and bodyweight change, but trends were clearly defined. With alfalfa the correlation was positive during late summer-autumn and spring, while during winter the correlation was negative. Subclover and grasses generally had correlations opposite in sign to that of alfalfa.

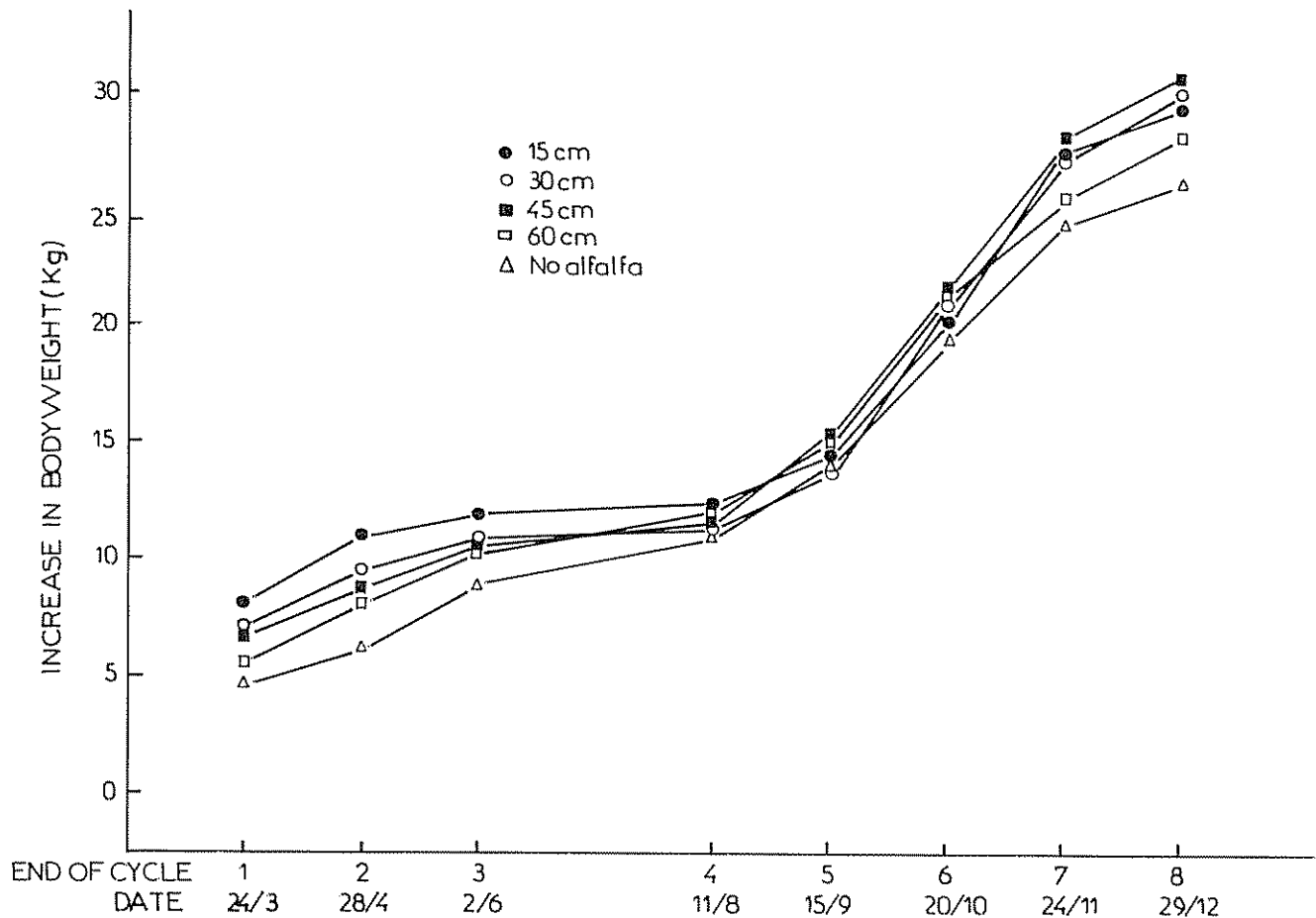


Fig 1. Effect of alfalfa row spacing on cumulative increase in bodyweight over the experimental period

## 2. Wool production

So that seasonal rate of wool production could be calculated, wool was dyebanded at the midside position on six occasions, the first immediately after shearing in February 7, 1969 and the last in December 29, 1969 four days before shearing.

The main feature of wool growth rate was its decline during winter to about 50 percent of the spring and summer rates (Table 1). A very high value for one merino weaner at 30 cm row spacing in the first period led to a significant treatment effect; in all other periods neither row spacing nor breed had any effect on either wool growth rate or total production.

### Discussion

The most noteworthy result was that in terms of total weight gains over the experiment there was no overall advantage from the inclusion of alfalfa in the

pasture (Fig 1); there was a seasonal advantage, spring to autumn, offset by lower growth rates on alfalfa pasture in winter (Fig 2). In the winter cycle 4, there was a mean bodyweight gain of 2.08 kg on the no alfalfa treatment against 0.42 kg on the densest alfalfa plots, arising from the higher availability of feed where alfalfa was absent (2 500 – 3 000 kg/ha compared with 2 000 kg/ha) (10). These results agreed with those summarized by Thomson in 1977 (17) on the best performance of young ruminants fed alfalfa without restriction, but under grazing conditions there are other factors, like dry matter availability and allowance, which may regulate intake and production (5, 6).

Doubling the length of the grazing cycle in winter was an attempt to achieve a higher dry matter availability production in this period of known food shortage through lengthening the recovery period. The measure was successful in that no weight losses occurred, but may have started too late in the season

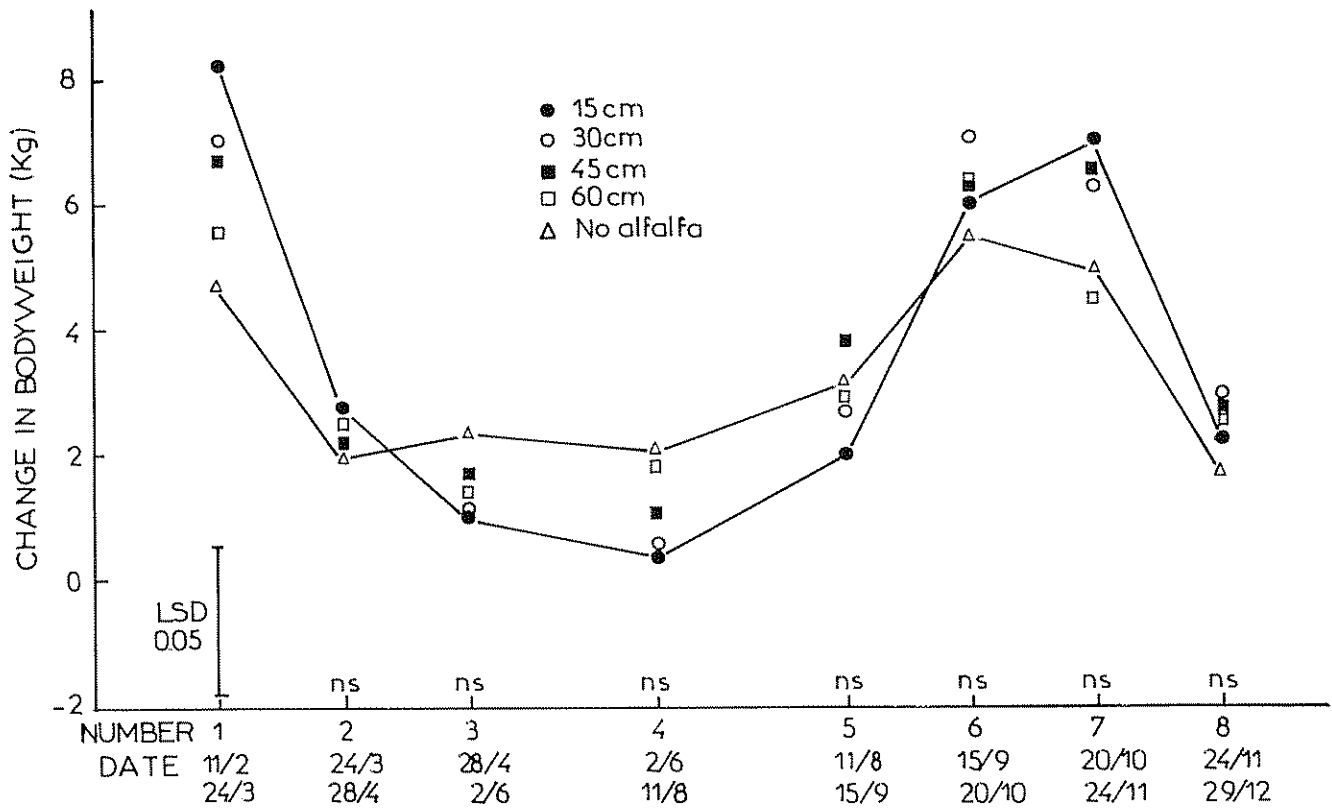


Fig. 2 Effect of alfalfa row spacing on liveweight gain during each grazing cycle

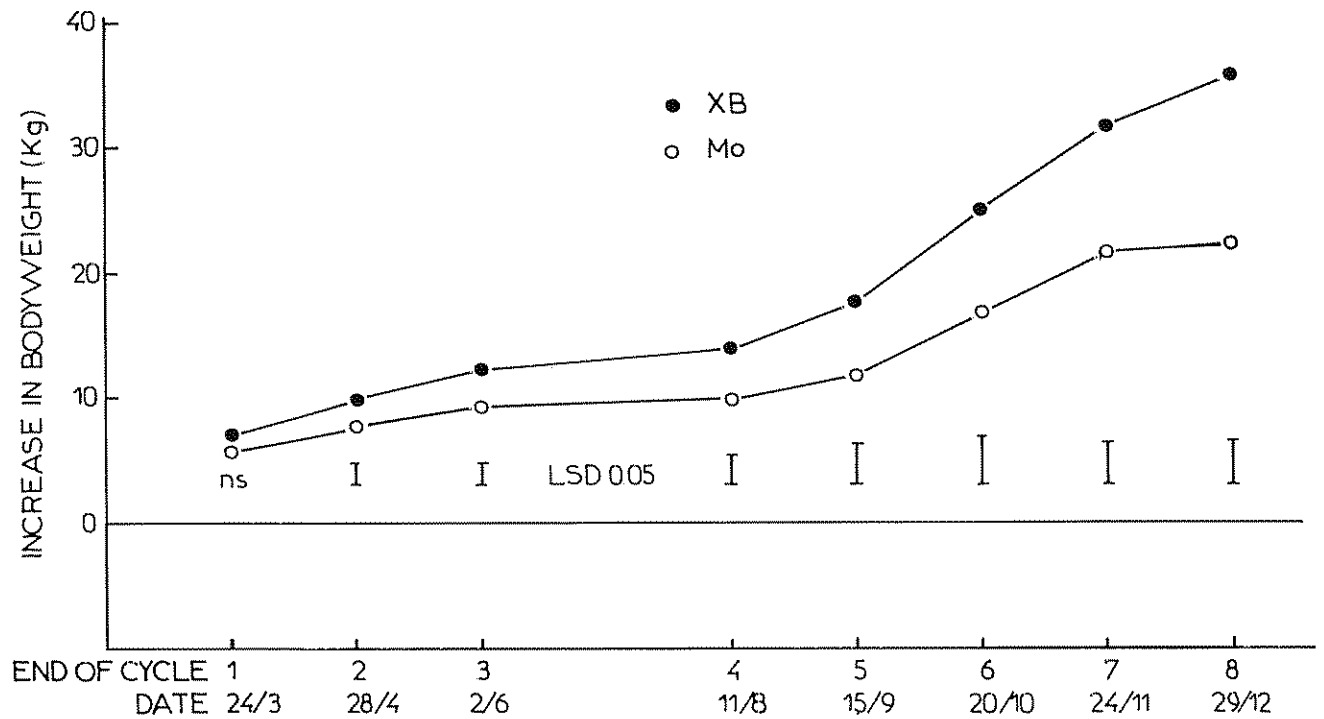


Fig. 3. Influence of breed on cumulative increase in bodyweight over the experimental period.

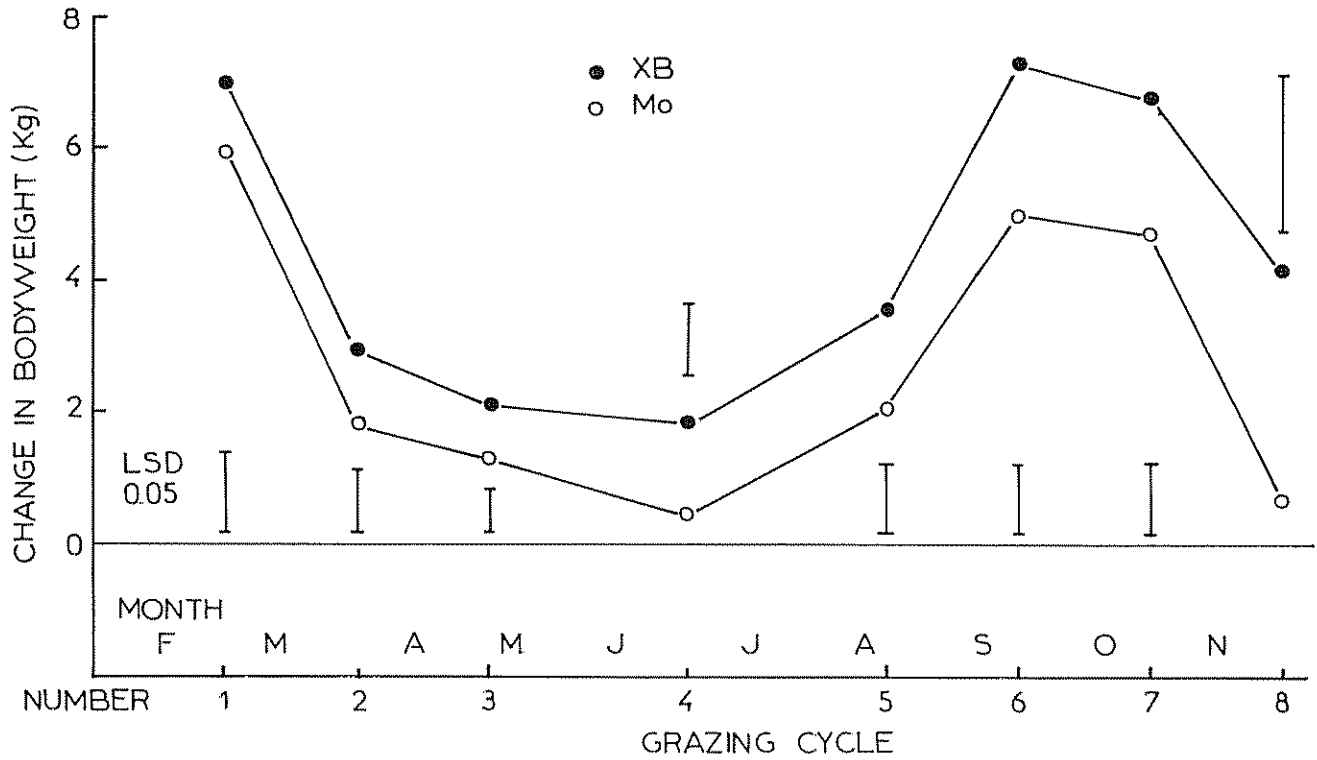


Fig. 4. Influence of breed on liveweight gain during each grazing cycle.

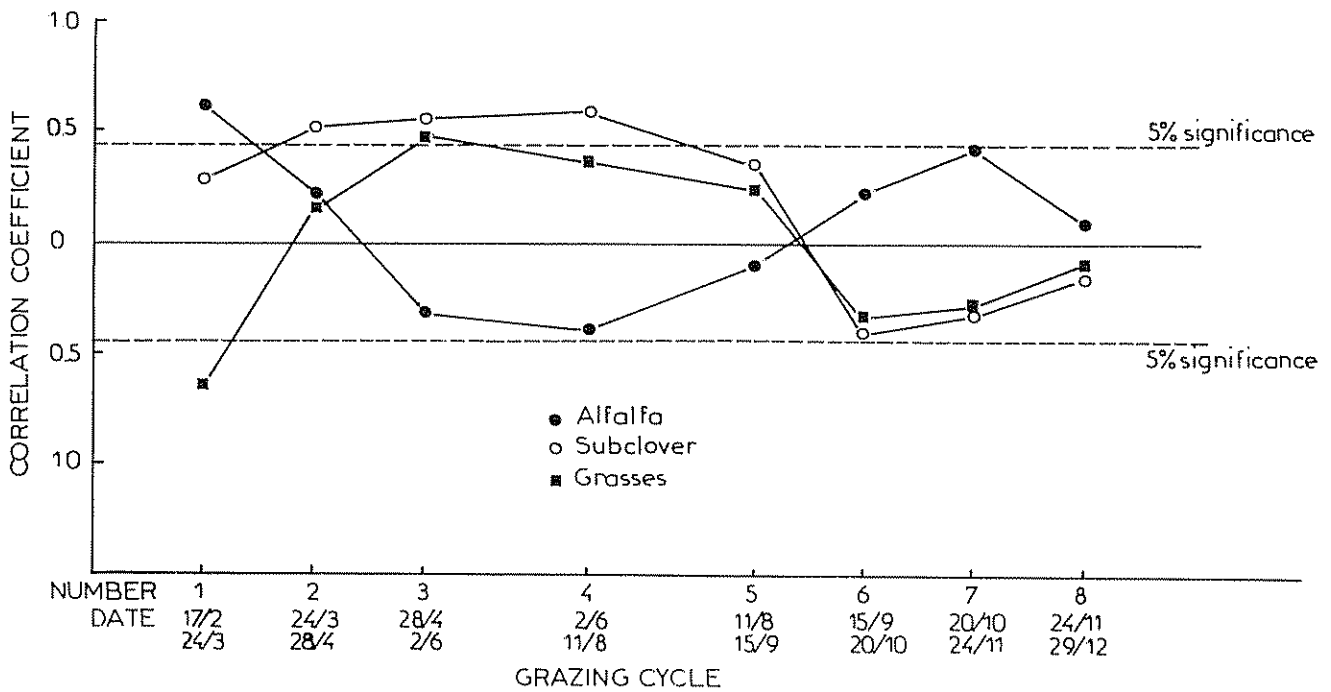


Fig. 5. Correlation coefficients between liveweight gains and availability of the main pasture components during each grazing cycle



Table 1: Effects of alfalfa row spacing on seasonal wool production.

Spacing	WOOL GROWTH gm. head/day										Total Yield kg/head	
	Period 1 7.2.69 24.3.69		Period 2 24.3.69 11.6.69		Period 3 11.6.69 11.8.69		Period 4 11.8.69 20.10.69		Period 5 20.10.69 29.12.69			
	XB	Mo	XB	Mo	XB	Mo	XB	Mo	XB	Mo	XB	Mo
15 cm	11.6	16.3	11.3	10.7	8.3	5.5	12.2	9.0	15.2	13.3	3.8	3.5
	13.9		11.0		6.9		10.6		14.2		3.7	
30 cm	12.6	22.1	10.9	12.7	6.8	9.4	10.7	12.8	14.0	18.2	3.6	4.7
	17.4		11.8		8.1		11.8		16.1		4.2	
45 cm	14.6	15.2	12.8	12.2	9.4	7.3	14.0	12.2	15.2	15.8	4.3	4.1
	14.9		12.5		8.4		13.1		15.5		4.2	
60 cm	11.4	16.3	11.7	10.9	7.0	6.9	12.0	11.2	13.3	15.8	3.6	3.9
	13.8		11.3		6.9		11.6		14.5		3.8	
No Alf	8.7	14.4	9.5	11.3	8.7	8.3	11.5	12.8	14.5	12.8	3.5	3.8
	11.6		10.4		8.5		12.1		13.6		3.7	
Mean	11.8	16.8	11.2	11.5	8.0	7.5	12.1	11.6	14.5	15.2	3.8	4.0
	14.3		11.4		7.8		11.8		14.8		3.9	
LSD (P ≤ 0.05)												
Space Means	3.9		2.7		2.3		2.8		5.8		0.8	
Breed Means	3.8		1.5		0.9		1.2		2.4		0.3	
Breed Means Within the same spacing	8.5		3.3		2.0		2.8		5.3		0.7	

XB = 3/4 Border Leicester + 1/4 Merino

Mo = Merino

as in the first plots so treated all treatments suffered a "break" in wool. Its value must be questioned, however, in terms of the adverse effects of prolonged grazing, suggested in a previous paper (11).

Crossbred weaners always grew faster than merinos in both absolute and relative terms: while their initial weight averaged 31 percent more than merinos they ended the year 46 percent heavier. The reason may lie in hybrid vigour, and in the influence of the Border Leicester, selected partly for weight gain. This was perhaps expressed mainly through their ability to eat

more, specially in winter when feed was short. In winter they gained 1.86 kg against 0.54 kg by merinos.

Wool production showed marked seasonal trends, with winter growth rates only about half of those measured in summer (Table 1). The peak of production in summer confirmed the forecast by Mc. Farlane (12) that in Canberra's climate the rate of wool production should be highest in summer. The general trends mainly reflected differences in feed supply, the peak production of about 15 g/head/day being com-

mon to no alfalfa and alfalfa plots. Although wool production in winter is limited by short daylength and/or low temperature (7), in this study it still responded to the higher availability of feed on the no alfalfa plots.

There was an obvious similarity in seasonal pattern of wool production and liveweight gain, yet cross-breds produced no more wool in winter than merinos which, in terms of wool production, are more efficient producers than crossbreds in periods of food shortage (9).

Because there were no appreciable production differences overall between the different spacing treatments, attempts to combine the benefits of alfalfa during its growing season and no alfalfa during winter by sowing alfalfa at wide row spacings may be of little value. It must be stressed that these results are restricted to the one year of above average rainfall.

### Summary

Bodyweight changes and wool growth were measured within an experiment conducted at Canberra, Australia, in which groups of 3 merinos plus 2 cross-bred weaners each, grazed alfalfa plots sown at 4 different row spacings 15, 30, 45 and 60 cm and zero alfalfa. The grazing system and stocking rate imposed were the same to each group of weaners.

No advantages of alfalfa swards versus no alfalfa in overall animal production were detected.

Seasonal liveweight gains and wool growth were markedly, but not significantly, different between alfalfa and no alfalfa swards.

Crossbred weaners gained significantly more weight ( $P > 0.05$ ), both in absolute and relative terms, than merinos.

Wool production showed marked seasonal trend, with winter growth rates only about 50 percent of those measured in spring and summer.

### Literature cited

1. BAKER, R. D. Effect of sward characteristics on herbage intake under grazing-nutritive quality, species and amount. Occasional Symposium No. 8, Pasture Utilization by the Grazing Animal. The British Grassland Society. 1974. pp. 87-92.

2. CAMPBELL, A. G. Liveweight gains from lucerne. In Langer, R. H. M. The lucerne crop. 1967. pp. 261-271.
3. CORBETT, J. L.; FURNIVAL, E. P.; INSKIP, M. W.; PERES, C. J. and PICKERING, F. S. Nutrition and growth of lambs grazing lucerne or phalaris. Proceedings of the Australian Society of Animal Production 11:329-332. 1976.
4. CHAPMAN, R. E. and WHEELER, J. L. Dye banding: a technique for fleece growth studies. Australian Journal of Science 26:53-58. 1963.
5. HODGSON, J. Factors limiting herbage intake by the grazing animal. Proceedings International Meeting on Animal Production from Temperate grassland. Dublin. 1977. pp. 70-75.
6. HODGSON, J. and MILNE, J. A. The influence of weight of herbage per unit area and per animal upon the grazing behaviour of sheep. 7th General Meeting European Grassland Federation, Gent 4:31-37. 1978.
7. HUTCHINSON, J. C. D. and WODZICKA-TOMASZEWSKA, M. Climatic physiology of sheep. Animal Breeding Abstracts 29:1-4. 1961.
8. JOYCE, J. P. and BRUNSWICK, L. C. F. Effects of stage of growth, season, and conservation method on the nutritive value of lucerne. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 35:152-158. 1975.
9. LANGLANDS, J. P. and HAMILTON, B. A. Efficiency of wool production of grazing sheep. II. Differences between breeds and strains varying in age. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 9:254-257. 1969.
10. LUTZ, E. E. and MORLEY, F. H. W. Production of alfalfa (*Medicago sativa* L.) I. Influence of row spacing and cultivar. Turrialba 32:1-10. 1982.
11. LUTZ, E. E. and MORLEY, F. H. W. Production of alfalfa (*Medicago sativa* L.) II. Influence of grazing management. Turrialba 32:11-17. 1982.
12. MC FARLANE, J. D. The influence of seasonal pasture production and grazing management

- on seasonal wool growth Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 5:252-261 1965.
13. OSBOURN, D. F. The intake of conserved forages. British Grassland Society. Occasional Symposium. 3:20-28. 1967
  14. OSBOURN, D. F.; THOMSON, D. J. and TERRY, R. A. The relationship between voluntary intake and digestibility of forage crops, using sheep. Proceedings X International Grassland Congress 1966. pp 363-366.
  15. RAYMOND, M. F. The nutritive value of forage crops Advances in Agronomy 21:1-97. 1969.
  16. REED, K. F. M.; SNAYDON, R. W. and AXELSEN, A. The performance of young sheep grazing pastures sown to combination of lucerne and subterranean clover with ryegrass or phalaris. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 12:240-246. 1972.
  17. THOMSON, D. J. The role of legumes in improving the quality of forage diets. Proceedings International Meeting on Animal Production from Temperate grassland, Dublin. 1977. pp. 131-135
  18. VAN SOEST, P. J. Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. Journal Animal Science 24:834-843. 1965.

## Notas y comentarios

### Curso de Introducción a la Ergonomía

The joint (CIGR/IAAMRH/IUFRO) working group "Promotion of Ergonomics in the Tropics" (P.E.T.) is organizing the 2nd TRAINING COURSE "INTRODUCTION TO ERGONOMICS", specially held for 12 staff members from tropical countries (researchers, teachers and extension officers) in agriculture or forestry who want to incorporate ergonomics into their regular job

The training course will be held from October 22 - November 16, 1984, in Wageningen, The Netherlands

For information please write to:

Secretary Joint Working Group P.E.T.: F. J. Staudt, Bosbouwtechniek, L. H.; P. O. Box 342; NL-6700 AH Wageningen; The Netherlands "

Revistas nuevas: La Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo inició en 1983 la publicación de la revista semestral "Ciencia del Suelo (Vol. 1, Número 1)", incluyendo interesantes artículos sobre física, química, biología, bioquímica, manejo y conservación, fertilidad y fertilizantes, génesis y clasificación, mineralogía y micromorfología de suelos. Para suscribirse deberá dirigirse al Ing. R. S. Lanods, Editor de CIENCIA DEL SUELO, calle 532 No 949 esq. 14 (1900), La Plata, Argentina (\$ 12.00).

En el primer semestre de 1984 aparecerá trimestralmente la revista "Investigación y Gerencia". La revista considerará para su publicación artículos sobre temas y problemas de la práctica gerencial y la investigación administrativa, con énfasis en el caso latinoamericano. Las suscripciones deberán hacerse a: Investigación y Gerencia, Apartado 47066, Los Chaguaramos, Caracas 1041-4, Venezuela (\$ 8.00).

L. E. MORA\*  
R. A. MORENO\*

### Resumen

*Se estudió el efecto de diferentes tipos de preparación del suelo y sucesiones de cultivos sobre la incidencia y la severidad de la mancha de la hoja de maíz causada por Diplodia macrospora. Este trabajo se realizó en Turrialba, Costa Rica.*

*La preparación del suelo afectó tanto la incidencia como la severidad de esta enfermedad. Siempre se afectó la mayor cantidad de tejido de maíz en los tratamientos que se dejaron con residuos de cosecha sobre la superficie del suelo. Aquellos tratamientos en los que se limpió la superficie del suelo, produjeron plantas de maíz más sanas. También la proporción de incremento diario de la enfermedad resultó mayor en aquellos tratamientos con residuos de la cosecha anterior.*

*El doble cultivo de maíz, en el mismo pedazo de terreno y el maíz que se cultivó después de la asociación de maíz y frijol, registró valores más altos de incidencia y severidad que aquel maíz que se cultivara en un terreno en donde había frijol común como cultivo individual.*

### Introduction

**I**n Central America, maize (*Zea mays* L.) is produced mainly by small farmers. It is the most important component of a wide variety of cropping patterns managed according to the specific ecological and socio-economic conditions of the location.

In the lowland tropics, maize is cultivated as monocrop, in association with plantain, (*Musa acuminata* x *M. baldisiana*), cassava (*Manihot esculenta*) or taro (*Xanthosoma* sp.) or double cropped with sweet potato (*Ipomoea batatas*) legumes or with another maize crop in the same cropping season (8).

Due to high rainfall, ear rot, stalk rot and leaf spot caused by various pathogens can be limiting factors to good yields. *Diplodia macrospora* Earle is becoming increasingly important in recent years both as an ear rot and leaf spot pathogen in the Central American lowland tropics (7).

Crop sequence and seed-bed preparation frequently have been identified by small farmers as the most important management practices influencing disease development in maize (2). Small farmers practice several types of soil preparation ranging from conventional plowing and removal of crop residues to different types of minimum tillage and no-tillage.

Crop residues are a source of inoculum for numerous plant pathogens in temperate climates; however, the role of crop residues as a source of inoculum under conditions of constant temperature, high rainfall and diverse soil microflora has not been investigated sufficiently in tropical agroecosystems.

This research was conducted to study the effect of soil management and crop sequence on the leaf spot disease of maize caused by *D. macrospora*.

<sup>1</sup> Received for publication in March 14, 1983

This information is part of a thesis submitted by the senior author to the UCR-CATIE/Costa Rica joint Graduate Program in Agricultural Sciences and Natural Resources as partial fulfillment of the requirements for the M.S. degree

\* Plant Pathologist, Ministerio de Agricultura, Quito, Ecuador, and Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, respectively

### Material and methods

The field experiment was conducted at Turrialba, Costa Rica. Turrialba is approximately 600 m above sea level and has a mean annual precipitation of 2 700 mm, a mean annual temperature of 22°C and a mean annual solar radiation input of 154 kcal cm<sup>-2</sup>.<sup>1</sup> According to the Holdridge classification system, Turrialba is in the Premontane Tropical Wet Forest Zone (5). The soils of the field plot area are in the Rocky Phase of the Instituto soil series, and in the Inceptisol order and Tropepts sub-order of the Seventh Approximation classification system (4).

Field data on the incidence and severity of *Diplodia* leaf spot and bean rust (9) were obtained from an experiment planted in 1976 to study three cropping patterns including maize and common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under four different soil management practices. In this experiment, each year from about

June to November, the field was uniformly planted with maize and from December to April with common beans as sole crop; maize as sole crop and an association of maize and common beans. Figure 1 A presents average rainfall pattern for Turrialba and the rainfall conditions during experimental periods reported here and elsewhere (9). Figure 1B presents the three cropping patterns resulting from different crop sequences. Each cropping pattern was cultivated with four different soil management practices: a) conventional soil preparation (CT) – removal of crop residues plowing and roto-tilling; b) minimum tillage (MT-1) – maize stalks were pulled but left on the soil surface and covered with soil, as practiced by some small farmers; c) minimum tillage (MT-2) – maize stalks were up-rooted and left on the surface; and d) no-tillage (OT) – the new crops were planted between the maize rows of the previous crops while old stalks were still standing in the field.

Soil management treatment plots were 144 m<sup>2</sup> and crop sequence sub-treatment plots were 48 m<sup>2</sup>. Treatments and sub-treatment were arranged in a

1 Average 34 year data, Turrialba, Costa Rica.

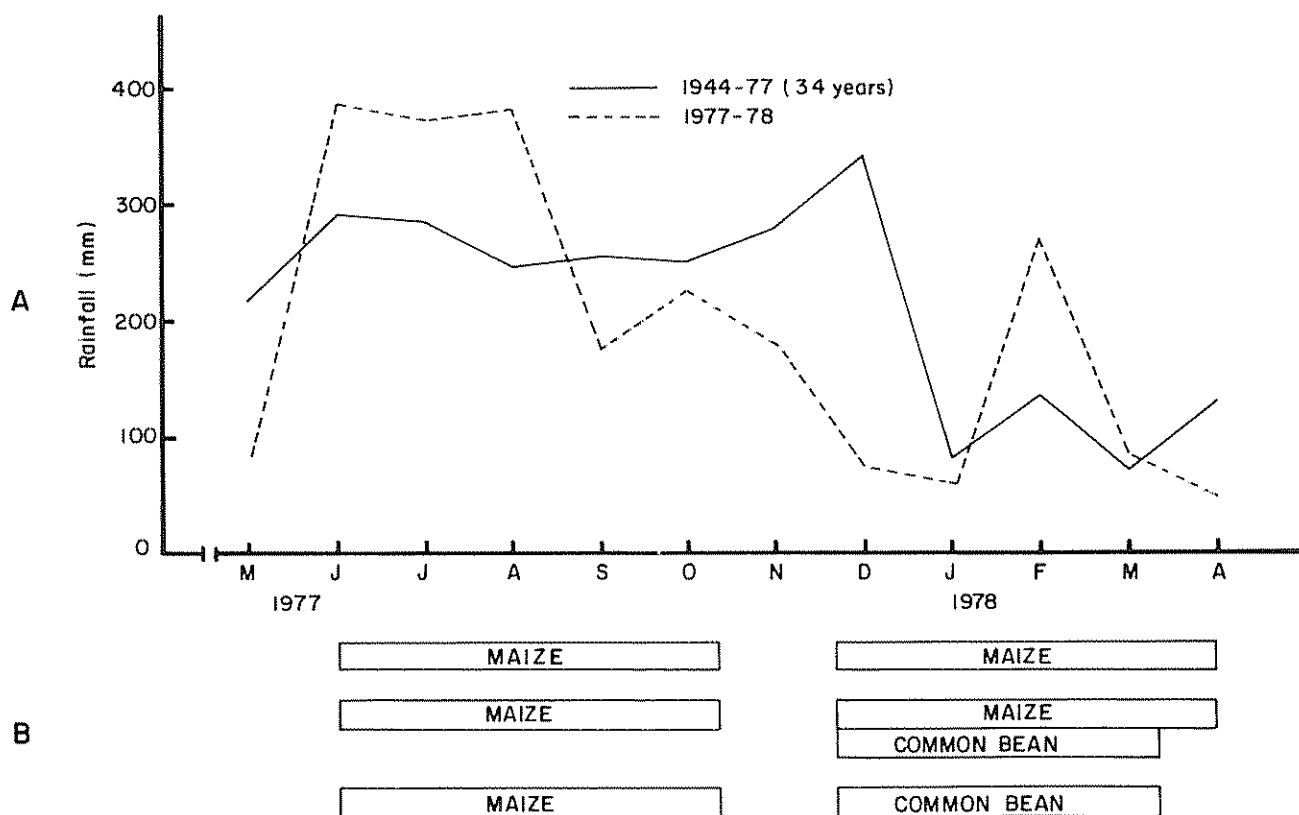


Fig 1 A) Average (34 years) rainfall and monthly average rainfall registered during the experimental period; B) Cropping patterns resulting from three crop sequences studied to determine incidence and severity of *Diplodia* leaf spot of maize. Turrialba, Costa Rica, 1978

split-plot, complete block design with four replications. For the sole crops and the association the same planting density of 4 and 10 pl m<sup>2</sup> for maize and beans respectively were used. When beans and maize were associated, two rows of beans (33 cm apart) were grown between rows of maize (1 m apart). The varieties used were Tuxpeño Planta Baja C-7 for maize and CATIE-1 for beans. Maize as sole crop received 105.0; 35.4 and 11.8 kg ha<sup>-1</sup> of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O respectively. Beans were fertilized with 97.5; 105.0; 38.0 and 15.0 kg ha<sup>-1</sup> of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O and MgO respectively when grown in association with maize. In soil management treatment CT, this was supplied through commercial fertilizers but in treatments MT-1, MT-2 and OT it was supplied through commercial fertilizers, and the nutrient content of the amount of biomass left as mulch, according to chemical analysis of the tissue.

Weeds were controlled with Gramoxone (Paraquat 0.5 kg ha<sup>-1</sup> a.i.) in soil treatments MT-1, MT-2 and OT and manually controlled in treatment CT.

Field data on the incidence and severity of *Diplodia* leaf spot were obtained from June to October 1977. Incidence (I) is the number of infected units and severity (S) is the affected area. The concepts of incidence and severity have been previously discussed by James and Shih (6).

Incidence and severity were recorded weekly from the same six plants randomly selected from the center of each 48 m<sup>2</sup> plot of sole maize. Evaluations were made from 14 days until 102 days after maize emergence. Total number of leaves per plant, number of infected leaves and area affected in each leaf were recorded at each sampling.

A scale from 1-5 was established, based on leaf area infected (Figure 2). Total severity was calculated by multiplying percentage leaf area affected by its frequency (3).

### Results and discussion

In all treatments, onset of the epidemic and further development of the disease were closely associated with both amount and frequency of rainfall. Amplitude and frequency of deviations from mean temperature (21.9°C) for the experimental period were also positively and significantly correlated with the number of infected leaves, although they were not correlated with increase in lesion size. Temperatures above 21.9°C apparently favor production, liberation, dissemination and penetration of the inoculum.

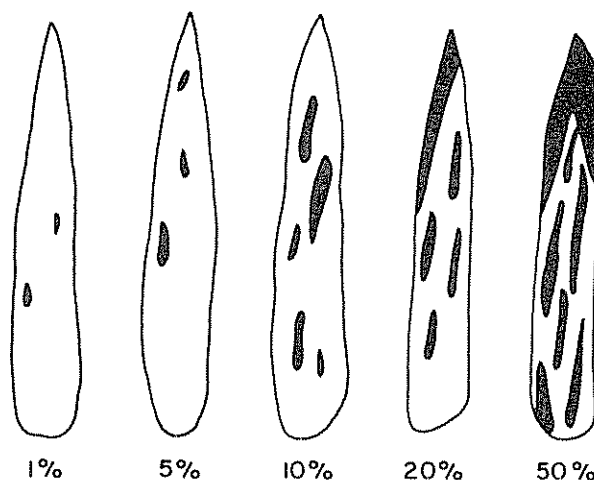


Fig 2. Diagrammatic representation of different percentages of leaf infection by *Diplodia macrospora* in maize leaves Turrialba, Costa Rica

There was a positive and significant correlation between incidence and severity for all treatments ( $R = 0.87$ ). Average incidence values increased steadily up to 35 days after emergence of the maize plants. During this first stage, daily rate of increase on incidence was 0.184 ( $r = 0.184$ )<sup>1</sup>. In a second stage, from 35 to 102 days, it was 0.065 ( $r = 0.065$ ). Three different stages can be differentiated in the daily rate of increase in severity: a first stage, which lasted for 43 days with an average of  $r = 0.139$ ; a second stage, from 43 to 75 days after emergence where only a slight increase of the severity values was registered between sampling periods, suggesting that total leaf area of the maize plant increased nearly as fast as the increase in lesion size; a third stage, from 75 to 102 days after emergence, where disease increased at a daily rate of  $r = 0.025$  (Table 1).

### INFLUENCE OF SOIL MANAGEMENT

Both incidence and severity of *Diplodia* leaf spot were affected by soil management treatments (Table 2). Mulching always resulted in more diseased tissue than did treatments that included plowing and removal of crop residues. At 20, 28, 66 and 75 days after emergence of maize, the incidence values were significantly different under different soil managements. On the average, soil management treatments MT-1, MT-2 and OT had more leaves infected by *Diplodia* sp. than did treatment CT (LSD test 0.05). Severity values were significantly different between soil management practices at 20, 43, 57, 84, 95 and 102 days after emergence of maize plants. Soil

<sup>1</sup> Units per day according to Van der Plank (10)

management treatments MT-1, MT-2 and OT had average severity values higher than treatment CI. Disease severity for each treatment, in decreasing order, was MT-1 > OT > MT-2 > CI.

Table 1. Average daily rate of increase of incidence and severity of *Diplodia* leaf spot of maize in different stages of development of the epidemic. Turrialba, Costa Rica.

Days after maize emergence	Incidence		Severity	
	Stage	r value <sup>1</sup>	Stage	r value <sup>1</sup>
35	1	0.184		
43			1	0.139
75			2	0.009
102	2	0.065	3	0.025

$$r = \frac{2.3}{t_2 - t_1} \left( \log \frac{X_2}{1 - X_2} - \log \frac{X_1}{1 - X_1} \right)$$

$t_2 - t_1$  = days between stages.

$X_1$  and  $X_2$  = number of infections or leaf area affected at times  $t_1$  and  $t_2$  respectively according to Van der Plank (10).

No significant differences in daily rate of increase for incidence or for severity values were registered, but an LSD (0.05) test showed higher rates for treatments including mulching than for treatment CI.

The removal of crop residues and plowing delayed the epidemic development by approximately five days. Maximum values for severity were always registered at the end of the maize life cycle for all soil treatments.

#### INFLUENCE ON CROP SEQUENCE

No statistically significant differences for incidence and severity values of *Diplodia* leaf spot among crop sequences were found. Only during the sampling at 35 days after maize emerged, was severity higher for the maize after maize sequence than for the other sequences (Table 3). Maize after maize (M → M) and maize after the association of maize and common beans (M + B → M) resulted in incidence and severity values higher than the sequence of maize after common bean monoculture (B → M). This suggests that less primary inoculum is available to infect maize after a bean monoculture than after sequences of crops including maize. The B → M sequence showed severity values lower than the rest of the crop sequences in 12 out of 13 samplings.

Table 2. Average values for incidence and severity of *Diplodia* leaf spot of maize as affected by four soil management practices. Turrialba, Costa Rica.

Days after emergence of maize <sup>0</sup>	Incidence (%)					Severity (%)				
	CI	MT-1	MT-2	OT	Mean Square	CI	MT-1	MT-2	OT	Mean Square
12	14.89	34.89	26.00	31.11	234.62 <sup>ns</sup>	0.42	1.00	0.79	0.86	4.90 <sup>ns</sup>
16	25.33	35.50	27.17	27.17	49.65 <sup>ns</sup>	0.62	1.13	0.69	0.85	3.00 <sup>ns</sup>
20	41.07 <sup>b</sup>	53.07 <sup>a</sup>	54.93 <sup>a</sup>	58.53 <sup>a1</sup>	117.93 <sup>**3</sup>	3.12 <sup>b</sup>	4.78 <sup>ab</sup>	4.68 <sup>ab</sup>	5.67 <sup>a</sup>	12.19 <sup>*</sup>
28	80.21 <sup>b</sup>	89.68 <sup>ab</sup>	84.23 <sup>ab</sup>	92.42 <sup>a1</sup>	326.21 <sup>**</sup>	6.41	8.41	7.15	10.32	35.45 <sup>ns</sup>
35	83.91	89.67	87.22	91.15	18.29 <sup>ns</sup>	9.74 <sup>b</sup>	13.87 <sup>ab</sup>	12.07 <sup>ab</sup>	15.60 <sup>a</sup>	56.17 <sup>**</sup>
43	82.85	85.66	84.06	85.54	13.71 <sup>ns</sup>	13.22 <sup>b</sup>	16.39 <sup>ab</sup>	15.94 <sup>ab</sup>	19.25 <sup>a</sup>	43.42 <sup>**</sup>
49	94.64	94.52	93.74	95.11	10.68 <sup>ns</sup>	14.24	16.30	15.65	17.30	11.07 <sup>ns</sup>
57	92.04	93.62	91.97	94.62	22.26 <sup>ns</sup>	13.60 <sup>b</sup>	16.38 <sup>ab</sup>	14.12 <sup>ab</sup>	18.01 <sup>a</sup>	31.10 <sup>*</sup>
66	87.04 <sup>b</sup>	90.24 <sup>ab</sup>	88.93 <sup>ab</sup>	91.87 <sup>a</sup>	43.32 <sup>*</sup>	12.75	15.26	13.37	16.94	27.41 <sup>ns</sup>
75	91.64 <sup>b</sup>	94.03 <sup>ab</sup>	91.68 <sup>ab</sup>	95.48 <sup>a</sup>	69.67 <sup>**</sup>	15.19	16.45	14.01	19.23	39.61 <sup>ns</sup>
84	97.99	96.85	97.73	98.46	22.09 <sup>ns</sup>	20.02 <sup>ab</sup>	23.00 <sup>ab</sup>	18.01 <sup>b</sup>	25.68 <sup>a</sup>	66.01 <sup>**</sup>
95	98.38	98.00	98.11	98.81	25.15 <sup>ns</sup>	20.54 <sup>a</sup>	24.79 <sup>ab</sup>	19.22 <sup>b</sup>	26.70 <sup>a</sup>	70.71 <sup>**</sup>
102	98.95	99.50	99.05	99.56	14.66 <sup>ns</sup>	24.16 <sup>a</sup>	25.42 <sup>a</sup>	22.15 <sup>b</sup>	28.80 <sup>a</sup>	40.62 <sup>*</sup>

1 CI = Conventional tillage (plowing and rotovator labor); MT-1 = Minimum tillage and mulching covering crop residues; MT-2 = Minimum tillage leaving crop residues as mulch; OT = No tillage.

2 Figures followed by the same letter do not differ statistically according to Duncan's multiple range test (0.05).

3 ns: not significant (0.05); \* significant (0.05) and \*\* significant (0.01).

Table 3. Average values for incidence and severity of *Diplodia* leaf spot of maize as affected by three crop sequences. Turrialba, Costa Rica.

Days after emergence of maize	Incidence (%)				Severity (%)			
	B → M	M + B → M	M → M <sup>1</sup>	Mean Square	B → M	M + B → M	M → M	Mean Square
12	25.33	26.67	29.17	15.44 <sup>ns</sup>	0.68	0.73	0.89	0.83 <sup>ns</sup>
16	25.75	33.63	27.00	55.61 <sup>ns</sup>	0.71	0.95	0.79	1.30 <sup>ns</sup>
20	56.30	48.80	50.60	39.81 <sup>ns</sup>	4.26	4.43	4.99	2.68 <sup>ns</sup>
28	84.76	87.69	87.25	36.11 <sup>ns</sup>	7.48	8.94	7.79	8.82 <sup>ns</sup>
35	88.33	86.79	88.84	17.85 <sup>ns</sup>	11.66 <sup>b</sup>	13.12 <sup>a</sup>	13.68 <sup>a</sup>	14.25 <sup>**2</sup>
43	85.00	84.81	83.77	3.19 <sup>ns</sup>	15.53	16.68	16.39	3.19 <sup>ns</sup>
49	93.96	95.29	94.26	13.56 <sup>ns</sup>	15.11	16.47	16.04	4.81 <sup>ns</sup>
57	92.87	92.82	93.34	3.95 <sup>ns</sup>	15.10	15.84	15.64	1.56 <sup>ns</sup>
66	89.90	88.80	89.85	6.49 <sup>ns</sup>	14.08	14.63	15.06	2.83 <sup>ns</sup>
75	93.54	92.65	93.43	1.26 <sup>ns</sup>	16.06	16.17	16.43	0.64 <sup>ns</sup>
84	98.41	97.43	97.43	22.78 <sup>ns</sup>	22.05	20.71	22.32	5.43 <sup>ns</sup>
95	98.61	98.60	98.37	3.52 <sup>ns</sup>	23.14	22.13	23.17	3.48 <sup>ns</sup>
102	98.99	99.09	94.71	12.81 <sup>ns</sup>	25.78	23.13	26.50	22.71 <sup>ns</sup>

1 M = Maize; B = Common Bean; + crops in association; → crop sequence

2 Figures followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple test (0.05) ns: not significant (0.05) and \*\* significant (0.01)

In general, incidence shows the same trend as severity, but incidence values tend to be higher at the end of the life cycle of maize cultivated after bean monoculture because more healthy tissue is exposed to a high amount of inoculum in the environment. This phenomenon has been previously reported (1).

The daily rate of severity and incidence increase is higher in the M → M and M + B → M sequence than in the B → M sequences (Table 4).

*Diplodia* leaf spot in maize is frequently severe in the lowland tropics of Costa Rica where rainfall ranges from 3 600 – 4 200 mm annually and average

temperatures range from 25 – 27 °C. The results of this study, conducted at Turrialba's Experimental Station, indicate a tendency towards more *Diplodia* leaf spot in maize cultivated under soil management practices including the use of maize residues. Although Turrialba has mean annual precipitation of approximately 2 700 mm and temperature of 22 °C, this tendency could represent an important factor to consider in the design and testing of land preparation practices for high rainfall conditions. Minimum tillage and no-tillage frequently have been recommended to small farmers to reduce soil erosion and turn-around period. This study indicates that the implications of including residues from the same crop or from crops belonging to the pathogen's host range as mulch should be evaluated.

It should be pointed out that most of the studies of botanical epidemics carried out in experimental stations are always affected by other factors; notably the size of experimental plots and the proximity of plots with different amount of infection

Table 4. Average daily rate of increase of incidence and severity of *Diplodia* leaf spot of maize in three different crop sequences. Turrialba, Costa Rica.

Crop sequences	Incidence	Severity
B → M <sup>1</sup>	0.096 <sup>2</sup>	0.067 <sup>2</sup>
M + B → M	0.103	0.070
M → M	0.107	0.068

1 B = Common Beans; M = Maize; + = crops in association; → = crops in succession

2 Units per day According to Van der Plank (10).

### Summary

The influence of soil management and crop sequence on the incidence and severity of a leaf spot disease of maize caused by *Diplodia macrospora* Earle was studied at Turrialba, Costa Rica.

Both incidence and severity of the disease were influenced by soil management. Soil treatments that



included mulching invariably resulted in more diseased tissue than did treatments including the removal of crop residues. Daily rate of increase of the disease was also higher for treatments that included mulching than for the rest of the soil management treatments.

Maize cultivated after maize and after an association of maize plus common beans showed higher values of incidence and severity than the sequence of maize following a common bean monoculture.

#### Literature cited

1. BERGER, R. D. Application of epidemiological principle to achieve plant disease control. *Annual Review of Phytopathology* 15:165-183. 1977.
2. CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Primer informe de la encuesta preliminar a pequeños agricultores, efectuada en los distritos de Cariari y Guácimo, Provincia de Limón, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE 1976. 27 p.
3. CROXALL, D. C.; GWYNNE, D. C. and JENKINS, J. E. The measurement of losses caused by apple-tree disease with special reference to apple scab. *Annals of Applied Biology* 40:600-603. 1953.
4. HARDY, F. The soils of I.A.I.A.S. area. Turrialba, Inter-American Institute of Agricultural Sciences 1961. 76 p. (mimeo).
5. HOLDRIDGE, L. R. Life zone ecology. San José, Costa Rica, Tropical Science Center 1978. 216 p.
6. JAMES, E. W. and SHIH, C. D. Assessment of plant disease and losses. *Annual Review of Phytopathology* 12:355-374. 1974.
7. LATRELL, R., ROSSI, A. E. and MORENO, R. *Diplodia macrospora* potentially serious pathogen of corn in the U.S. *Proceedings American Phytopathology Society* 3:228. 1976.
8. MORENO, R. Investigación en sistemas de cultivo en Centroamérica. In Reunión Anual de PCCMCA 24a, San Salvador, El Salvador, pp. U.1, pp. E1/1-E1/5. 1978.
9. MORENO, R. and MORA, L. Cropping pattern and soil management influence on plant disease II. Bean rust epidemiology Turrialba 34(1):41-45 1984.
10. VAN DER PLANK, J. E. Plant diseases: Epidemics and control. New York, Academic Press 1963. 349 p.

## CROPPING PATTERN AND SOIL MANAGEMENT INFLUENCE ON PLANT DISEASES: II. BEAN RUST EPIDEMIOLOGY<sup>1</sup>

R. A. MORENO\*  
L. E. MORA\*

### Resumen

*La roya del frijol causada por Uromyces appendiculatus (Pers.) Ung. afectó un mayor número de hojas (incidencia) y una mayor área foliar (severidad) en plantas de frijol (Phaseolus vulgaris L.) cultivadas en forma individual que en plantas de frijol asociado con maíz. Los valores promedio de la proporción de incremento diario de la incidencia y la severidad de la roya durante el total del periodo experimental siempre fueron más altos en el frijol en monocultivo que en el frijol cultivado en asocio con maíz. Al comienzo de la epidemia, se registraron diferencias entre la cantidad de roya que mostraban plantas de frijol que se habían cultivado con diferentes prácticas de manejo del suelo. Así, se produjo más roya en aquellos tratamientos del suelo que consistían en la eliminación de los residuos de la cosecha anterior y su posterior arada y pases de rotador que en aquellos tratamientos que consistían en labranza reducida o cero labranza.*

### Introduction

**M**aize (*Zea mays* L.) and common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) are important crop components in agroecosystems managed by Latin American small farmers. Different types of maize and beans are combined in cropping patterns such as association, relay cropping and double cropping. These cropping patterns are managed according to the ecological and socio-economic environment in which they are cultivated. Approximately 90% of beans in Colombia, 80% in Brazil, 73% in Guatemala and 40% in Mexico are produced in association mainly with maize (6). In spite of the importance of the maize-bean association only in recent years has information on this crop combination become available (2, 3, 4).

One of the advantages frequently pointed out to account for the popularity of maize-bean combination among small farmers is a possible reduction of the incidence and severity of diseases in this and several other crop combinations, as compared to monoculture (11), although the opposite has been reported (10).

Small farmers practise several methods of soil preparation for cultivation of maize and beans, ranging from conventional mechanical plowing to several types of minimum and no-tillage practices. The influence of soil management, particularly practices including crop residues such as mulch, on the onset of epidemics and further spread of plant pathogens has not been sufficiently studied under tropical conditions. A more uniform temperature and more diverse soil microflora than in temperate climates are factors frequently cited as influencing rapid degradation of crop residues and consequently reducing the availability of primary inoculum in the tropics (5).

Bean rust caused by *Uromyces appendiculatus* (Pers.) Ung. is an important air-borne bean pathogen that might limit production when virulent races of the fungus, susceptible cultivars of the host and favorable environment for disease development coincide.

\* Received for publication on March 14, 1983.

1 This information is included in a thesis submitted by the second author to the UCR-CATIE/Costa Rica joint Graduate Program in Agricultural Sciences and Natural Resources as partial fulfillment of the requirements for the M.S. degree.

\* Plant Pathologists, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica and Ministerio de Agricultura, Quito, Ecuador.

This research was conducted to quantify incidence and severity of bean rust in common beans in monoculture and associated with maize under four different soil management regimes.

### Material and methods

A description of the treatments and sub-treatments; experimental design; crop varieties planted, plot size, fertilization and weed management of the field experiment from where data on bean rust epidemic were obtained was included in a previous paper (9).

Data on incidence (I) and severity (S) of bean rust were recorded weekly for five weeks beginning 61 days after planting. The concepts of I (number of leaves affected) and S (leaf area affected) are used as defined by James and Shih (7). Eighteen randomly selected bean plants from the center of each 48 m<sup>2</sup> plot were marked and used for each sampling period. Each bean plant was divided in four quadrants and data were always recorded from the same quarter of the plant. Each trifoliate leaf was considered for I values but S were recorded from only the center leaflet. A severity scale was used. The severity scale was calculated by measuring affected area with a planimeter.

To calculate I and S the following formulae were used:

$$I = \frac{t n i}{t n e}$$

$$S = \frac{0.01 (n_1) + 0.05 (n_2) + 0.1 (n_3) + 0.2 (n_4) + 0.5 (n_5)}{t n e}$$

where:

t n i = total number of leaves affected

t n e = total number of leaves

n<sub>1</sub> ... n<sub>5</sub> = number of leaves with 0.01 ... 0.5 of the leaf area affected

The Van der Plank (12) formulae were used to calculate the rates of increase (r) of I and S.

Average values of I and S were used to calculate the general development of the bean rust epidemic. Transformation of data (arcsin  $\sqrt{x}$ ) were used for

calculations but percentages are used in tables. Significant differences ( $P \leq 0.05$ ) were determined for I and S values using the least significant difference (LSD) test.

Meteorological data were obtained from hygromograph and rain gauge located at the center of the experimental field.

### Results and discussion

In all treatments I and S values were significantly and positively correlated ( $R = 0.94$ ). I and S of bean rust were positively correlated with oscillations (amplitude and frequency) of above average relative humidity (89.3%) during the experimental period. This indicated a more effective dissemination, penetration and development of pustules in conditions of high relative humidity as previously reported for this host-pathogen relationship (13). Crop age was positively correlated with high values of I and S. Possible explanations of this relationship are: increased host susceptibility with age, abundant secondary inoculum in later stages of plant development, more leaf area available for spore landing, a microenvironment favorable for plant infection or a combination of the above factors.

Uredosori were first seen 45 days after planting. During the first sampling (61 days after planting), a relatively high average value (24.3%) was registered for I, while S was only 0.6% (Table 1). Primary inoculum was probably abundant, penetrating several points but lesion size increase was slow. The epidemic increased for 66 days after planting, but there was a decrease in both I and S values after 73 days due to either a rapid increase in leaf area or to microenvironmental conditions not favorable for disease development or to both. Maximum I (82.8%) and maximum S (8.9%) occurred 79 days after planting. A slight decrease in disease amount was registered after 86 days due to a reduction of the total number of leaves in the plots that were more affected during the earlier stages of the disease development. Average daily rate of increase of I was relatively slow ( $r = 0.119$ ) but S increased at a slower rate ( $r = 0.077$ ).

### INFLUENCE OF CROPPING PATTERN ON BEAN RUST EPIDEMIC

Rust pustules were observed 45 days after planting beans in monoculture and after 50 days in beans cultivated in association with maize.

Throughout the growing season the number of leaves and the leaf area affected by bean rust was

higher in the monoculture than in the association. The analysis of variance of the I and S data from the five sampling periods indicated a statistically significant difference (0.05) between these cropping patterns (Table 1). Considering sampling periods individually, the values of I and S were significantly differ-

ent between cropping patterns only after 61 and 66 days (Table 2). Inoculum dispersal across plots under different treatments or differences in leaf areas available for infection in later stages of the epidemic probably accounted for the lack of significance in the last three sampling periods.

Table 1. Average values of incidence and severity of bean rust under four different soil managements, two bean cropping patterns, and five sampling periods. Turrialba, Costa Rica.

	Soil Managements <sup>1</sup>				Cropping Patterns <sup>2</sup>		Sampling periods <sup>3</sup>					Daily <sup>4</sup> rate of increase (r)
	CT	MI-1	MI-2	OT	B	B+M	61	66	73	79	88	
Incidence	64.5a <sup>5</sup>	56.6b	61.6a	57.3a	63.2a	56.8b	24.3b	64.3a	55.5ab	82.8a	73.3a	0.119
Severity	5.6a	3.9b	5.0a	3.9b	5.6a	3.8b	0.6a	3.9b	2.9b	8.9d	6.7c	0.077

1 CT = Conventional tillage; MI-1 = Minimum tillage-1; MI-2 = Minimum tillage-2; OT = No tillage.

2 B = Bean monoculture; B + M = Beans-maize association.

3 Days after planting.

4 r = Average daily rate of increase.

5 Figures followed by the same letters do not differ statistically to the least significant difference test, (LSD 0.05)

Table 2. Average values of incidence (I) and severity (S) of bean rust during five sampling periods, two bean cropping patterns and four soil managements. Turrialba, Costa Rica.

	Sampling periods (days after planting)									
	61		66		73		79		88	
	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S
<b>Cropping patterns</b>										
Beans in monoculture	27.4a <sup>1</sup>	0.8a	70.6a	5.1a	57.6	3.1	86.2	11.6	74.9	7.5
Beans-maize association	21.2b	0.4b	57.9b	2.7b	53.4	2.7	79.8	6.2	71.8	6.0
<b>Soil managements</b>										
Conventional tillage	35.3a	1.0a	67.2	5.0	69.7	3.9a	88.9	12.4a	67.6	5.5b
Minimum tillage-1	19.7c	0.4c	62.8	4.0a	55.6	2.9b	83.9	7.2b	61.2	4.9b
Minimum tillage-2	23.3b	0.7b	68.4	4.1a	52.6	2.9b	85.1	10.2a	79.0	7.6ab
No tillage	19.0c	0.4c	58.5	2.4b	50.0	2.0c	74.1	5.7b	85.8	8.9a

1 Figures followed by the same letters do not differ significantly according to the least significant difference test, LSD (0.05).

Values of daily rate of increase in both I and S of bean rust between sampling periods and average daily rate of increase for the whole experimental period were always higher in bean monoculture than in beans cultivated in association with maize. The physical barrier imposed by the dominant component (maize) of the association probably slowed dispersion of wind borne rust spores. A loss of dispersing uredospores through their settling on the nonhost component of the intercrop (fly-paper effect) also has been suggested as the mechanism responsible for the slower increase of diseases in intercropping systems (8). Induced resistance has been suggested as another cause that retards the development of legume rusts in legume-cereal association. According to Allen (1) sporulation of bean rust can be delayed and reduced by inoculating beans with a mixture of maize rusts (*Puccinia sorghi* and *P. polysora*). Total biomass production of beans cultivated in simultaneous mixture with maize is usually less than the total biomass in monoculture (11), consequently there is probably a reduction in available leaf area for rust infection in the legumes intercropped as compared to legumes planted alone. Finally, the microenvironment created in the vicinity of bean plants by the dominant species (maize) may not favor the development of the disease and further spread of the pathogen.

It is more likely that several of these factors are acting together either simultaneously or sequentially.

Table 3. Daily rate of increase<sup>1</sup> of Incidence and Severity of bean rust in two bean cropping patterns and four different soil preparation practices. Turrialba, Costa Rica.

	Incidence	Severity
Cropping patterns		
Beans monoculture	0.123	0.069
Beans-maize association	0.115	0.068
Soil preparation practices		
Conventional tillage	0.107	0.054
Minimum tillage-1	0.098	0.049
Minimum tillage-2	0.139	0.081
No tillage	0.155	0.090

<sup>1</sup> According to Van der Plank (12)

## INFLUENCE OF SOIL MANAGEMENT ON BEAN RUST EPIDEMIC

Soil management practices influenced both I and S of bean rust, particularly at the onset of the epidemic, as shown at the first sampling period when more leaves were infected in the CT treatment (I = 35%) as compared to OT (I = 19%), MT-1 (I = 20%), and MT-2 (I = 23%) treatments. No statistically significant (0.05) difference in rust severity in beans cultivated under different soil management practices was registered throughout the whole period.

During the first four sampling periods, higher S values were registered for the CT treatment than for the reduced tillage treatments, while treatment OT always registered the lowest I and S values. During the final sampling period, early defoliation of bean plants under the CT treatment accounted for a decrease in I and S values. The continued increase in I and S values in treatment OT through this last sampling period may be explained by the fact that in this treatment, maize stalks from the previous crop provided a firm support for a vigorous growth, and leaf area duration was longer than average.

Mulch influences the development of bean rust epidemics either by reducing the impact of rain drops and subsequent splash of primary or secondary inoculum or by providing microclimatic conditions unfavorable to the further spread of rust spores.

### Summary

The number of leaves (incidence) and the leaf area affected (severity) by bean rust (*Uromyces appendiculatus* (Pers.) Ung.) was higher in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) monoculture than in bean cultivated in association with maize. Average values of daily rate of increase of both incidence and severity of bean rust for the whole experimental period were always higher in bean monoculture than in bean cultivated in association with maize. Soil management influenced both incidence and severity of bean rust, particularly at the onset of the epidemic. More beans were infected in soil preparation treatments with mechanical plowing and rototilling than with the minimum tillage and no-tillage practices.

### Literature cited

1. ALLEN, D. J. Induced resistance to bean rust and its possible epidemiological significance in mixed cropping. In Monyo, J. H., Ker, A. D. R. and Campbell, M. eds. Intercropping in semi-arid areas: report of a symposium held

- at the Faculty of Agriculture, University of Dar es Salaam, Mogoro, Tanzania 1976. Ottawa, IDRC, 1976. 46 p.
2. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Annual Report 1976. Cali, Colombia. 1976.
  3. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Annual Report 1977. Cali, Colombia. 1978
  4. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Annual Report 1978. Cali, Colombia. 1979
  5. COOK, R. J., BOOSALIS, M. G. and DOUPNIK. Influence of crop residues on plant diseases. In American Society of Agronomy. Crop Residue Management. ASA special publication No. 31. 1978. pp. 147-164.
  6. FRANCIS, C. Multiple cropping potentials of beans and maize. Hort Science 13(1):12-17. 1978.
  7. JAMES, C. W. and SHIH, C. S. Assessment of plant disease and losses. Annual Review of Phytopathology 12:36-48. 1974.
  8. LEONARD, K. J. Factors affecting rates of stem rust increase in mixed planting of susceptible and resistant oat varieties. Phytopathology 58:1845-1850.
  9. MORA, L. and MORENO, R. R. Cropping pattern and soil management influence on plant diseases: 1 *Diplodia macrospora* leaf spot of maize Turrialba 34(1):35-40. 1984
  10. MORENO, R. A. Efecto de diferentes sistemas de cultivo sobre la severidad de la mancha angular del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), causada por *Isariopsis griseola* Sacc. Agronomía Costarricense 1:39-42. 1977.
  11. SORIA, J. *et al.* Investigación en sistemas de producción agrícola para el pequeño productor del trópico. Turrialba 25:283-293. 1973.
  12. VAN DER PLANK, J. E. Plant diseases: epidemics and control. New York, Academic Press. 1963. 149 p
  13. ZAUMEYER, W. J. and TOMAS, H. R. A monographic study of bean diseases and methods for their control. U. S. D. A. Agriculture Technical Bulletin 868. 1957. pp. 34-42

## Reseña de libros

HAGIN, J. y TUCKER, B. Fertilization of dryland and irrigated soils. Advances Series in Agricultural Sciences 12. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg New York 1982, 188 p.

A pesar que la fertilización de los cultivos tiene una serie de características de manejo muy parecidos, estas prácticas generalizadas se pueden apartar cuando se trata de fertilización de cultivos creciendo en suelos bajo condiciones áridas y semiáridas bajo irrigación, donde la evapotranspiración excede la precipitación y de gran importancia actual y futura en la producción de alimentos en el mundo.

Bajo condiciones de stress de agua, que es una de las características principales de las regiones áridas y semiáridas; el manejo del uso racional de los fertilizantes, se ve afectado por esas condiciones especiales de poca disponibilidad de agua por los cultivos.

Hagin y Tucker los autores, con sus experiencias en el manejo de suelos áridos y semiáridos nos dan un excelente libro de texto de la famosa serie Advances Series in Agricultural Sciences (No. 12) Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. En este título ellos recopilan y nos dan un conjunto de conocimientos, para el estudio y manejo del uso racional de los fertilizantes bajo condiciones áridas y semiáridas del mundo.

El libro consta de 7 capítulos con 188 páginas e incluye 64 figuras. El capítulo 1 es una excelente introducción sobre el tema del título del libro, donde no sólo nos describe las áreas semiáridas y áridas del mundo, sino que también, toma en consideración los sistemas de producción agrícolas existentes en dichas regiones. Se incluye en este capítulo los conceptos básicos de la irrigación, relacionados con los nuevos problemas y ventajas que le ocurren a un suelo árido y semiárido cuando es irrigado y los cambios en el paso de un uso extensivo a un uso intensivo. Todo lo anterior trae consigo cambios en las prácticas de fertilización ocasionados con los cambios en el manejo de los sistemas de cultivos que se intensifican cuando las antiguas tierras secas se transforman en área de irrigación.

Los capítulos 2, 3, 4 y 5 nos aportan un conocimiento del porqué de la fertilización con Nitrógeno,

Fósforo, Potasio, elementos secundarios y menores y su importancia en la agricultura de zonas áridas y semiáridas. Se discuten en cada uno de estos capítulos los factores que afectan la disponibilidad de esos nutrientes por los cultivos, con el fin de aportar información para que el lector pueda seleccionar la mejor dosis, la mejor forma de aplicación y la mejor fuente del fertilizante. Se discuten además, las características de las diferentes fuentes de los fertilizantes nitrogenados, fosfóricos, potásicos y de los elementos menores y secundarios con especial énfasis en sus diferentes formas y/o cambios que ocurren en el suelo cuando se aplican a los cultivos.

El capítulo 6 sintetiza información presentada en los capítulos previos, pero expuesta en forma tal que da información práctica sobre el uso racional de fertilizantes con multinutrientes y sus características para sus formas sólidas y líquidas en la agricultura. Además, el lector se puede enterar de las modernas técnicas de aplicar los fertilizantes en el agua de riego y también la modalidad de la fertilización foliar y sus implicaciones para el futuro.

En vista que la mayoría de los suelos de las regiones áridas y semiáridas son suelos salinos y alcalinos, en el capítulo 6 se incluyen los especiales de fertilizantes a emplear en este tipo de suelos, que esté acorde con esas condiciones especiales de suelos.

El capítulo 7 es el más importante desde el punto de vista práctico, ya que nos explica las diferentes técnicas a utilizar, de cómo hacer las recomendaciones de fertilizantes, y nos da diferentes métodos para evaluar y diagnosticar deficiencias nutricionales y la disponibilidad de nutrientes por los suelos. En este último tópico se hace énfasis en evaluar la fertilidad de suelos, por medio del uso de los análisis de suelos, tomando en consideración los aspectos más importantes, la calibración del análisis de los suelos y su interpretación. El libro termina con una reseña donde explica la manera práctica de evaluar el retorno económico del uso racional de los fertilizantes.

Como Profesor de Fertilidad de Suelos a nivel de pregrado y posgrado, recomiendo a mis estudiantes este texto como libro de consulta y mi recomendación puede ser extensiva para estudiantes que reciban otros cursos afines.

ALVARO CORDERO V.  
CATIE  
TURRIALBA, COSTA RICA

# PERFIS VERTICAIS DE MOLHAMENTO FOLIAR EM CAFEZAL RECEPADO E DE CRESCIMENTO LIVRE<sup>1</sup>

F. J. LINO DO NASCIMENTO\*  
A. TUBÉLIS\*\*

## Summary

*This work studies the leaf wetness vertical profiles in a coffee crop. Visual observation of wetness was done at several heights on west and east faces of plants under recent low topping condition, on the west face of plants under low topping condition and on the west face of plants under untopping condition, with north-south oriented rows. The mean vertical profile of setness period duration, by dew or by rain, showed an increase from the top to the lower part of the plants in consequence of the delay on the ending moments. Under dry soil conditions, dew formation was inhibited in the first thirty centimeters above the ground. The dew wetness biggest duration occurred on west face of the plants, at 0.30 m above the ground.*

## Introdução

**O** molhamento da superfície foliar do cafeeiro é fator importante na infecção das plantas pela ferrugem alaranjada e pela antracnose (1, 5).

Em trabalho anterior (4), os autores estudaram o molhamento foliar em cafezal recepado e decotado a 0.5 m acima do solo. Verificaram que a face poente apresentava maiores durações que a face nascente, tanto por orvalho como por chuva.

O presente trabalho estuda a variação vertical do molhamento foliar na cultura, em três condições de condução de plantas.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 3 dezembro 1981  
Trabalho realizado com suporte financeiro do Instituto Brasileiro do Café-Grupo Executivo de Racionalização da Cafeicultura e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

\* Engenheiro da LIGHT Serviços de Electricidade S.A., Av Rio Branco, 53, 20 090, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

\*\* Professor Adjunto do Departamento de Geociências, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rua Cristóvão Colombo, 2 265, São José do Rio Preto, SP, Brasil

## Material e métodos

O cafezal utilizado nos estudos é o mesmo descrito em artigo anterior (4). As medições foram realizadas em três condições de condução de plantas, conforme mostra o Quadro 1.

A condição de recepa recente era constituída por fileiras de plantas que apresentavam idades de rebrota de 5, 3 e 1 anos, que condicionavam altas insolação e ventilação.

A condição de recepa era formada por fileiras de plantas que apresentavam idades de rebrota de 5 e 3 anos, proporcionando condições normais de insolação e ventilação.

A condição de crescimento livre apresentava fechamento das copas, sendo bastante restritas as condições internas de insolação e ventilação.

O molhamento foliar foi observado e interpretado conforme os critérios definidos em trabalho anterior (4). Nos casos de não formação de orvalho, em um determinado nível, foram atribuídos os valores de 18.0 horas para o momento de início, 6.0 horas para o momento de fim e 0.0 horas para a duração.



Quadro 1. Características das condições físicas do local de ensaio de molhamento foliar do cafeeiro.

Condição	Face	Índice de cobertura (%)			Altura Das Plantas (m)	Níveis de medição	
		Saia	0.5 m	1.5 m		Real (m)	Relativo (h)
	Poente	37	33	18	2.47	0.10	0.04
						0.30	0.12
						1.00	0.40
						1.60	0.65
						2.40	0.97
Recepa Recente	Nascente 1	37	33	18	1.30	0.50	0.38
	Nascente 2	27	25	11	1.94	1.30	1.00
Recepa	Poente	51	51	31	2.40	0.10	0.04
						0.60	0.25
						1.10	0.46
						1.70	0.70
						2.40	1.00
Crescimento Livre	Poente	88	88	88	3.85	0.10	0.03
						0.75	0.19
						1.50	0.39
						2.40	0.62
						3.00	0.78

O molhamento foi estudado através de perfis verticais' do momento de início, do momento de fim e da duração de molhamento. O perfil, para cada noite, foi traçado como desvios a partir do valor observado no nível mais baixo de medição. O valor medido no nível mais baixo é indicado numericamente e os desvios são cotejados de acordo com a escala indicada nas figuras.

Cada perfil vertical é identificado, na sua parte superior, pela noite em que o fenômeno ocorreu.

#### Análise e discussão

##### Condição de recepa recente

As observações do molhamento foliar na condição de recepa recente, realizadas de 19 a 31 de julho de 1971, compreenderam sete noites em que ocorreu a formação de orvalho.

Excluindo-se os casos de não formação de orvalho, o momento de início variou de 6.3 a 13.5 h, o momento de fim de 7.0 h a 12.0 h e a duração de 6.0 h a 15.75 h.

A Figura 1 mostra a sequência dos perfis verticais do molhamento vegetal por orvalho da face poente das plantas.

O perfil médio para o período mostra que as diferenças no momento de início foram pequenas em alturas superiores a 0.30 m, enquanto que o nível de 0.10 m mostrou um considerável atraso em consequência de não ter ocorrido orvalho, nesse nível, em 5 das 7 noites observadas. Entre os níveis de 0.30 m e 2.40 m observou-se um atraso médio no momento de início com a altura de 0.05 horas/metro, como mostra o Quadro 2. Em cada noite isoladamente, a diferença no momento de início entre dois níveis quaisquer, de 0.30 m a 2.40 m, foi o máximo de 1 hora.

A não ocorrência de formação de orvalho no nível de 0.10 m, nas cinco primeiras noites do ensaio, deve ter sido consequência da superfície do solo estar seca, pois a última precipitação havia ocorrido em 05/07/71, quatorze dias antes do início do ensaio. Nesta condição, a superfície do solo deve ter atuado como uma superfície de absorção da umidade atmosférica, não permitindo a condensação do orvalho sobre as folhas junto dela. A ocorrência de precipitações em

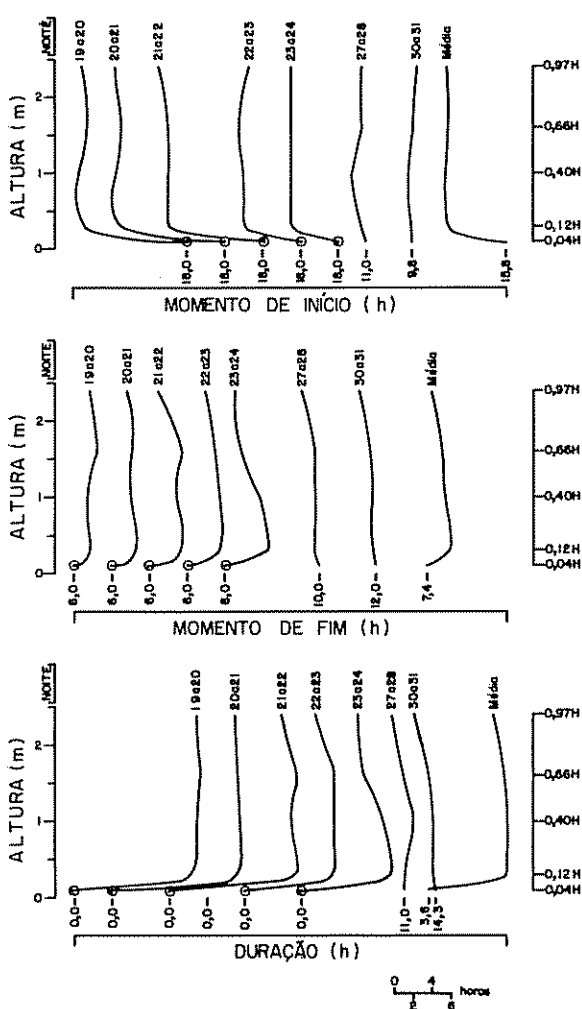


Fig. 1. Perfis verticais de momento de início, momento de fim e duração do período de molhamento vegetal por orvalho da face poente das plantas da condição de recepa recente. Os círculos indicam que não houve formação de orvalho no nível, H representa a altura média das plantas.

26, 27 e 29/07 deve ter feito com que a superfície do solo deixasse de atuar como superfície de absorção, possibilitando a formação de orvalho a 0.10 m nas duas últimas noites de ensaio. A absorção de vapor d'água pelo solo está de acordo com Geiger (2) e Monteith (3).

O momento de início médio, entre os níveis de 0.30 m e 2.40 m, atrasou-se continuamente ao longo das cinco primeiras noites de ensaio, indo de 7.0 h em 19 a 20/07 a 13.0 h em 23 a 24/07, em decorrência do afastamento da última precipitação. Esse atraso já havia sido constatado em cafezal, observando o molhamento em apenas um nível (4).

O perfil vertical médio para o período mostra que o momento de fim de molhamento atrasou-se do topo para a base das plantas. O momento de fim médio aumentou de 8.0 h a 2.40 m para 9.6 h a 0.3 m. O nível de 0.1 m mostrou o secamento médio mais cedo, mas por decorrência de não ter havido orvalho nas cinco primeiras noites. Nas duas noites em que o orvalho se formou a 0.10 m, este nível foi o último a secar, tendo se atrasado 0.4 h em relação ao nível de 0.30 m. Em termos médios, pode-se dizer que ocorreu um atraso de 0.74 h por metro de altura em direção ao solo, conforme indica o Quadro 2.

A razão do atraso no momento de fim com a aproximação do solo está no fato do topo das plantas ser a parte que recebe mais cedo e diretamente os raios solares e, de acordo com a trajetória diária do sol, os demais níveis vão se sucedendo no secamento, ocorrendo por último junto à superfície do solo, desde que tenha condensado nesse nível (4, 6).

O perfil vertical médio para o período mostra que a duração do molhamento aumentou do topo para a base das plantas. De 2.40 m para 0.30 m, a duração aumentou de 10.5 h para 12.0 h. A duração média a 0.10 m foi menor pois não ocorreu orvalho em cinco noites das sete ensaiadas, mas nas noites em que ocorreu orvalho nesse nível, a sua duração foi 0.1 h maior que no nível de 0.30 m. Pode-se pois dizer que, em termos médios, a duração do molhamento aumentou numa taxa de 0.72 h por metro de altura em direção ao solo.

Levando-se em conta as taxas de variação vertical dos parâmetros do molhamento, mostradas no Quadro 2, constata-se que as diferenças de duração foram decorrentes das diferenças no momento de fim. Este comportamento também foi observado em cultura de café, quando se comparou, em um mesmo nível, o molhamento em diferentes faces e tipos de condução de plantas (4).

Os perfis verticais do molhamento vegetal por orvalho das faces nascentes 1 e 2 são mostrados na Figura 2. O perfil médio para o período mostra que as diferenças no momento de início com a altura foram pequenas e comparáveis com as ocorridas na face poente. A linha da face nascente 1, constituída de plantas menores, apresentou o início do molhamento mais cedo, com menor taxa de variação vertical. A linha da face nascente 2 apresentou início de molhamento mais tardio, com uma taxa vertical de retardamento de 0.32 hora por metro, do topo para a base das plantas. Este valor alto deve estar associado ao efeito inibidor de formação de orvalho exercido pela proximidade do solo seco.

Quadro 2. Taxas de variação com a altura dos parâmetros do molhamento da superfície foliar do cafeeiro (horas/metro).

Condição	Face	Molhamento	Parâmetro		
			Início	Fim	Duração
Recepa Recente	Poente	Orvalho	-0.05	-0.74	-0.72
	Nascente 1	Orvalho	-0.04	-0.59	-0.54
	Nascente 2	Orvalho	-0.32	-0.47	-0.11
Recepa	Poente	Orvalho	0.08	-0.28	-0.36
Crescimento	Poente	Orvalho	0.09	-0.12	-0.21
Livre		Chuva	0.00	-1.45	-1.45

Os perfis verticais médios do momento de fim do período de molhamento indicam uma tendência do secamento ocorrer do topo para a base das plantas. As diferenças máximas entre os níveis com o secamento primeiro no nível superior foram de 2.5 horas e de 1.5 horas para as linhas nascente 1 e nascente 2, sendo que para o nível inferior secando primeiro as diferenças foram de apenas 0.25 hora. A tendência do secamento de cima para baixo ocorreu em períodos sob céu limpo quando os níveis superiores receberam primeiro a insolação, enquanto que a simultaneidade apareceu sob condições de cobertura total do céu em que o aquecimento do ar depende da energia fornecida pela superfície do solo.

A taxa média de atraso no momento de fim foi de 0.47 h/m para linha nascente 2 e 0.59 h/m para a linha nascente 1. Conforme a Figura 2, o secamento ocorreu antes na face nascente 2 que a face nascente 1, em consequência do maior sombreamento da face nascente 1.

Os perfis de duração do período de molhamento acompanharam a tendência do momento de fim, sendo decrescente com a altura. As maiores diferenças, com duração maior junto do solo, foram de 2.75 h na face nascente 1 e 0.80 h na face nascente 2. As taxas verticais de diminuição da duração com a altura foram de 0.11 h/m e 0.54 h/m para as faces nascente 2 e 1, respectivamente.

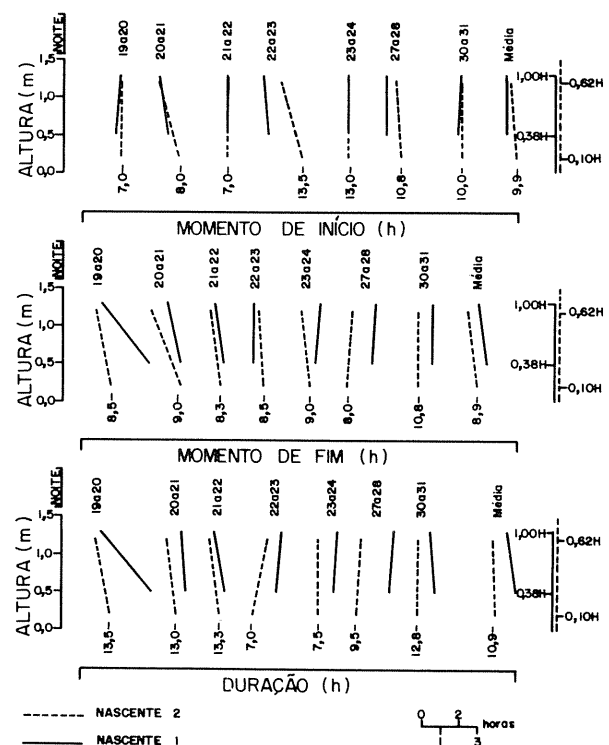


Fig. 2. Perfis verticais de momento de início, momento de fim e duração do período de molhamento por orvalho das faces nascentes 1 e 2 das plantas da condição de recepa recente. H representa a altura média das plantas.

O comportamento médio dos perfis de momento de início, momento de fim e duração do molhamento foi o mesmo tanto na face nascente como na face poente.

**Condição de recepa**

As observações do molhamento foliar na condição de recepa, face poente das linhas, realizadas de 09 de dezembro de 1971 a 18 de janeiro de 1972, abrangem oito noites com formação de orvalho.

Excluindo-se os casos de não formação de orvalho, o momento de início variou de 10.5 h a 17.0 h, o momento de fim de 4.5 h a 9.85 h e a duração de 1.5 h a 11.35 h.

A Figura 3 apresenta a sequência dos perfis verticais do molhamento.

O perfil médio apresenta uma tendência de atraso no momento de início com a altura, que em termos médios foi de 0.08 h/m. Este valor contrasta com os anteriores que indicaram um adiantamento no momento de início com altura.

Os perfis verticais de momento de fim das noites 09 a 10/12, 15 a 16/01 e 17 a 18/01, em que o secamento do orvalho ocorreu sob céu limpo ou parcialmente coberto, revelam uma tendência dos momentos atrasarem-se do topo da planta para o solo. Os perfis para dias nublados ou com o secamento durante a própria noite, como 10 a 11/12, mostram simultaneidade nos momentos ao longo do perfil. O perfil vertical médio mostra um atraso de 0.28 h/m, do topo para a base das plantas.

Os perfis verticais de duração do molhamento revelam que em três noites ocorreu igualdade ao longo do perfil e que nas cinco noites restantes o nível de 0.10 m sempre apresentou uma duração maior que o nível de 2.40 m. O perfil médio evidenciou um decréscimo de duração com a altura de 0.36 h/m.

**Condição de crescimento livre**

As observações do molhamento foliar na condição de crescimento livre foram realizadas de 19 a 31/01/72. Nesse período foi observada apenas uma noite com orvalho, de 24 a 25/01, e 12 noites com molhamento por chuva.

A Figura 4 mostra os perfis do molhamento por orvalho da noite 24 a 25/01. O molhamento iniciou-se pelos dois níveis inferiores, seguindo-lhes os níveis de 1.50 m, 2.40 m e 3.00 m, com um atraso de 15 minutos. A taxa média de atraso foi de 0.09 h/m. O secamento ocorreu sob céu sem nebulosidade, iniciou-

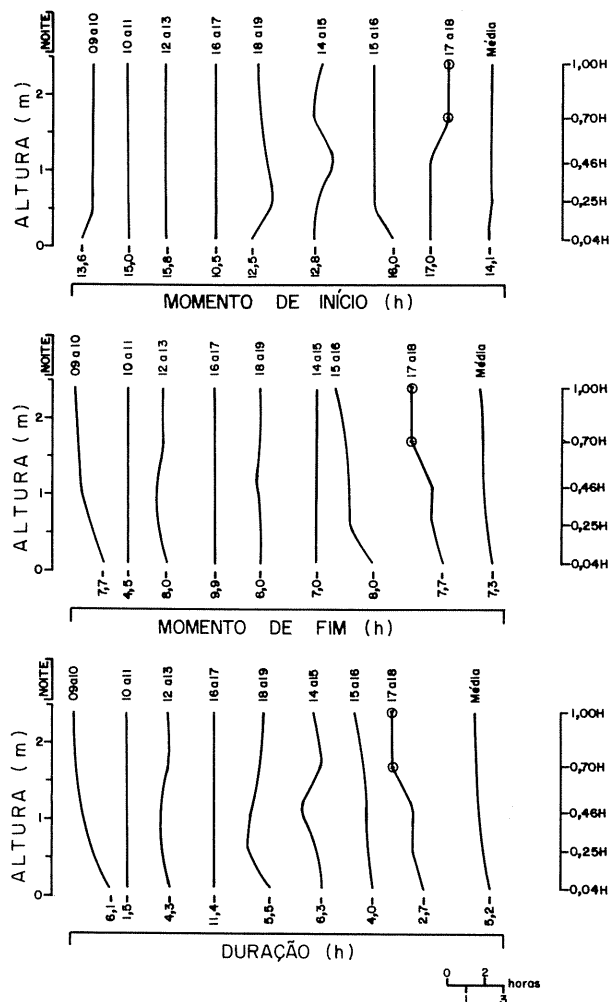


Fig. 3. Perfis verticais de momento de início, momento de fim e duração do período de molhamento vegetal por orvalho da face poente das plantas da condição de recepa. Os círculos indicam que não houve formação de orvalho no nível; H representa a altura média das plantas.

se pelo topo e atrasou-se, em direção à base das plantas, na taxa média de 0.12 h/m. Correspondentemente, a duração decresceu com a altura numa taxa de 0.21 h/m.

Nos casos de molhamento por chuva os momentos de início ocorreram simultaneamente ao longo do perfil. Desse modo, a análise de perfis verticais fica restrita aos momentos de fim do período de molhamento, parâmetro que definirá as durações. A Figura 5 mostra os perfis verticais do momento de fim dos períodos de molhamento por chuva. Os momentos de fim atrasaram-se do topo para a base das plantas, em todas as noites observadas, a não ser nos períodos em que a vegetação permaneceu molhada por mais de 24 horas, nos quais o perfil foi nulo. Casos extremos fo-

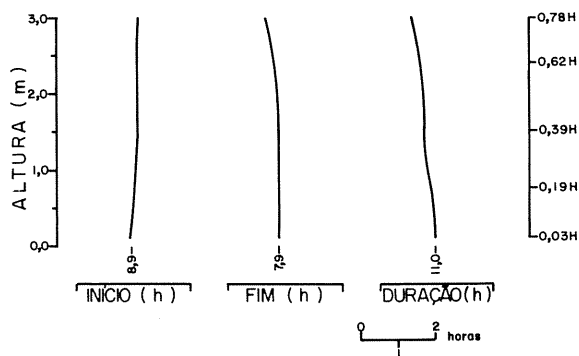


Fig. 4. Perfis verticais de momento de início, momento de fim e duração do período de molhamento vegetal por orvalho da face poente das plantas da condição de crescimento livre. H representa a altura média das plantas.

ram observados no período 21/01/72, em que o nível 0.10 m não secou antes do início do período seguinte, e 25 a 26/01/72 em que os níveis de 0.10 e 0.75 m não secaram. Durante 21 a 22/01/72 e 22 a 23/01/72 não ocorreu secamento em todos os níveis. Em consequência disso, o período total de molhamento foi superior à 60 horas. O perfil médio apresenta marcadamente a tendência de fim de molhamento se atrasar do topo para a base das plantas. A taxa média de atraso do momento de fim com a altura, que corresponde à taxa de aumento da duração, foi de 1.45 h/m.

### Medição do molhamento

Analisando os perfis verticais médios, verifica-se que ocorreu simultaneidade no momento de início do molhamento, tanto por orvalho como por chuva. Em períodos com solo seco ocorreu a inibição da formação de orvalho na superfície foliar próxima a ele. Tendo em vista que as medições foram feitas na face poente, no face nascente e em plantas com diferentes volumes foliares, os resultados mostram que esses fatores não afetaram o perfil vertical de momento de início de molhamento.

Observou-se que os momentos de fim dos períodos de molhamento, por orvalho ou por chuva, foram consequência da radiação solar direta nos dias descobertos e governados pelo aquecimento do ar pela superfície do solo em dias encobertos. Em função disso, os momentos de fim de molhamento mais tardios ocorreram na face que não recebia insolação direta, a face poente, uma vez que as linhas tinham orientação norte-sul. E nessa face, o momento de fim atrasou-se do topo para a base das plantas.

Combinando-se os dados de momento de início e de momento de fim, constatou-se que as maiores durações do molhamento, por orvalho ou por chuva,

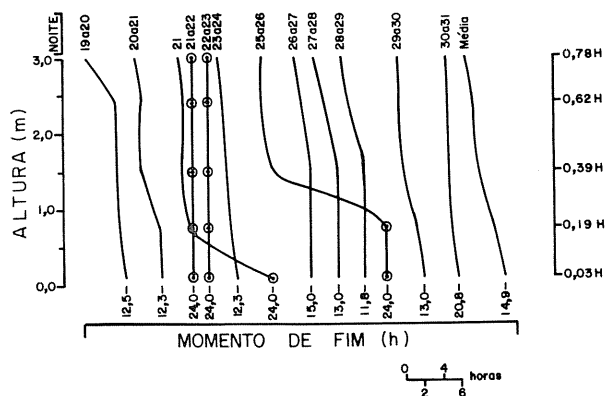


Fig. 5. Perfis verticais de momento de fim do período de molhamento vegetal por chuva da face poente das plantas da condição de crescimento livre. Os círculos indicam que não ocorreu o secamento antes das 24 horas; H representa a altura média das plantas.

ocorreram na face poente das plantas, nos níveis próximos ao solo. Na época seca do ano ocorreu inibição da formação de orvalho nos primeiros dez centímetros acima do solo.

Em consequência, as maiores durações de molhamento, por orvalho ou por chuva, devem ser observadas ou medidas na face poente das plantas ao nível de 0.30 m acima do solo, desde as linhas de plantas tenham orientações norte-sul.

### Conclusões

O desenvolvimento do presente trabalho, em cafezal cujas linhas tem orientação norte-sul e exposição oeste, instalado em terra roxa estruturada, levou às seguintes conclusões:

- O perfil vertical médio de duração do período de molhamento foliar, por orvalho ou por chuva, mostrou-se crescente do topo para a base das plantas.
- O aumento na duração do molhamento foi decorrente do atraso no momento de fim, pois as diferenças nos momentos de início foram insignificantes.
- Condições de solo seco afetaram a formação de orvalho sobre a superfície vegetal localizada nos primeiros trinta centímetros junto do solo, chegando mesmo à inibição de ocorrência do fenômeno.
- As maiores durações de molhamento por orvalho ocorreram na face poente das plantas, ao nível de 0.30 m acima do solo.

### Resumo

O presente trabalho estuda os perfis verticais do molhamento foliar de cafeeiros.

O molhamento foi observado visualmente, em várias alturas, nas faces nascente e poente de plantas sob recepa recente, na face poente de plantas sob recepa e na face poente de plantas de crescimento livre, com as linhas das plantas orientadas norte-sul.

O perfil vertical médio da duração do período de molhamento, por orvalho ou por chuva, revelou-se crescente do topo para a base das plantas, em decorrência do atraso nos momentos de fim.

Em condição de solo seco ocorreu a inibição da formação de orvalho sobre a superfície vegetal nos primeiros trinta centímetros acima do solo.

As maiores durações de molhamento por orvalho ocorreram na face poente das plantas, ao nível de 0,30 m acima do solo.

### Literatura citada

1. CHAVES, G. M. *et al.* A ferrugem do, cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.): Revisão de literatura com observações e comentários sobre a enfermidade no Brasil. Seiva (Número Especial). 1970. 75 p.
2. GEIGER, R. The climate near the ground. 3 ed. Cambridge, Harvard University Press 1965. 611 p.
3. MONTEITH, J. L. Dew: facts and fallacies. In RUTTER, A. J. and WHITEHEAD, F. H. eds. The water relations of plants. London, Blackwell Scientific Publications. 1963.
4. NASCIMENTO, F. J. L. e TUBELIS, A. Molhamento foliar em cafezal recepado e decotado. Turrialba 30(1):93-98. 1980.
5. ORTOLANI, A. A.; VIANNA, A. C. C. e ABREU, R. G. *Hemileia vastatrix* Berk & Br. Estudos e observações em regiões da África e sugestões a cafeicultura do Brasil. Ministério da Indústria e do Comércio, Instituto Brasileiro do Café, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, Relatório. 1971. 222 p.
6. WOODHEAD, T. An investigation into some micrometeorological aspects of coffee berry disease. Agricultural Meteorology 6:195-210. 1969.

## Reseña de libros

KRANZ, J., H. SCHMUTTERER y W. KOCH (eds).  
Enfermedades, Plagas y Malezas de los Cultivos  
Tropicales. Berlín y Hamburgo, Verlag Paul. 1982.  
722 p

Generalmente los libros que tratan en conjunto las enfermedades y plagas de cultivos en las zonas cálidas, les falta profundidad en los temas que tratan sobre todo en el aspecto de control; debido entre otros factores, a que han sido escritos por unos pocos autores que como es lógico no tienen suficiente experiencia en las diversas materias. Sin embargo, al analizar el contenido de este libro me sorprendió la gran cantidad (152) de autores de diferentes países, con amplia experiencia en cada uno de los temas específicos. Si bien, se hizo una cuidadosa selección tratando de tipificar los hospedantes, enfermedades, plagas y malezas, cada materia se presenta en forma concisa y con secuencia lógica, enfocando con profundidad aspectos como sintomatología, biología, ecología y control integrado; tratando sobre todo de familiarizar al lector con los problemas básicos de protección de cultivos. En este sentido es un buen texto de consulta para estudiantes, agrónomos, extensionistas, o personas involucradas en el proceso de producción, sobre todo por la excelente calidad de las ilustraciones a color y en blanco y negro. Aunque no es un libro para especialistas, puede motivar a aquellos que consideran importante tener una visión integral de los problemas de producción. Las enfermedades se agrupan según el agente causal en virus, microplasma, bacterias y hongos y los hospedantes, así como las enfermedades escogidas, representan bien la situación en el trópico, y

se describen en forma actualizada; además el nombre común se da según las normas internacionales.

La sección de enfermedades fungosas es la más amplia y se escogieron los patógenos que más problemas causan en cultivos importantes.

Como detalle interesante se incluye una clave analítica simplificada, con figuras, para clasificar especies de *Fusarium*.

Las plagas están agrupadas en órdenes y familias e incluyen insectos, nematodos, ácaros, pájaros y roedores. Aunque un buen número de las plagas que se incluyen son de oriente, se describen bastantes que son comunes en Latinoamérica y aunque el nombre común está dado por cada autor, se incluyen los sinónimos. Para cada plaga se describe la semejanza del daño con otras plagas y enfermedades, lo que ayuda para el diagnóstico en el campo, además de que se enfatiza en el control integrado.

Las malezas están agrupadas por familias botánicas y se refieren a especies de malezas individuales en terrenos arados, plantaciones y en menor extensión en campos de pastoreo. Generalmente se dan varios nombres comunes, tratando de ubicar al lector según la zona o país. Cada maleza es analizada ampliamente, haciendo énfasis en la problemática del control.

Para hacer más funcional el uso del libro, se incluye una amplia lista de libros, y bibliografía específica más asequible al lector; así como un índice sobre plagas y enfermedades por hospedantes. En fin, a pesar de ser un libro escrito concienzamente, siempre estará sujeto a objeciones por parte de personas que tienen experiencias en su región.

EDGAR VARGAS  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE ALGUNAS CARACTERISTICAS  
MORFOLOGICAS Y EL RENDIMIENTO EN FRIJOL COMUN (*Phaseolus vulgaris* L.)<sup>1</sup> /

E. AGUILAR F.\*  
F. DIAZ M.\*\*  
D. R. LAING\*\*\*

Summary

*During the second semester of 1976, four varieties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) of indetermined habit were sown at four densities; 6, 12, 14 and 48 x 10<sup>4</sup> plants/ha in a suitable site.*

*The varieties sown were Ica Pijao, Porrillo Sintético, Puebla 152 and P 006. The first two varieties are indetermined growth habit or short guide (Type II), while the others are also indetermined growth habit or long guide but not climbing (Type III).*

*The variety with the most response to plant density was Puebla 152 with a mean field of 3.12 t/ha. The variety with the lowest yield was P 006 with a mean of 2.7 t/ha. The variety Porrillo Sintético responded positively up to a density of 24 plants/m<sup>2</sup>, after which yield began to diminish.*

Introducción

Las leguminosas de grano son parte predominante de la dieta de la población de América Latina. Dentro de estas se encuentra el frijol seco (*Phaseolus vulgaris* L.), el cual tiene una amplia aceptación. La producción en América Latina es relativamente baja comparada con la de otras zonas, debido principalmente a factores tales como plagas, enfermedades, uso de riego, fertilizantes y densidades de población o siembra.

Según Pinchinat (9) en un experimento realizado en Turrialba (Costa Rica) con una variedad de frijol voluble y utilizando poblaciones que variaban de 100.000 a 400.000 plantas/ha, se obtuvieron los más altos rendimientos en la densidad de 100.000 plantas/ha (3.4 t/ha).

Leakey (5) comparó las variedades de hábito determinado "Banja" y "Diacol Nima" a una densidad de 5.4 y 32.3 plantas/m<sup>2</sup> y con cuatro niveles de fertilización. Las dos variedades se comportaron similarmente. Encontró que el rendimiento está determinado en un 85.7% y 86.1% para Diacol Nima y Banja respectivamente por el número de las vainas por planta.

En un experimento realizado por Aguilar (1) en Morelos, México, con una variedad de hábito indeterminado (Michoacán 12-A-3), se obtuvo un rendimiento de 3.96 t/ha con una población de 28.8 plantas/m<sup>2</sup>. Los cambios de densidad de población en diferentes épocas causaron diferencias en el rendimiento y en la distribución del peso seco. Cuanto más tarde se estableció la densidad de población, la producción del peso seco total por m<sup>2</sup> estuvo más relacionada con la densidad.

Edje *et al.* (4), trabajando con cinco variedades indeterminadas de frijol a tres densidades de siembra, esto es 74 070, 37 040 y 24 090 plantas/ha, obtuvieron un rendimiento de 1 965, 1 988, 1 620 kg/ha respectivamente; encontraron además que la mayor producción por planta (g/planta) fue obtenida de la más baja población.

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 11 de noviembre de 1982. Los autores agradecen la colaboración prestada por el CIAT para la realización de esta investigación.

\* Universidad Tecnológica de Pereira – Pereira Colombia

\*\* Universidad del Valle – Cali Colombia

\*\*\* Centro Internacional de Agricultura



Appadurai *et al.* (2) trabajaron en dos experimentos sobre densidades con tres variedades determinadas, con una distancia entre surcos de 30.5 cm y entre plantas a distancias diferentes; obtuvieron que a una distancia de 7.5 cm entre plantas, el rendimiento fue superior a todas las otras densidades. El índice de área foliar (AF) fue mayor en las distancias cortas y se asoció con los altos rendimientos. Las distancias cortas hicieron disminuir el número y el peso de las vainas por planta pero proporcionaron altos rendimientos por ha, incremento que compensó ampliamente la reducción en rendimiento por planta.

Bastidas *et al.* (3) en un ensayo con una variedad indeterminada ICA TUI con seis poblaciones, encontraron que la población de 220 000 plantas/ha parece ser la más indicada para obtener una buena producción. Ellos encontraron que al aumentar el grado de competencia entre plantas, la altura aumenta, pero el rendimiento por planta y el número de vainas por planta disminuye.

El objeto de la presente investigación fue determinar los efectos que presenta la densidad de siembra sobre el rendimiento y algunos caracteres morfológicos en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.).

#### Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo durante el segundo semestre de 1976, en un lote de textura arcillosa, con un buen nivel de fertilidad, ubicado en las instalaciones del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) cerca a Palmira en el Valle del Cauca, Colombia. El sitio está localizado a 3° 27'21" LN y 76° 26'10" LW a una altura de 1 006 m sobre el nivel del mar con lluvia promedio anual de 1 124 mm y una temperatura promedio de 23.9°C.

Se ensayaron cuatro densidades de siembra a saber 60 000, 120 000, 240 000 y 480 000 plantas por ha. Las densidades se establecieron al raleo que se efectuó 15 días después de la emergencia. El tamaño de la parcela experimental fue de 24 m<sup>2</sup> para cada una de las variedades.

Las variedades evaluadas fueron Ica Pijao (Colombia), Porrillo Sintético (Honduras), Puebla 152 (México) y P 006 (USA), perteneciendo las dos primeras al tipo de crecimiento II o sea guía corta y las dos últimas al tipo de crecimiento III o guía larga pero no trepadora.

Las semillas fueron previamente tratadas con Arzán; como herbicida preemergente se aplicó una mez-

cla de Afalón Preflorán a razón de 1 kg y 7 litros por hectárea respectivamente. La siembra se hizo en camas de 1 metro de ancho y 56 cm de cresta, colocando dos surcos por cama a una distancia de 35 cm.

Se llevó una cronología del desarrollo del cultivo tomando en consideración los siguientes datos: día de siembra, días a emergencia, días a floración, días a fructificación, días a madurez fisiológica y días a cosecha.

En la época de máxima área foliar (8 días después de floración) se hizo un muestreo de 1 m<sup>2</sup> por variedad y densidad, para determinar el área foliar y el peso de materia seca. Para determinar el rendimiento, a la época de cosecha se colectó una área de 10 m<sup>2</sup> teniendo en cuenta el número de plantas en el área. Además se tomó una muestra de 1 m<sup>2</sup> para analizar los componentes del rendimiento.

Los componentes analizados fueron:

Índice de área foliar.

Número de vainas en las ramas y en el tallo principal.

Número de semillas en las ramas y en el tallo principal.

Tamaño de las semillas.

Número de semillas por vaina.

Número de vainas por m<sup>2</sup>.

Número de semillas por m<sup>2</sup>.

Peso seco total.

El diseño experimental empleado fue el de parcelas divididas con 4 replicaciones por variedad donde el efecto mayor fue la variedad y el efecto menor la densidad de siembra. Los análisis estadísticos fueron realizados en la sección de biometría del CIAT.

#### Resultados

Durante el ciclo de cultivo (agosto-octubre de 1976) las condiciones de temperatura fueron en general normales (temperatura promedio 23.8°C), pero la precipitación fue muy baja, por lo cual hubo necesidad de aplicar riego por gravedad.

En el Cuadro 1 figura el ciclo de desarrollo de cada una de las variedades, presentando un comportamiento muy parecido en términos generales, o sea que no hay aparentemente, diferencias en cuanto al hábito de crecimiento.

Cuadro 1. Datos fenológicos de las cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas bajo condiciones de campo. Tomados en días a partir de la fecha de siembra.

Variedad	Floración	Inicio del llenado de la vaina	Cosecha
Ica Pijao	31	43	91
Porrillo Sintético	32	42	84
Puebla 152	32	44	92
P 006	31	42	90

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de rendimiento y otros parámetros evaluados. La variedad que respondió mejor al efecto de la densidad de siembra fue Puebla 152 (P498), pues mostró una gran capacidad de competencia con un rendimiento bien distribuido (Figura 1). La variedad que siguió en respuesta fue la Ica Pijao (P 675) la cual mostró un comportamiento positivo en todas las densidades. En las dos variedades anteriores el aumento en el rendimiento estuvo asociado con el aumento en el número de vainas por m<sup>2</sup> y con el número de semillas por m<sup>2</sup>; sin embargo, en la variedad Puebla la asociación más grande fue con el tamaño de las semillas (Figura 2).

Las variedades que mostraron menor respuesta a las densidades evaluadas fueron Porrillo Sintético y P 006; en Porrillo la respuesta fue positiva hasta una densidad de 24 plantas/m<sup>2</sup>, a partir de esta densidad el rendimiento disminuye, fenómeno asociado con la merma en el número de vainas por m<sup>2</sup> y con el número de vainas por m<sup>2</sup> y con el número de semillas por vaina (Figuras 1, 3 y 4).

La variedad P 006, tuvo respuesta positiva a la densidad de siembra, pero su rendimiento fue relativamente bajo. El aumento en rendimiento de esta variedad estuvo asociado con el aumento en el número de vainas por m<sup>2</sup> (Figura 1 y 3); sin embargo el tamaño de las semillas fue el más pequeño entre todas las variedades (Figura 2).

En la Figura 3 se presenta el número de vainas por m<sup>2</sup> en relación a la densidad de siembra, mostrando para las variedades Ica Pijao y Puebla 152 un comportamiento muy similar en cuanto a respuesta. Las variedades P 006 y Porrillo Sintético muestran a la vez, una tendencia igual en lo referente al número de vainas, siendo mayor el número de vainas por m<sup>2</sup> para la variedad P 006 a 48 plantas por m<sup>2</sup>.

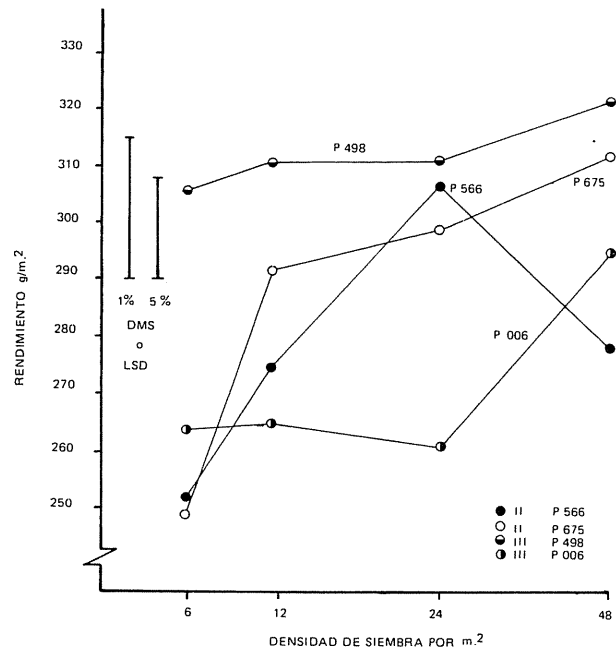


Fig. 1. Rendimiento en g/m<sup>2</sup> de las variedades de frijol Porrillo Sintético (566) Puebla 152 (P 498), ICA Pijao (P 675) y P 006.

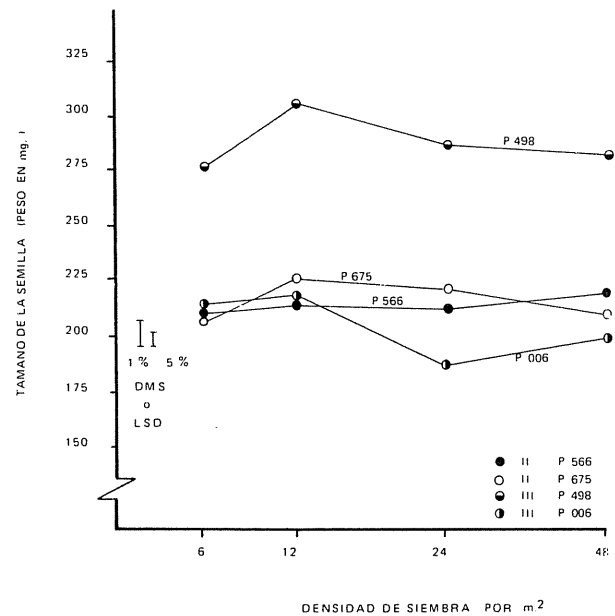


Fig. 2. Tamaño de semillas, peso seco en mg de las variedades de frijol Porrillo Sintético (P 566), Puebla 152 (P 498), ICA Pijao (P 675) y P 006.

El número de semillas por vaina de las cuatro variedades, muestra una tendencia igual entre las variedades Ica Pijao, Porrillo Sintético y Puebla 152; mientras que la variedad P 006 muestra una tendencia diferente al final de la gráfica (Figura 4).

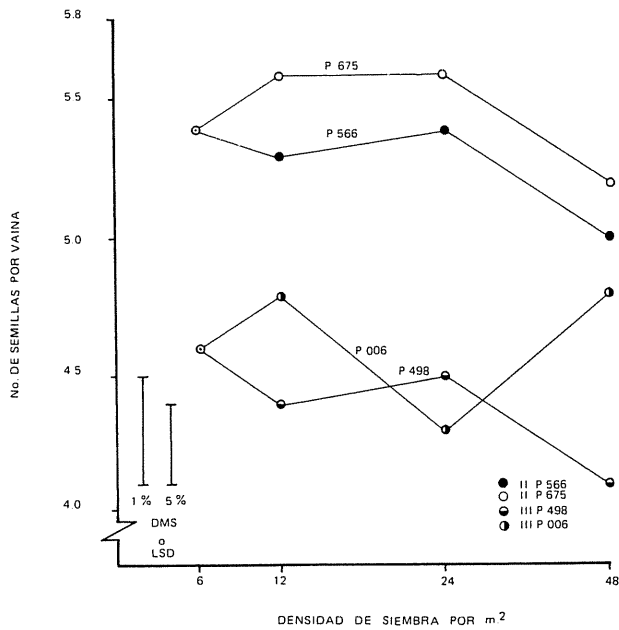


Fig. 3. Número de vainas por  $m^2$  de las variedades de frijol Porrillo Sintético (P 566), Puebla 152 (P 498), ICA Pijao (P 675) y P 006.

Teniendo en cuenta que se evaluaron dos hábitos de crecimiento se observó diferencias, aunque no muy marcadas, en el número de semillas/vaina, índice de área foliar, tamaño de las semillas e índice de cosecha. El valor más alto en el índice de cosecha lo mostró la variedad Puebla 152, lo que indica mejor repartición en el peso de la materia seca, favoreciendo el peso seco de las semillas (Cuadro 2).

### Discusión

Teniendo en cuenta los resultados se puede en general afirmar que la variedad Puebla 152 presenta gran potencial de rendimiento debido a su capacidad intrínseca de competencia.

Algunas de las diferencias observadas son probablemente debidas al factor hábito de crecimiento que es un factor determinado genéticamente. Paniagua *et al.* (8) indican que en frijol el hábito de crecimiento es la característica más importante en la determinación del comportamiento varietal en casi todos los ambientes.

Los factores que más influyeron en el rendimiento fueron: número de vainas por  $m^2$ , tamaño de las semillas y número de semillas por  $m^2$ . Mézquita (6), Ramahlo *et al.* (10) y Leakey (5) señalan que el rendimiento siempre está asociado con el número de vainas por planta, el número de semillas por vaina y el tamaño de las semillas.

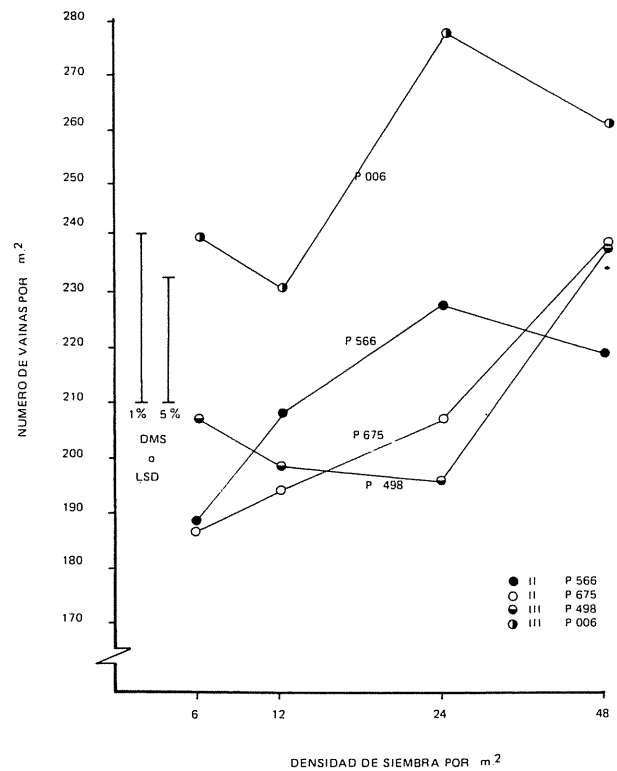


Fig. 4. Número de las semillas por vaina de las variedades de frijol Porrillo Sintético (P 566), Puebla 152 (P 498), ICA Pijao (P 675) y P 006.

En la variedad Puebla 152 el tamaño de las semillas fue la variable que más asociación mostró con el rendimiento, mientras que en las otras variedades la asociación fue más fuerte con el número de vainas por  $m^2$ .

En general se puede afirmar que la densidad de siembra hace que el rendimiento varíe de acuerdo con la respectiva densidad y que la respuesta sea variable dependiendo de la variedad.

El rendimiento por planta es mayor a bajas densidades, disminuyendo a medida que aumenta ésta (Cuadro 2) dato previamente confirmado por Appadurai (2) y Neto (7), quienes afirman que frijol sembrado a espacios pequeños entre plantas, el número de vainas por planta y el peso de las vainas disminuye, pero aumenta el rendimiento por área sembrada.

El número de ramas por planta es mayor a densidades bajas, concentrándose el mayor rendimiento en éstas. Cuando aumenta la densidad de siembra disminuye el número de ramas por planta, lo mismo que el número de vainas y semillas en las ramas, pero aumentan a la vez en el tallo principal (Cuadro 3). En las variedades Ica Pijao, Porrillo Sintético y

Cuadro 2. Rendimiento y otros parámetros fisiológicos de *Phaseolus vulgaris* cultivado bajo 4 densidades de siembra; 6, 12, 24, 48 plantas/m<sup>2</sup> (segundo semestre 1976).

Variedad	D	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	V/m <sup>2</sup>	S/V	T.S.	I.C.	I.A.F.	N.S.	P.S.T.
Ica Pijao	6	249	43.10	188	5.4	210	67	2.22	1 021	370
P 675	12	292	36.90	196	5.6	225	67	3.32	1 114	432
	24	299	17.73	210	5.6	220	68	2.96	1 171	436
	48	312	7.21	243	5.2	214	65	3.84	1 264	477
	$\bar{X}$	288	26.24	209	5.4	217	67	3.09	1 142.5	429
Porrillo Sintético	6	252	44.47	189	5.4	211	66	1.95	1 027	379
P 566	12	275	23.47	210	5.3	213	68	3.18	1 118	402
	24	307	13.12	230	5.4	210	67	2.91	1 260	452
	48	278	6.02	223	5.0	217	63	3.37	1 110	437
	$\bar{X}$	278	21.77	213	5.3	213	66	2.85	1 128.7	417
P 006	6	264	46.83	240	4.6	214	68	1.61	1 075	386
	12	265	23.80	232	4.8	211	70	2.06	1 106	379
	24	261	12.05	295	4.4	187	66	2.79	1 203	401
	48	295	7.42	260	4.8	201	71	2.77	1 266	414
	$\bar{X}$	271	22.52	256.7	4.6	203	69	2.31	1 162.5	395
Puebla 152	6	306	57.15	208	4.6	276	77	1.87	958	392
P 498	12	311	33.60	199	4.4	306	77	2.82	878	402
	24	310	13.90	197	4.5	284	71	2.34	902	415
	48	322	8.24	241	4.1	282	72	2.14	988	446
	$\bar{X}$	312	28.22	211	4.4	287	74	2.29	931.5	414
TOTAL	$\bar{X}$	286.78	24.69	222.4	4.97	230.4	69.5	2.63	1 091.3	414
PF Var.		0.1714	0.1034	0.0790	0.0038	0.0002	0.0686	0.0014	0.0001	0.1280
PF Densidad		0.0071	0.0001	0.0073	0.3389	0.0672	0.2563	0.0001	0.0001	0.0021
PF Var Dens		0.1512	0.3528	0.3711	0.6342	0.2243	0.4397	0.0698	0.0782	0.7138
LSD al 5%		18.7	8.80	23.22	0.33	10.53	0.03	0.35	69.02	31.10
LSD al 1%		25.11	7.79	31.14	0.44	14.12	0.04	0.47	91.91	41.70

D = Densidad o número de plantas por m<sup>2</sup>; R<sub>1</sub> = Peso de las semillas en g/m<sup>2</sup> al 14% de humedad; R<sub>2</sub> = Rendimiento peso seco (g/m<sup>2</sup>) de las semillas por planta; V/m<sup>2</sup> = Número de vainas por m<sup>2</sup>; S/V = Promedio de semillas por vaina; T.S. = Tamaño de la semilla expresada en peso de las semillas en mg; I.C. = Índice de cosecha o peso seco de las semillas/peso seco total; I.A.F. = Área foliar por m<sup>2</sup> 8 días después de floración; N.S. = Número de semillas por m<sup>2</sup>; P.S.T. = Peso seco total en g/m<sup>2</sup>

P 006 el número de semillas en las ramas disminuye desde 78% al 12% por el efecto de la densidad de siembra; a estas mismas densidades el número de semillas en el tallo aumenta desde 21% hasta 88%, igual situación se presenta con el número de vainas (Cuadro 3). Esto muestra que a medida que se aumenta la densidad de siembra el rendimiento se va concentrando en el tallo principal. Sin embargo en la variedad Puebla 152 la tendencia es más o menos igual pero el cambio en los valores de los porcentajes no es tan drástico, así se ve que el número de vainas en las ramas desciende desde 93% hasta 51.5% y en el tallo aumenta desde 6.7% hasta 48.5. En cuanto

al número de semillas en la variedad Puebla 152 en las ramas desciende desde 94% a 49% y a la vez en el tallo principal aumenta desde 6% hasta 51%; esto muestra que la densidad de siembra en la variedad Puebla hace que el rendimiento esté balanceado entre las ramas y el tallo principal (Cuadro 3)

El índice de cosecha en la variedad Puebla muestra el valor más alto entre todas las variedades (Cuadro 2). Esto señala que esta variedad es más eficiente en la acumulación de peso seco en las semillas, lo cual está muy relacionado con su mayor rendimiento.

Cuadro 3. Número de vainas y semillas en las ramas y en el tallo principal en frijol (*Phaseolus vulgaris*) cultivados en cuatro densidades de siembra 6, 12, 24 y 48 plantas por metro cuadrado.

Variedad	Densidad siembra planta/m <sup>2</sup>	No. vainas en ramas por m <sup>2</sup>	%	No. vainas en tallo princ. por m <sup>2</sup>	%	No. semillas en ramas por m <sup>2</sup>	%	No. semillas en tallo princ. por m <sup>2</sup>	%
Ica Pijao (P 675)	6	139	73.9	49	26.1	740	72.5	281	27.5
	12	103	52.6	93	47.4	611	54.8	503	45.2
	24	67	31.9	143	60.1	344	29.4	827	70.6
	48	36	14.8	207	85.2	151	12.0	1 113	88.0
Porrillo Sintético (P 566)	6	136	72.0	53	28.0	734	71.5	293	28.5
	12	110	52.4	100	47.6	609	54.5	509	45.5
	24	56	24.3	174	75.7	318	25.2	942	74.8
	48	26	11.7	197	88.3	134	12.0	976	88.0
P 006	6	167	69.5	73	30.5	840	78.1	35	21.9
	12	141	60.8	91	39.2	674	60.9	432	39.1
	24	155	52.5	140	47.5	582	48.4	621	51.6
	48	97	37.3	163	62.7	455	36.0	811	64.0
Puebla 152 (P 498)	6	194	93.3	14	6.7	901	94.0	57	6.0
	12	164	82.4	35	17.6	730	83.1	148	16.9
	24	113	57.4	84	42.6	514	57.0	388	43.0
	48	124	51.5	117	48.5	484	49.0	504	51.0

Las variedades fueron: Ica Pijao, Porrillo Sintético, Puebla 152 y P 006. Las dos primeras variedades corresponden al tipo de crecimiento II o sea indeterminado de guía corta, mientras que las dos últimas pertenecen al tipo de crecimiento III o de guía larga pero no trepadora. La variedad que mejor respondió fue Puebla 152 con un rendimiento promedio para las cuatro densidades de 3.12 toneladas por hectárea; la variedad de menor rendimiento fue la P 006 con un promedio para las cuatro densidades de 2.71 toneladas por hectárea.

La variedad Porrillo Sintético respondió positivamente a la densidad hasta una población de 24 plantas por m<sup>2</sup>, a partir de esta población el rendimiento disminuyó.

El índice de área foliar tiene el valor más bajo en la variedad Puebla 152 (Cuadro 2), siendo una característica deseable, ya que posiblemente un exceso de área foliar sea contraproducente pues crea auto-sombreado con lo cual baja la tasa fotosintética y por lo tanto el rendimiento. Stang (11) indica que plantas de frijol con mayor área foliar en el periodo reproductivo tuvieron siempre un menor rendimiento

### Resumen

Durante el segundo semestre de 1976, se sembraron cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de hábito indeterminado en cuatro densidades de siembra a saber 6, 12, 24, 48 x 10<sup>4</sup> plantas por hectárea, en un terreno adecuadamente fertilizado e irrigado con un buen control de malezas, plagas y enfermedades.

### Literatura citada

1. AGUILAR, M. I. Efecto de la competencia entre plantas y su eliminación sobre el rendimiento y sus componentes en *Phaseolus vulgaris* L. variedades Michoacán 12-A-3. Tesis M. Sc. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1975.
2. APPADURAI, R. R., RAJAKARUMA, S. B. y GUNASEÑA, H. Effect of spacing and leaf area on pod yield of kidney bean (*Phaseolus vulgaris*). Indian Journal of Agricultural Science 37(1):22-26. 1967.

3. BASTIDAS, R. G. y CAMACHO, L. H. Competencia entre plantas y su efecto en el rendimiento y otras características del frijol caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) Acta Agronómica 19(2):60-98. 1968.
4. EDJE, O. T., AYONOAUDU, U. W. y MUGHOGHO, L. K. Response of indeterminate beans to varying plant population. Turrialba 24(1):100-103. 1974.
5. LEAKEY, C. L. A. The effect of plant population and fertility level on yield and its components in two determinate cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. Journal of Agricultural Science 79:259-267. 1972.
6. MEZQUITA, B. E. Influencia de algunos componentes morfológicos en el rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Tesis M. Sc. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1973.
7. NETO, A. T., KOO, F. K. S. y CUEVAS-RUIZ, J. Influence of plant competition and pod position on seed yield components and protein content in beans. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 62(2):187-190. 1978.
8. PANIAGUA, G. Identification and stability analysis of traits important to yield of bean in associate culture. Ph.D. Thesis. East Lansing, Michigan State University, 1977.
9. PINCHINAT, A. M. Rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) según la densidad y distribución espacial de siembra. Turrialba 21(2):173-175. 1974.
10. RAMALHO, M. A., ANDRADE, L. A. de B. y TEXEIRA, N. C. S. Correlações genéticas y fenotípicas entre caracteres do feijao (*Phaseolus vulgaris*). Ciência e Practica 3(1):63-70. 1979.
11. STANG, J. R. Response of bush snap bean cultivar (*Phaseolus vulgaris*) to plant population densities. Ph.D. Thesis. Corvallis, Oregon State University, 1976.

## Reseña de libros

YASUJI ASADA, W. R. BUSHNELL, SEIJI OUCHI y C. P. PANCE. eds. *Plant Infection. The Physiological and Biochemical Basis*. Springer-Verlag, New York, 1982. 362 p. \$ 52.60.

Ha sido siempre una constante preocupación para el fitopatólogo investigador y docente, el mantenerse informado de los nuevos conocimientos acerca de la fisiología de parasitismo; no obstante se encuentra con la limitación de que esta información es abundante y dispersa, generada por especialistas que disponen no solo de una tecnología muy avanzada, sino también de equipo humano muy eficiente. Así han surgido las llamadas escuelas, promovidas por uno o varios investigadores en países, universidades o institutos.

Este libro contiene las memorias de un seminario celebrado en Minnesota en 1981 (el cuarto en su género), para tratar de entender la naturaleza de la especificidad y la comunicación bioquímica entre el hospedante y el patógeno, así como conmemorar el retiro y conocer los aportes en este campo de los renombrados científicos japoneses K. Tomiyama e I. Uritani de la Universidad de Nagoya. El texto incluye las relaciones primarias entre el hospedante y el patógeno, con énfasis en la formación de la pápila y agregados citoplasmáticos en la célula hospedante, fenómeno

que comienza a llamar la atención de los investigadores como una de las formas de conocimiento bioquímico mutuo entre ambos organismos. Por influencia de la escuela japonesa, pioneros en los estudios de las fitoalexinas, se analiza ampliamente su función en la resistencia, así como los elementos inductores del mutuo reconocimiento, que permite la acumulación de fitoalexinas en un sistema gene por gene, para tratar de explicar la especificidad a la enfermedad y la resistencia, para lo cual han propuesto modelos. Se presenta un nuevo enfoque del papel de las toxinas no solo como reguladores de alteraciones metabólicas en plantas, sino como determinantes de patogenicidad y virulencia en el patógeno, y su significado en la epidemiología. Un tema que resulta sumamente interesante es el de la inmunización por las posibles aplicaciones prácticas en el combate de enfermedades en plantas, es decir, ya no es un tema esotérico; así como la susceptibilidad inducida por otros patógenos.

El contenido del libro plantea más interrogantes que soluciones, pero provee una información resumida, ordenada y comprensible, de todo lo que se ha investigado y publicado acerca de las bases fisiológicas de la infección, incluyendo nuevos conocimientos, aun sin publicar. Para algunos parecerá una información muy académica, no obstante genera ideas para investigar aspectos que podrían tener aplicación en los procesos de producción.

EDGAR VARGAS  
FACULTAD DE AGRONOMIA,  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA DISTRIBUCION DE MATERIA SECA  
EN LA PLANTA DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)<sup>1</sup>

F. DIAZ M.\*  
E. AGUILAR\*\*

Summary

*The purpose of this study was to evaluate the effect of sowing at four different densities on the production of dry weight per square meter, dry weight per plant, and relative distribution of dry weight among different parts of the plant in four varieties of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). The four varieties were sown at 6, 12, 24 and 48 plants per square meter; plants were selectively removed 15 days after emergence to achieve these densities. The plot dimension was 24 m<sup>2</sup>; the statistical design used was a split plot with four replications per variety, where the major effect was the variety and the minor effect was the density. In the harvest period, 10 m<sup>2</sup> per variety were sampled and one additional sample of 1 m<sup>2</sup> was taken for studying only the yield components. This material was dried and the following were recorded: a) Dry weight of vegetative aerial structures, b) Dry weight of reproductive structures (pods and seeds), c) Dry weight of roots*

*As sowing density increased, total dry weight per area increased, but dry weight per plant decreased; weight reduction was greatest in the reproductive structures (pods and seeds). Relative weight of branches increased at higher densities, but relative weight of the main stem remained constant. As sowing density increased, relative weight of green leaves, pods and seeds produced on branches decreased, but the relative weight of the same structures produced on the main stem increased.*

Introducción

**E**n forma general se encuentra que a medida que aumenta el número de plantas de frijol por unidad de área de siembra, el peso seco por planta disminuye; esta disminución en peso seco está acompañada de una disminución en el peso seco de las semillas por planta, y el rendimiento baja.

Cuando la densidad es alta, se incrementan los valores de índice de área foliar, pero éstos no siempre se correlacionan positivamente con el rendimiento del grano. Cuando la densidad es menor, las plantas

presentan valores más altos de área foliar, lo que se traduce en mayor rendimiento por planta, sin embargo este mayor rendimiento por planta, en muchos casos no alcanza a compensar la capacidad productiva de poblaciones mayores (10).

Escalante (9) trabajando con frijol, encontró que el rendimiento y la producción de materia seca total por planta, mostraron valores más altos en bajas densidades de población y que estos valores tendían a disminuir conforme se incrementaba la densidad; en esta misma línea Lugo-López *et al.* (16) encontraron que cuando en frijol, la distancia de siembra entre las plantas se disminuyó, el peso de éstas y de las vainas disminuyó.

En frijol, el rendimiento de semillas por metro cuadrado fue significativamente mayor a una alta densidad de plantas; se atribuyó el incremento en el rendimiento de semillas por planta, parcialmente al número de vainas y parcialmente a un mayor índice de área foliar, Mahatanya (18).

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 17 de noviembre de 1982.  
Los autores agradecen la colaboración prestada por el CIAT, en la realización de esta investigación.

\* Departamento de Biología — Universidad del Valle, Cali, Colombia

\*\* Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia



Alvim y Alvim (1) usaron frijol, y encontraron que a medida que aumenta la densidad poblacional el peso seco y el área foliar por planta disminuyeron. Magalhaes y Montojos (17) señalan que cuando se siembra frijol, en regiones de alta iluminación, se incrementa el peso seco por planta y que esto se debe básicamente a un incremento en el índice de área foliar, sin embargo, Stang (22) informa que las plantas de frijol que mostraron mayor área foliar durante el periodo reproductivo tenían menor rendimiento de vainas.

Westermann y Crothers (24) informan que en frijol, en las variedades determinadas el número de semillas por vaina y el peso de las semillas aumenta a medida que la densidad de siembra disminuye.

Estudiando el efecto de la densidad de siembra, Escalante (9) muestra que en frijol hay un mecanismo de compensación entre el rendimiento por planta y el número de plantas por metro cuadrado, y opera de tal forma, que a menor número de plantas por metro cuadrado mayor rendimiento por planta; igualmente González (12) señala, que en frijol los componentes del rendimiento se compensan; por tanto, las características que individualmente no tienen estrecha relación con el rendimiento, en conjunto influyen sobre el producto final.

El objeto del presente trabajo fue el de estudiar el efecto de cuatro densidades de siembra en la distribución de materia seca en plantas de cuatro cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris*), dos cultivares de hábito II (Ica Pijao y Porrillo Sintético) y las otras dos de hábito III (Puebla 152 y P 006).

### Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el año de 1976, en un terreno de textura arcillosa pesada, con buenos niveles de fertilización y localizado en la granja experimental del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) en el Municipio de Palmira, Colombia.

El centro está situado a 3° 27' 21" latitud norte y 76° 26' 10" latitud oeste, a una altura de 1 006 m sobre el nivel del mar. La pluviosidad anual promedio es de 1 124 mm y la temperatura promedio de 23.9°C. Se ensayaron cuatro densidades de siembra, a saber: 6, 12 y 48 plantas por m<sup>2</sup> (60 000, 120 000, 240 000 y 480 000 plantas por ha). Las densidades se establecieron al raleo, el cual se efectuó 15 días después de la brotación. El tamaño de la parcela fue de 24 m<sup>2</sup>. El diseño estadístico usado fue el de parcelas divididas en cuatro replicaciones por variedad, donde el efecto mayor fue la variedad y el efecto menor la densidad de siembra.

Las variedades estudiadas fueron Ica Pijao (Colombia), Porrillo Sintético (Honduras), Puebla 152 (México) y P 006 (EE. UU.); las dos primeras variedades pertenecen al tipo II o sea crecimiento indeterminado de guía corta y las dos últimas al tipo III, de crecimiento indeterminado y guía larga pero no trepadora. Antes de la siembra las semillas fueron tratadas con arazán y al suelo se le aplicó como herbicidas pre-emergentes una mezcla de Afalón-Preflorán en una dosis de 1 kg y 7 litros por hectárea respectivamente. La siembra se hizo en camas de 1 m de ancho y 56 cm de cresta, colocando dos surcos por cama a una distancia de 35 cm.

Para este estudio, en la época de cosecha se muestrearon 10 m<sup>2</sup> por variedad; además se tomó una muestra adicional de 1 m<sup>2</sup> para estudiar solamente los componentes del rendimiento. En el momento del muestreo se recogió del suelo todo el material vegetativo y reproductivo que se hubiesen desprendido de las plantas; este material fue secado en una estufa a 90°C hasta peso seco constante.

Las variables analizadas fueron:

#### a) Estructuras vegetativas aéreas.

1. Peso seco del tallo principal y de las ramas.
2. Peso seco de las hojas verdes en el tallo principal y en las ramas.
3. Peso seco de las hojas amarillas.
4. Peso seco de los peciolo.

#### b) Estructuras reproductivas

1. Peso seco de las vainas en el tallo principal y en las ramas.
2. Peso seco de las semillas en el tallo principal y en las ramas.

#### c) Raíces

1. Peso seco de las raíces.

### Resultados y discusión

Durante el tiempo de ensayo las condiciones de temperatura fueron normales, con un promedio de 23.8°C, pero las condiciones de precipitación fueron bajas (10 mm en promedio) por lo cual fue necesario aplicar riego por gravedad. En el Cuadro 1 se muestran los promedios de pesos de las estructuras vege-

Cuadro 1. Promedio de los pesos secos de las estructuras vegetativas y reproductivas en cuatro cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris*) sembrados a cuatro densidades. Datos en gramos por metro cuadrado.

Variedad	Densidad pl/m <sup>2</sup>	PRS g/m <sup>2</sup>	PSTR g/m <sup>2</sup>	PSHV g/m <sup>2</sup>	PSV g/m <sup>2</sup>	PSS g/m <sup>2</sup>	PSPe g/m <sup>2</sup>	PSHA g/m <sup>2</sup>	PST g/m <sup>2</sup>
Ica Pijao (II)	6	11.8	190.0	86.7	59.6	214.2	29.9	4.3	597.0
	12	19.2	268.0	106.6	66.7	251.2	42.0	19.9	773.6
	24	21.2	265.2	102.0	68.5	257.2	42.1	18.7	774.9
	48	25.2	333.6	123.6	71.0	269.1	53.2	30.4	904.8
Porrillo Sintético (II)	6	12.5	187.4	72.6	72.1	217.1	29.3	6.8	597.7
	12	16.9	251.2	106.2	71.3	236.6	41.1	15.7	739.0
	24	22.0	275.2	110.4	79.7	264.0	43.8	12.7	807.8
	48	23.9	310.0	108.9	73.4	239.3	51.2	24.7	831.4
P 006 (III)	6	10.4	196.9	88.7	84.3	212.0	29.5	3.2	625.0
	12	11.4	230.0	95.1	77.0	228.1	36.4	7.5	685.5
	24	13.0	278.4	123.3	77.6	225.0	39.0	19.5	775.8
	48	16.0	288.0	114.0	70.6	224.6	51.8	30.2	795.2
Puebla 152 (III)	6	6.6	163.1	79.9	62.2	263.2	29.5	10.0	614.5
	12	8.4	217.5	101.3	60.2	267.6	36.5	13.8	705.3
	24	9.5	282.3	127.5	58.3	269.3	44.6	19.5	810.9
	48	13.4	331.8	139.5	65.6	277.4	51.8	25.1	904.6

PSR = Peso seco de las raíces.

PSS = Peso seco de las semillas.

PSTR = Peso seco del tallo principal y las ramas.

PSPe = Peso seco de los peciolos.

PSHV = Peso seco de las hojas verdes.

PSHA = Peso seco de las hojas amarillas.

PSV = Peso seco de las vainas (pericarpio).

PST = Peso seco total de las estructuras.

tativas y reproductivas. Como se observa en el Cuadro 1, a medida que aumenta la densidad de siembra aumenta el peso seco total por m<sup>2</sup> en todas las variedades; al realizar el análisis de varianza para esta medida se encontraron diferencias altamente significativas para el efecto de densidad, lo que señala respuestas diferentes en cada una de las variedades. La mayor parte del peso seco total está aportado por las ramas, el tallo principal y las semillas; estas tres estructuras alcanzan en promedio un 68% del peso seco total y las demás estructuras, hojas verdes, hojas amarillas, peciolos y vainas, aportan el restante 32% (Figuras 1, 2, 3 y 4).

El peso del tallo principal y ramas (PSTR) tienen mayor valor a medida que aumenta la densidad de siembra, el valor promedio de esta variable para las cuatro variedades es de 30.5% a 35.8% a 6 y 48 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente, al realizar el análisis de varianza para esta medida se hallaron diferencias altamente significativas para densidad, lo que indica que la densidad de siembra afecta el tamaño de las partes de la planta. En efecto, Mosley (19) señala

que en frijol, cuando se siembra a altas densidades disminuye tanto el número como el tamaño de las partes de la planta.

En las semillas se encuentra que a mayor densidad de siembra mayor peso seco por m<sup>2</sup>, pero el valor relativo desciende; esto posiblemente se deba a una mayor pérdida en el número de estructuras reproductivas por efecto de la densidad de siembra, así lo señalan varios autores (10, 16, 20); los valores promedios para las cuatro variedades en el peso de las semillas va desde 37% hasta 29% a 6 y 48 plantas por m<sup>2</sup> respectivamente.

En la Figura 9 se muestra el valor porcentual del peso seco de las semillas en las ramas y por m<sup>2</sup>. A medida que aumenta la densidad de siembra, menor es el aporte de las ramas, lo que muestra que el rendimiento se va localizando en el tallo principal y que hay respuesta diferente de cada uno de los hábitos, ya que el hábito III ve menos reducido su rendimiento en las ramas que las variedades de hábito II; la variedad que mejor reparte sus semillas es Puebla

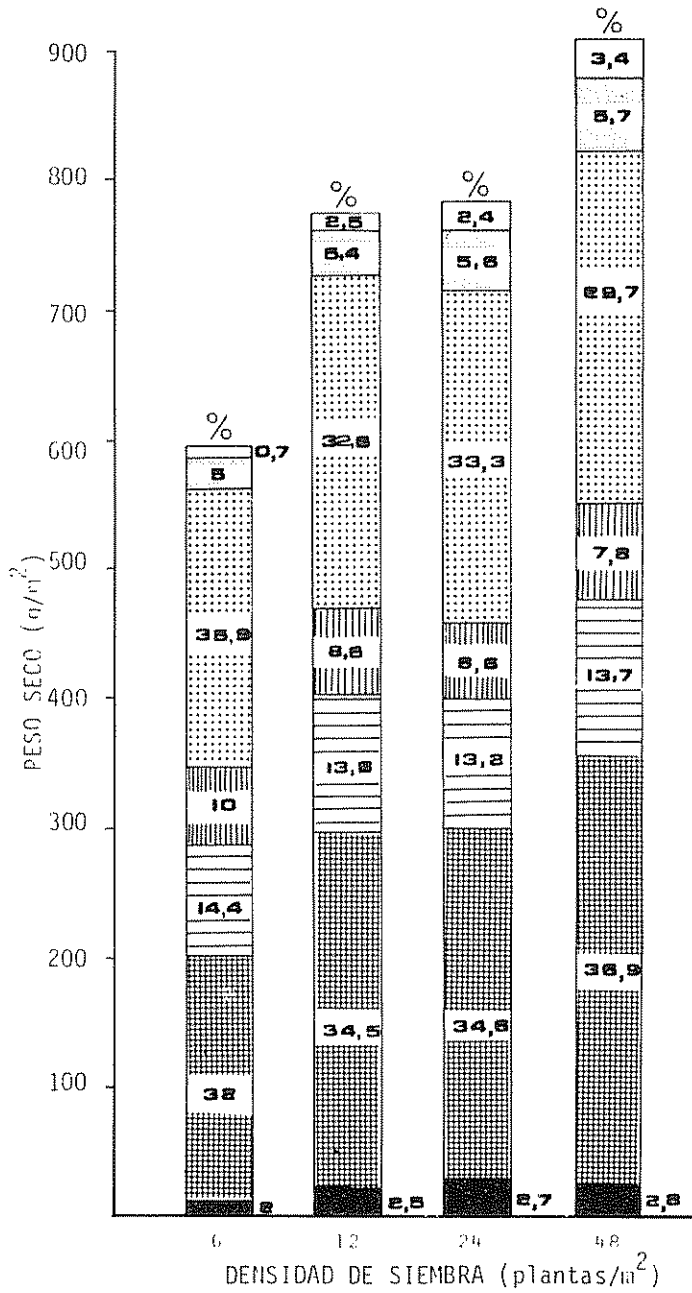
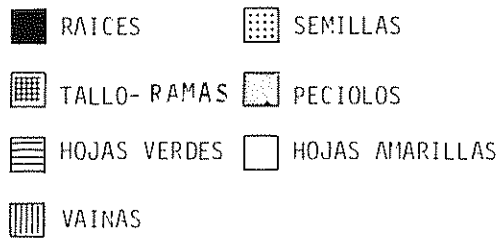


Fig 1 Distribución porcentual del peso de las diferentes estructuras de la variedad ICA PIJAO, sembrada a cuatro densidades de población. Datos en g/m<sup>2</sup>.

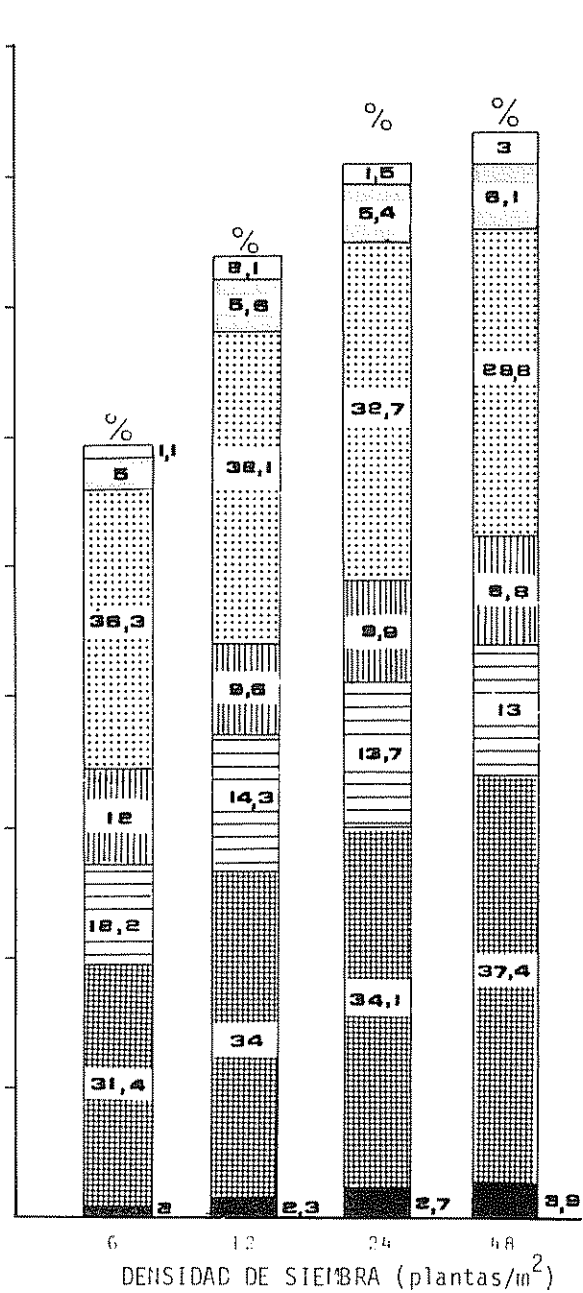


Fig 2. Distribución porcentual del peso seco de las diferentes estructuras de la variedad PORRILLO SINIETICO, sembrada a cuatro densidades de población. Datos en g/m<sup>2</sup>.

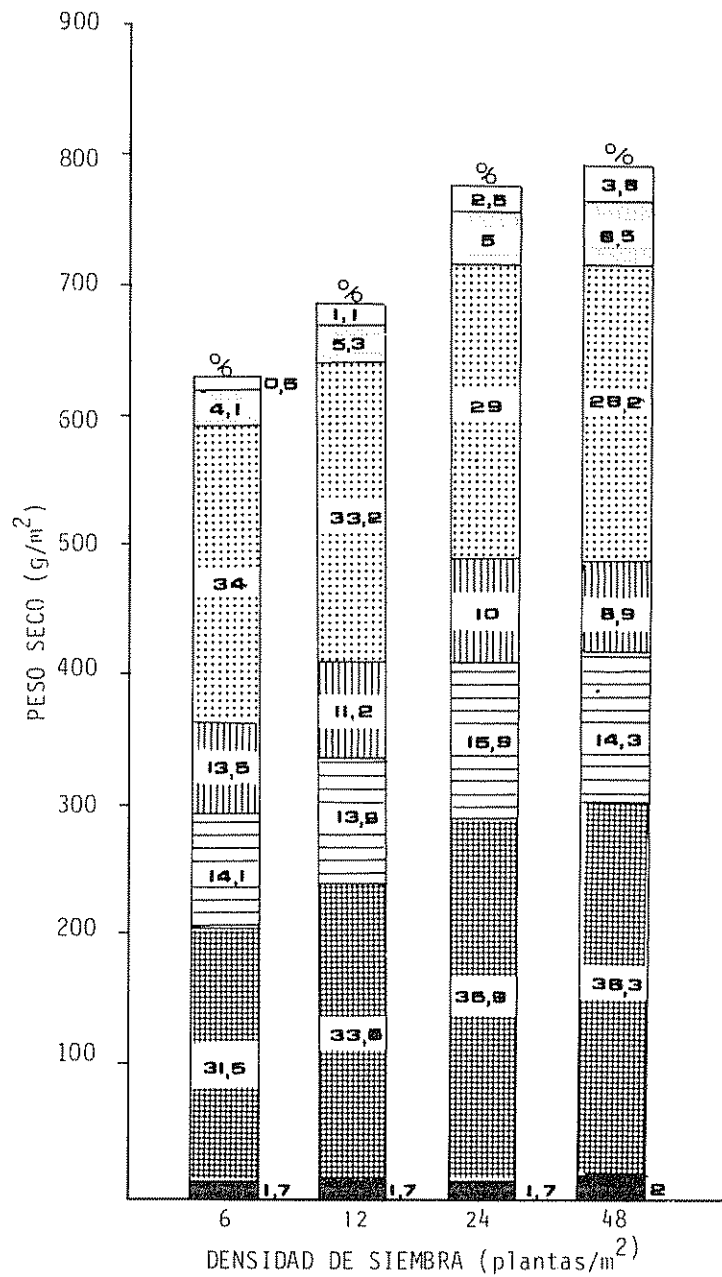
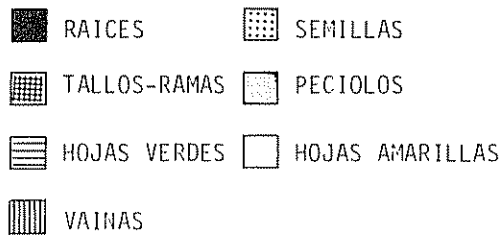


Fig 3 Distribución porcentual del peso seco de las diferentes estructuras de la variedad P006, sembrada a cuatro densidades de población. Datos en g/m²

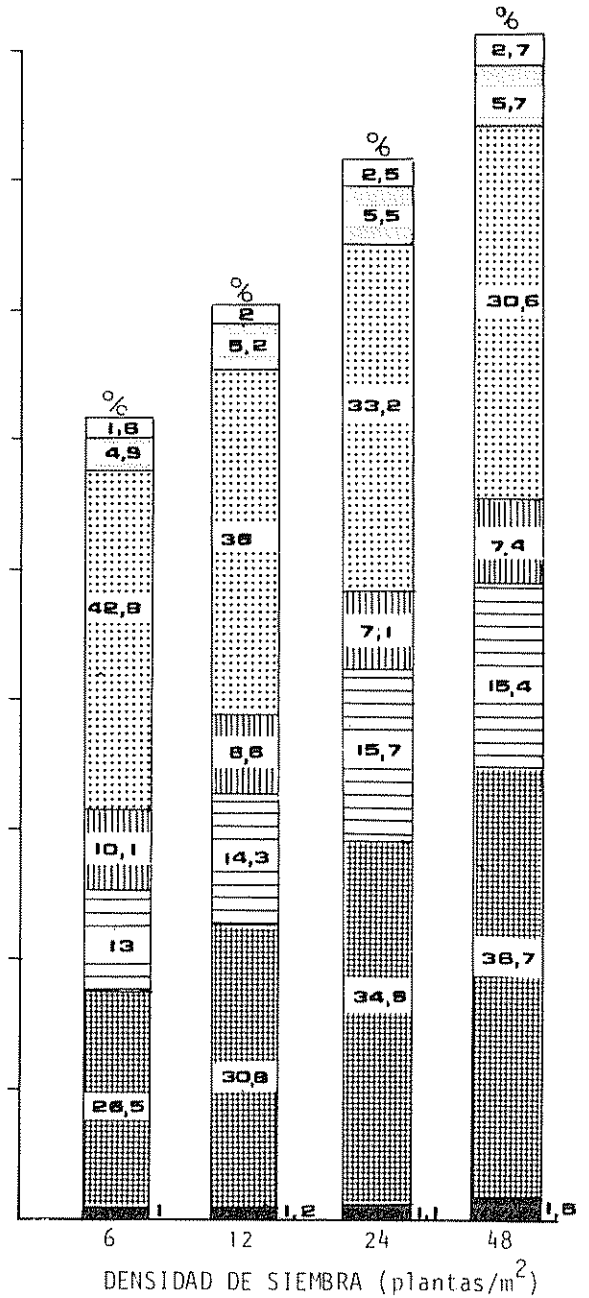


Fig. 4. Distribución porcentual del peso seco de las diferentes estructuras de la variedad PUEBLA 152, sembrada a cuatro densidades de población. Datos en g/m²

152, y esto probablemente esté relacionado con mejores rendimientos.

El peso de las restantes estructuras tienen mayor valor a más densidad de siembra, pero los porcentajes permanecen más o menos constantes; los porcentajes de las vainas disminuyen un poco con la densidad de siembra pero los cambios no son drásticos, lo mismo se puede decir de los porcentajes de pecíolos, hojas amarillas y verdes los cuales aumentan de peso con la densidad de siembra y a la vez aumentan levemente en el valor de los porcentajes (Figuras 1, 2, 3 y 4).

Cuando los resultados se expresan en g/planta, los valores presentan cierta variación. En general a mayor densidad de población menor peso seco por planta, esto también es reportado por Mosley (19) y Enyi (8).

En los Cuadros 2 y 3 (Figuras 5, 6, 7 y 8) se muestran los valores de los pesos absolutos y los respectivos porcentajes. En general se nota que, a mayor

densidad el valor relativo (porcentaje) de las estructuras vegetativas es mayor; el valor promedio de las estructuras vegetativas para las cuatro variedades va desde 52.0 g/planta (51.2%) hasta 11.0 g/planta (62.0%) a 6 y 48 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente. Estas respuestas plásticas de las plantas a la densidad de población se pueden interpretar como el resultado de competencia entre plantas y la competencia entre las partes de la planta por sustratos de crecimiento.

Como se ve en el Cuadro 2 (Figuras 5, 6, 7 y 8) el mayor porcentaje del peso está localizado en las ramas, este porcentaje promedio varía de 21.0% a 25.1% a 6 y 48 plantas por m<sup>2</sup> respectivamente, para las cuatro variedades. El peso de las ramas por planta es menor a mayor densidad de siembra, Bennet *et al.* (4) señalan que en frijol al aumentar la densidad de siembra disminuye el número de ramas por planta, Mosley (19) indica que en frijol a medida que aumenta la densidad de siembra disminuye el número y tamaño de las partes; Burris (5) igualmente en soya halló que a medida que aumenta la población el número de ramas por planta disminuye.

Cuadro 2. Promedio de los pesos secos de las estructuras vegetativas (raíces, tallos, ramas, pecíolos y hojas) y peso seco total, en cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*), sembradas en cuatro densidades. Datos en gramos por planta.

Variedad	Densidad pl/m <sup>2</sup>	PSR g/pl	PSIP g/pl	PSRa g/pl	PSHVTP g/pl	PSHVR g/pl	PSPe g/pl	PSHA g/pl	PSIEV g/pl
Ica Pijao (II)	6	2.0	10.1	21.8	6.3	8.1	5.0	0.8	54.1
	12	1.6	7.1	15.3	4.8	4.1	3.5	1.7	38.1
	24	0.9	3.6	7.4	3.4	0.9	1.8	0.8	18.8
	48	0.5	2.2	4.7	2.4	0.2	1.1	0.6	11.70
Porrillo Sintético (II)	6	2.1	10.0	21.3	6.8	5.4	4.9	0.8	51.3
	12	1.4	6.7	14.2	4.8	4.1	3.4	1.3	35.9
	24	0.9	3.8	7.8	3.7	0.9	1.8	0.5	19.4
	48	0.5	2.1	4.3	2.1	0.1	1.1	0.6	10.8
P 006 (III)	6	1.7	9.2	23.6	5.4	9.4	4.9	0.5	54.7
	12	0.5	5.5	13.6	4.3	3.6	3.0	0.6	31.1
	24	0.5	3.3	8.3	4.0	1.3	1.6	0.7	19.7
	48	0.4	1.8	4.2	2.2	0.2	1.0	0.6	10.4
Puebla 152 (III)	6	1.1	8.6	18.6	4.5	8.7	4.5	1.7	47.7
	12	0.7	5.7	12.4	4.3	4.2	3.0	1.2	31.5
	24	0.4	3.5	8.3	3.6	1.8	1.9	0.8	20.3
	48	0.3	2.1	4.8	2.5	0.4	1.1	0.5	11.7

PSR = Peso seco de las raíces

PSIP = Peso seco del tallo principal

PSRa = Peso seco de las ramas

PSHVTP = Peso seco de las hojas verdes en el tallo principal

PSHVR = Peso seco de las hojas verdes en las ramas

PSPe = Peso seco de los pecíolos.

PSHA = Peso seco de las hojas amarillas

PSIEV = Peso seco total de las estructuras vegetativas

Cuadro 3. Promedios de los pesos secos de las estructuras reproductivas (vainas y semillas) y peso seco total, en cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*), sembradas en cuatro densidades. Datos en gramos por planta.

Variedad	Densidad pl/m <sup>2</sup>	PSVTP g/pl	PSVR g/pl	PSSTP g/pl	PSSR g/pl	PSTER g/pl
Ica Pijao (II)	6	2.6	7.3	9.8	25.9	45.6
	12	2.6	3.0	9.4	11.5	26.5
	24	1.9	0.9	7.6	3.2	13.6
	48	1.3	0.2	4.9	0.7	7.1
Porrillo Sintético (II)	6	3.3	8.7	10.4	25.9	48.3
	12	2.8	3.1	9.0	10.7	25.6
	24	2.5	0.8	8.2	2.8	14.3
	48	1.4	0.2	4.4	0.6	6.6
P 006 (III)	6	4.2	9.8	7.7	27.6	49.3
	12	2.5	3.9	7.4	11.6	25.4
	24	1.5	1.7	4.8	4.5	12.5
	48	0.9	0.6	3.0	1.7	6.2
Puebla 152 (III)	6	0.7	9.7	2.6	41.3	54.3
	12	0.9	4.1	3.8	18.5	27.3
	24	1.0	1.4	4.8	6.4	13.6
	48	0.7	0.7	3.0	2.8	7.2

PSVTP = Peso seco de las vainas (pericarpio) en el tallo principal

PSSR = Peso seco de las semillas en las ramas

PSVR = Peso seco de las vainas en las ramas

PSTER = Peso seco total de las estructuras reproductivas

PSSTP = Peso seco de las semillas en el tallo principal

El peso seco del tallo principal por planta es mayor a densidades bajas, sin embargo su porcentaje es mayor a densidades altas, aunque este incremento no es muy drástico; Enyi (8) muestra que en frijol la relación peso tallo/peso vainas disminuye con la densidad de siembra; en soya Hanway y Weber (13) hallaron que el peso del tallo era más bajo a la madurez, lo cual indicaba translocación del tallo hacia las semillas.

El peso de las hojas verdes en el tallo principal, por planta, disminuye con la densidad de siembra, pero el porcentaje aumenta; los valores promedios para las cuatro variedades van desde 5.8 g/planta (5.7%) hasta 2.3 g/planta (12.9%) a 6 y 48 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente; Faguembaum (10), Ascensio y Fargas (3) señalan que en frijol a mayor densidad de siembra menor área foliar por planta y por lo tanto menor peso seco.

Las hojas verdes en las ramas por planta muestran que a mayor densidad de siembra decrecen tanto en peso seco como en porcentaje, el promedio para las cuatro variedades es de 7.9 g/planta (7.8%) y 0.2 g/planta (1.25%) a 6 y 48 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente.

El peso de los pecíolos por planta disminuyen con la densidad de siembra, mientras que el porcentaje permanece más o menos constante. El peso de las hojas amarillas disminuye con la densidad de siembra pero aumenta el valor de los porcentajes.

En el Cuadro 3 (Figuras 5, 6, 7 y 8) se muestran las variaciones en los pesos y los respectivos porcentajes de las estructuras reproductivas (vainas y semillas). Las estructuras reproductivas se ven más afectadas por la densidad de siembra que las estructuras vegetativas, este efecto se presenta tanto en su tamaño como en el número de las partes. Robins y Domingo (21) en frijol, muestran que la deficiencia de algunos factores afectan más el rendimiento reproductivo que el vegetativo.

El peso seco total de las estructuras reproductivas en promedio para las cuatro variedades muestra valores desde 48.8% hasta 37.7% a 6 y 48 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente.

El peso seco de las vainas por planta mostró diferencias significativas entre variedades. A medida que

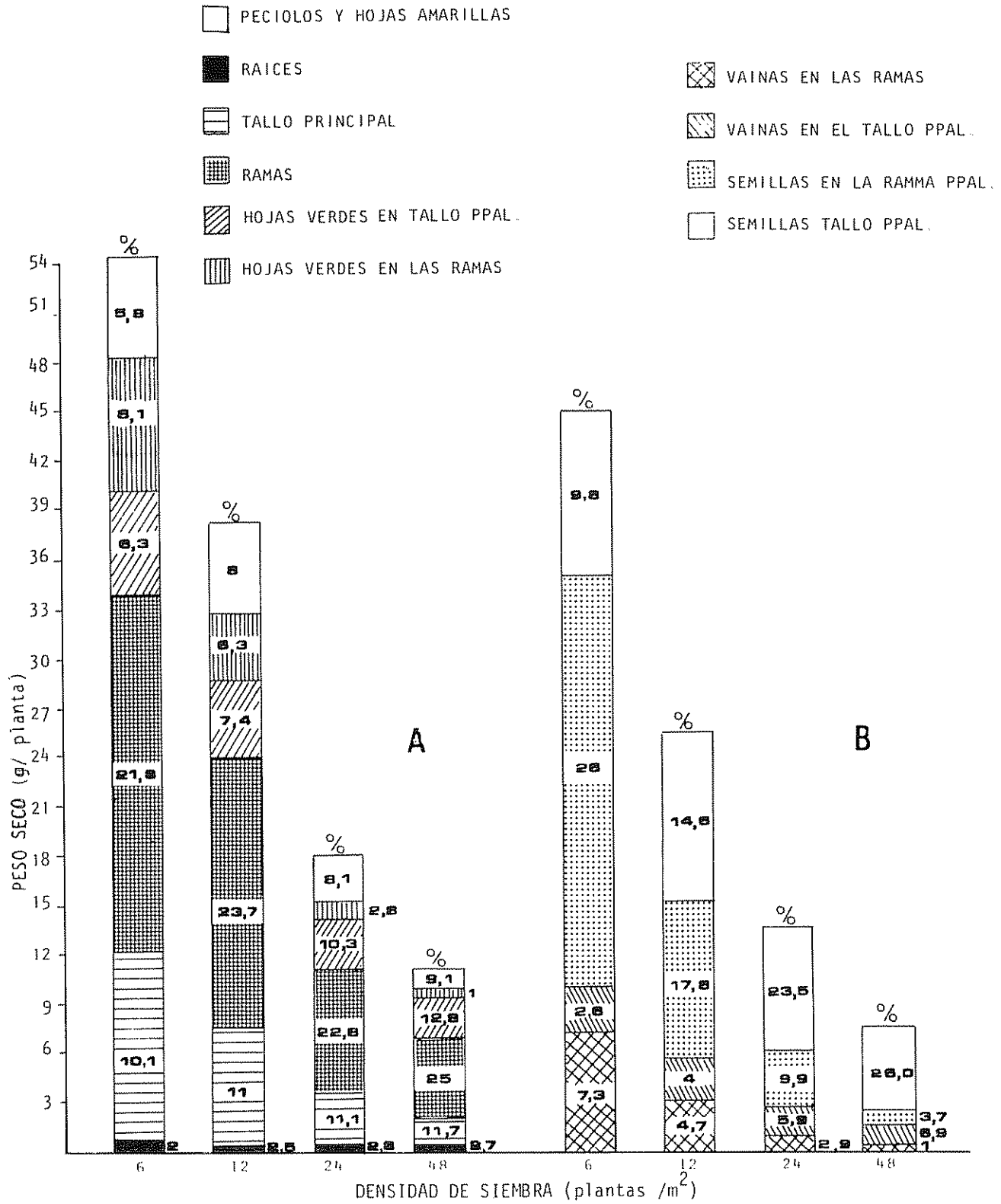


Fig. 5. Distribución porcentual del peso seco de las estructuras (A) vegetativas y (B) reproductivas en la variedad ICA PIJAO, sembrada en cuatro densidades de población. Datos en g/planta.

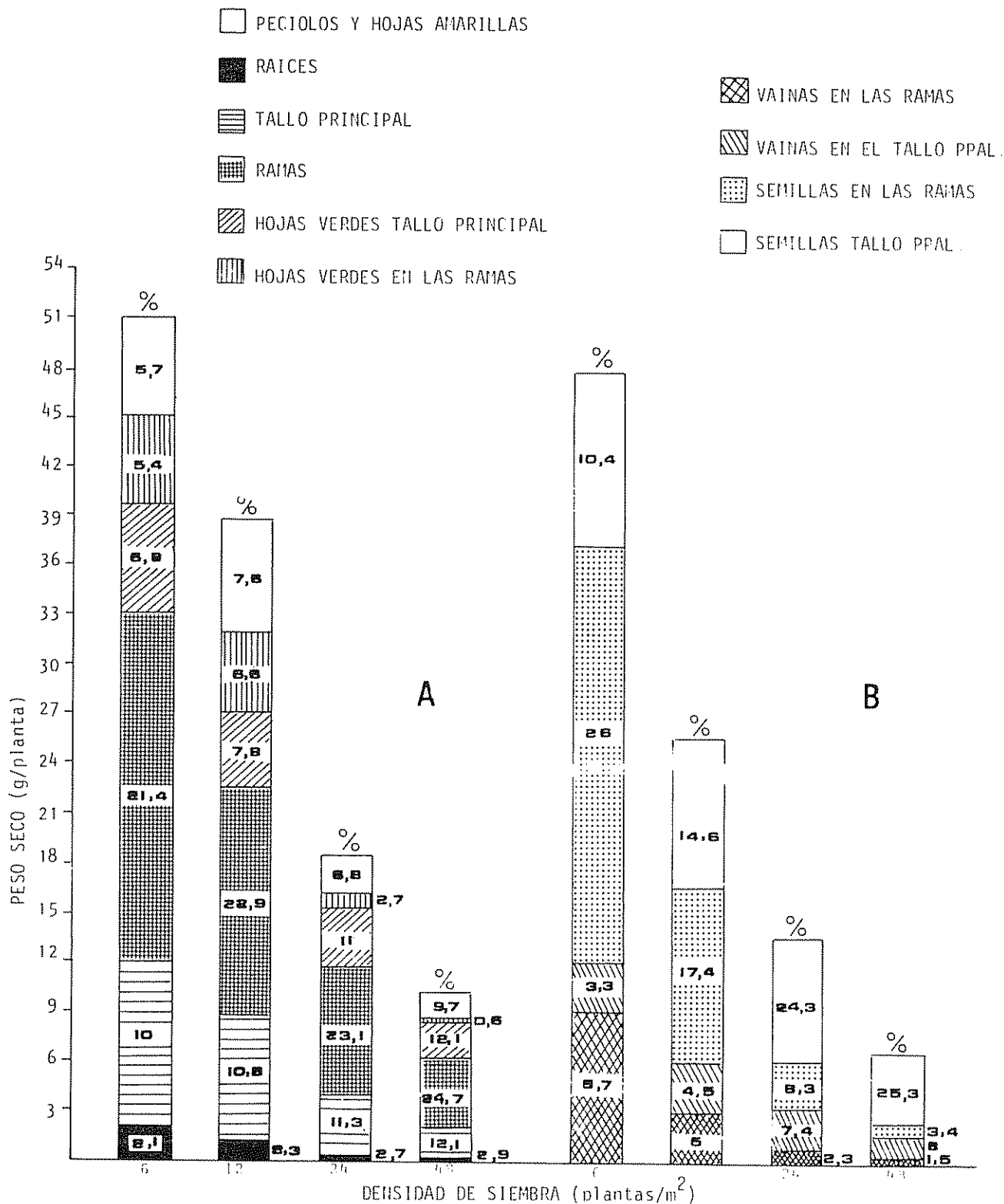


Fig 6. Distribución porcentual del peso seco de las estructuras (A) vegetativas y (B) reproductivas, en la variedad PORRILLO SINTETICO, sembrada a cuatro densidades de población. Datos en g/planta



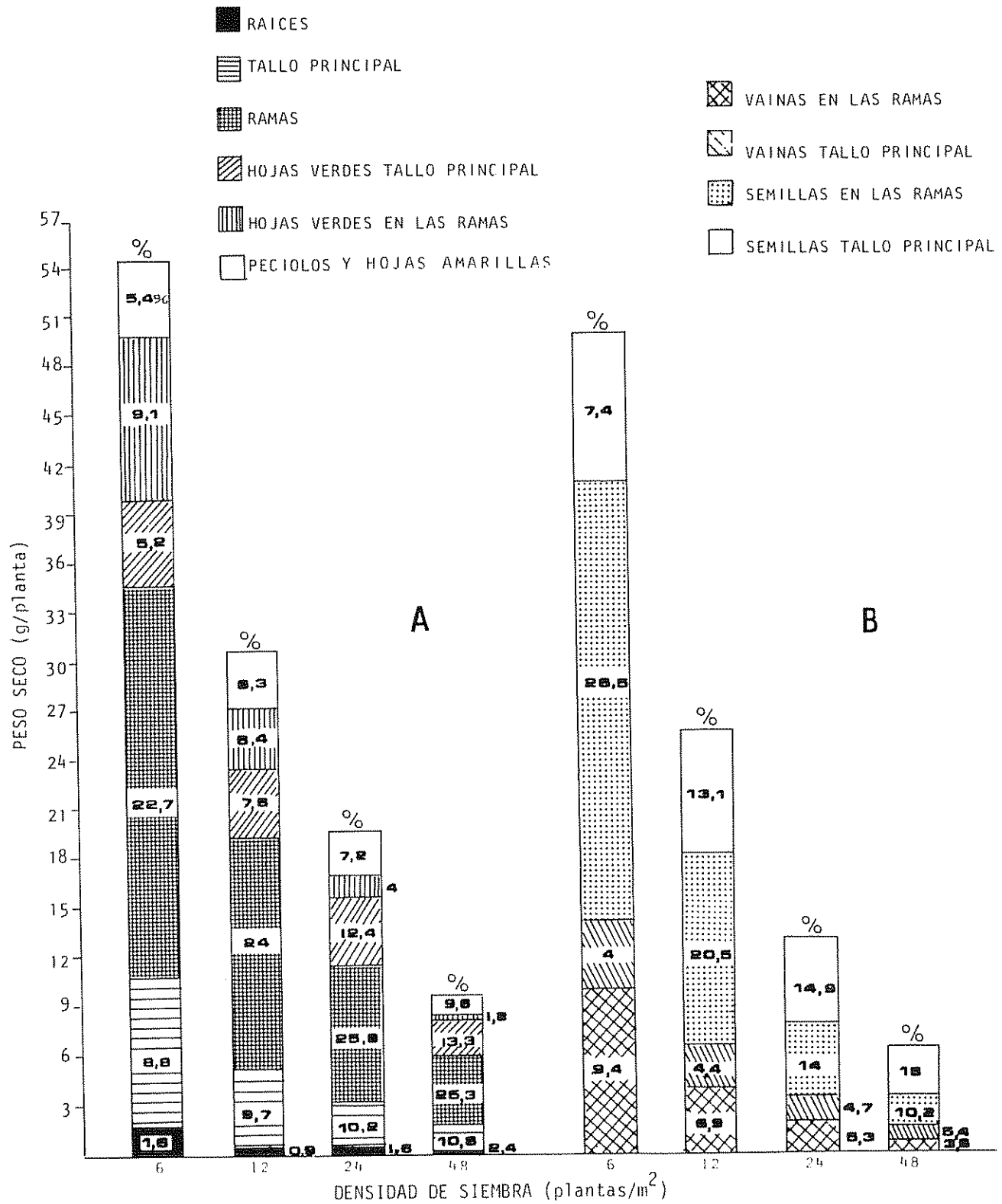


Fig 7 Distribución porcentual del peso de las estructuras vegetativas (A) y reproductivas (B) en la variedad P006, sembrada a cuatro densidades de población. Datos en g/planta

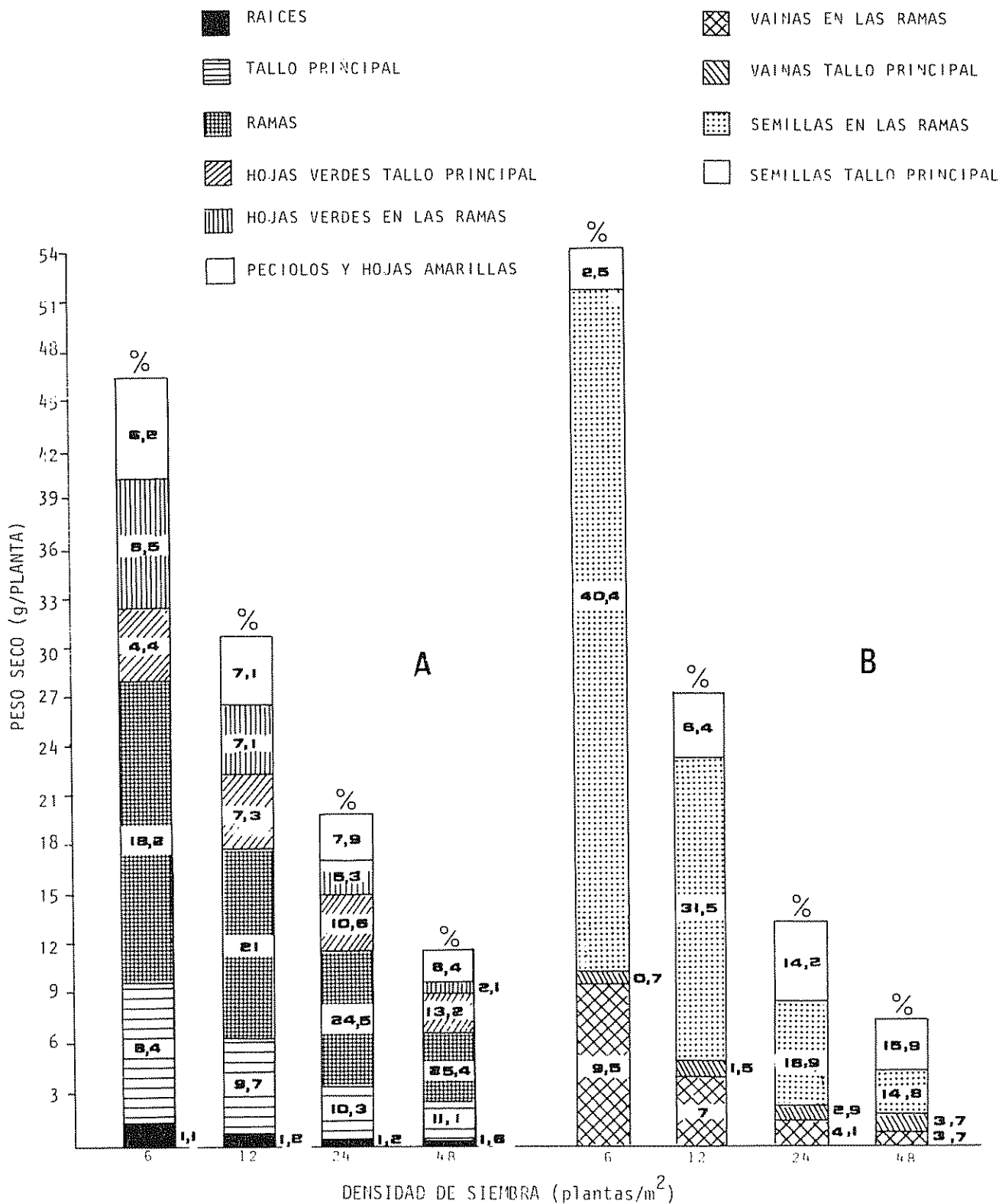


Fig. 8. Distribución porcentual del peso de las estructuras vegetativas (A) y reproductivas (B) de la variedad PUEBLA 152, sembrada a cuatro densidades de población. Datos en g/planta.

aumenta la densidad de siembra el peso seco de las vainas por planta disminuye, sin embargo el porcentaje aumenta en el tallo principal y disminuye en las ramas. Los valores promedios para el peso de las vainas en las ramas y en las cuatro variedades son de 8.9 g/planta (8.7%) y 0.4 g/planta (2.5%) a 6 y 48 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente, los pesos de las vainas en el tallo principal para las mismas densidades fueron de 2.7 g/planta (2.7%) y 1.1 g/planta (6.0%), este descenso en el valor del peso seco se debe posiblemente a la caída de vainas durante el ciclo de desarrollo. Faiguembaum (10), Izquierdo y Hosfield (14) y Appadurai *et al.* (2) Tanaka y Fujita (23) señalan que en frijol a mayor densidad de siembra fue menor el número y peso de las vainas por planta, y a la vez indican que el mayor porcentaje de órganos que se caen corresponden a vainas.

El peso de las semillas por planta mostró diferencias significativas al 5% para la densidad de siembra; sin embargo cuando se analizó el número de semillas producidas en el tallo principal y en las ramas se halló diferencias altamente significativas para variedad y densidad, estas diferencias permanecen cuando se analiza porcentaje de rendimiento (peso seco de semillas) en las ramas y en el tallo principal (Figura 9).

En general a mayor densidad de siembra menor es el peso de semillas por planta, pero los porcentajes toman valores diferentes cuando se analizan las semillas producidas en el tallo principal y en las ramas, los valores promedios para las ramas son de 30.1 g/planta (29.7%) hasta 1.5 g/planta (8.0%) a 6 y 48 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente; mientras que para el tallo principal a estas densidades los valores son 7.6 g/planta (7.5%) hasta 3.8 g/planta (21.3%).

Aquí se nota que a mayor densidad poblacional el porcentaje del rendimiento en las ramas es menor y mayor en el tallo principal (Figura 9); sin embargo la reducción es mayor en las variedades de hábito II. Este menor peso relativo de las semillas en las ramas se deben a que el peso y número de ramas por planta disminuyen por efecto de la densidad, Bennet *et al.* (4) señalan que en frijol, a mayor densidad de siembra menor número de ramas por planta, en esa misma línea Burris (5) y Fontes y Ohlrogge (11) en soya encontraron que el número de ramas por planta es inverso a la densidad de siembra y que posiblemente esto afecte el número de vainas.

En los Cuadros 1 y 2 (Figuras 1a 8), se indican los pesos de las raíces por metro cuadrado y por planta. Se nota que a mayor densidad de población es mayor el peso seco por metro cuadrado pero menor el peso seco por planta; los valores relativos son mayores a mayor densidad de siembra, pero

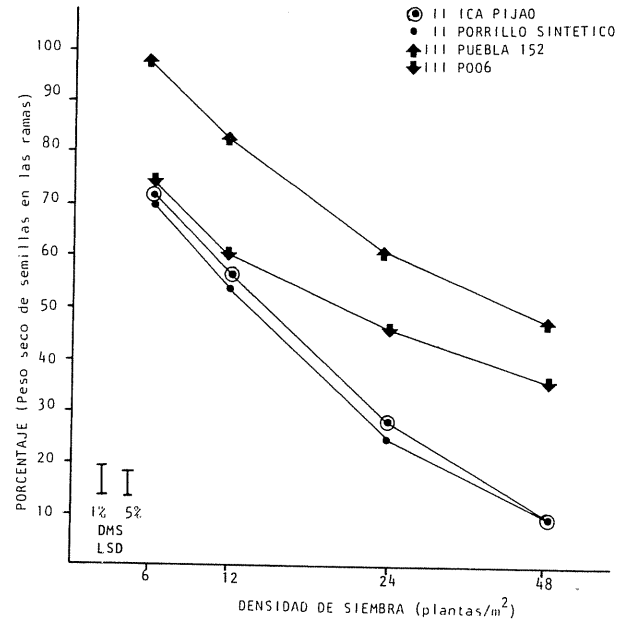


Fig. 9. Distribución porcentual de la cosecha en las ramas de cuatro variedades de frijol *Phaseolus vulgaris*, sembradas a cuatro densidades de población.

con aumentos muy leves. Es notorio que las variedades de hábito III (P 006 y Puebla 152) tienen menor peso de raíces que las de hábito II; Carmi y Koller (6) señalan que la excisión del sistema radical causa reducción en la tasa fotosintética de las hojas primarias y que es posible que las raíces proporcionen sustancias especiales para activar la fotosíntesis; esto indicaría que raíces más pequeñas serían menos eficientes.

## Conclusiones

Con base en los resultados anteriores se puede concluir que a mayor densidad de siembra el peso seco total por área aumenta, pero el peso seco total por planta disminuye y esta disminución es más drástica en los órganos reproductivos (vainas y semillas). Es más, la reducción fue más severa en lo que respecta al número que al tamaño de las partes. Sin embargo los porcentajes se mantienen más o menos constantes en la mayor parte de la planta. En las estructuras vegetativas, a mayor densidad el peso seco total por área aumenta pero el peso seco total por planta disminuye siendo mayor la reducción en el número de partes. Se puede afirmar que a menores densidades de población la producción (peso seco de las semillas) se localiza en mayor proporción en las ramas, mientras que a poblaciones altas el mayor porcentaje de producción se localiza en el tallo principal.

La plasticidad de las variedades para responder a las densidades de siembra es relativamente diferente, ya que las variedades de hábito II mostraron un efecto mayor por la densidad sobre la repartición de las semillas en el tallo principal y en las ramas, es así como en la variedad Puebla (III) a 48 plantas/m<sup>2</sup> las semillas en las ramas tuvo un 15% del peso y en el tallo 16%, al contrario la variedad Ica Pijao (II) las semillas en las ramas fue de 38% y en tallo principal 26.6%.

En el peso seco de las raíces por metro cuadrado, aumentan con la densidad de siembra, pero disminuyen por planta; sin embargo los pesos relativos (porcentaje) se incrementan a mayor densidad.

### Resumen

El propósito del presente estudio fue evaluar el efecto de cuatro diferentes densidades de siembra, sobre la producción de materia seca por metro cuadrado y por planta; lo mismo que la distribución de materia seca entre las distintas partes de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Se estudió cuatro variedades, dos de tipo II (Ica Pijao y Porrillo Sintético), de crecimiento indeterminado y guía corta, y las otras dos de tipo III (P 006 y Puebla 152), de crecimiento indeterminado y guía larga, pero no trepadora. Las cuatro variedades se sembraron usando 6, 12, 24 y 48 plantas por metro cuadrado; las densidades se obtuvieron por raleo, el cual se realizó 15 días después de la brotación. El tamaño de la parcela fue de 24 m<sup>2</sup> y el diseño estadístico usado fue el de parcelas divididas, con cuatro repeticiones por variedad, donde el efecto mayor fue la variedad y el efecto menor la densidad. En la época de cosecha se muestrearon 10 m<sup>2</sup> por variedad, y una muestra adicional de 1 m<sup>2</sup> para estudiar solamente componentes del rendimiento. Este material se secó en la estufa hasta obtener peso seco constante, y se analizó; a) Peso seco de las estructuras vegetativas aéreas (tallo principal, ramas, hojas verdes, hojas amarillas y peciolos). b) Peso seco de las estructuras reproductivas (vainas y semillas) c) Peso seco de las raíces.

Se encontró que el peso seco total por área aumentó con la densidad de siembra, pero disminuyó por planta, en todas sus partes, siendo mayor la reducción de peso en las estructuras reproductivas (vainas y semillas). Se halló que el peso relativo (porcentaje) de las ramas fue mayor a densidades altas, mientras que el del tallo principal fue más o menos constante. En la distribución de peso seco dentro de la planta, el peso relativo de las hojas verdes, de las vainas y de las semillas producidas por las ramas fue menor a

mayor densidad; mientras que el valor relativo (porcentaje) de éstas mismas estructuras producidas por el tallo principal fue mayor a mayor número de plantas por áreas de siembra.

### Literatura citada

1. ALVIM, R. y ALVIM, P. de T. Efeito da densidade de plantio no aproveitamento da energia luminosa Pelo Milho (*Zea mays*) e Pelo Feijao (*Phaseolus vulgaris*), em culturas exclusivas e consorciadas. Turrialba 19(3):389-393. 1969.
2. APPADURAI, R., RAJAKARUMA, B. y GUNASENA, H. Effect of spacing and leaf area on pods yield of kidney-bean (*Phaseolus vulgaris*). Indian Journal of Agricultural Science 37(1):22-26. 1967.
3. ASCENSIO, J. y FARGAS, J. E. Análisis de crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris*) var. Turrialba 4, cultivado en solución nutritiva. Turrialba 23(4):420-425. 1973.
4. BENNET, J. P., ADAMS, M. W. y BURGA, C. Pod yield components variation an intercorrelation in *Phaseolus vulgaris* as affected by planting density. Crop Science 17:73-75. 1977.
5. BURRIS, J. J. Effect of seed maturation and plant population on soybean seed quality. Agronomy Journal 65:440-441. 1973.
6. CARMÍ, A. y KOLLER, D. Effects of the roots on the rate of photosynthesis in primary leaves of bean (*Phaseolus vulgaris*) Photosynthesis 12(2):178-184. 1978.
7. COSTA, J. G. A. Efecto de la densidad de población en la morfología, asignación de materia seca y de la energía y eficiencia en la producción de semillas en frijol (*Phaseolus vulgaris*). Ph.D. Tesis. Chapingo, Mexico, Escuela Nacional de Agricultura. Colegio de Postgrados. 1981.
8. ENYI, B. A. C. Effect of plant population on grain yield, production and distribution of dry matter in beans (*Phaseolus vulgaris*). Ghana Journal of Science 15(2):159-169. 1975.
9. ESCALANTE, E. L. Efecto de la densidad de población en el rendimiento del grano y sus componentes, en dos variedades de frijol

- (*Phaseolus vulgaris*). Tesis Ing. Agrícola, Iguala, Guerrero, México, Instituto Agropecuario del Estado de Guerrero. 1982.
10. FAIGUENBAUM, M. H. Análisis de crecimiento y los rendimientos en frijol en relación a densidades de población. In 2o. Seminario de leguminosas de grano. Santiago de Chile. 1981.
  11. FONTES, L. A. y OHLROGGE, A. J. Influence of seed size and population on yield and others characteristics of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Agronomy Journal* 64(5): 833-836. 1972.
  12. GONZALEZ, W. M. E. Determinación de las características fenotípicas relacionadas con el potencial de rendimiento en las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Tesis Ing. Agrícola, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. 1979.
  13. HANWAY, J. J. y WEBER, C. R. Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. *Agronomy Journal* 63(2):227-230. 1971.
  14. IZQUIERDO, J. A. y HOSFIELD, G. L. A collection receptacle for field abscission studies in common bean. *Crop Science* 21(4):622-625. 1981.
  15. LUCAS, E. O. y MILBOURN, G. M. Effect of planting of the growth of two (*Phaseolus vulgaris*) varieties. *England Journal of Agricultural of Science* 87:89-99. 1976.
  16. LUGO-LOPEZ, M. A.; BADILLO-FELICIANO, J. y SCOTT, T. W. Performance of red-kidney and native with beans at three planting distance on an oxisol in north-western Puerto Rico. *Nouvelles Agronomiques des Antilles et de la Guyane*. 3(3/4): 558-563. 1977.
  17. MAGALHAES, A. C. y MONTOJOS, J. C. Growth analysis of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) L. var. Pintado under varying conditions of solar radiation and nitrogen application. *Plant and Soil* 35(1):217-223. 1971.
  18. MAHATANYA, E. T. The response of food beans (*Phaseolus vulgaris*) to spacing and phosphorus application. *East African Agricultural and Forestry Journal* 43(2):111-119. 1977.
  19. MOSLEY, A. R. Responses of the bush snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to population density and planting arrangement. Ph.D. Thesis. Corvallis, Oregon State University. 1972.
  20. PRAKASH, K. S. y RAM, H. H. Path coefficient analysis of morfological traits and developmental stages in french-bean. *Indian Journal of Agricultural Science* 51(2):76-80. 1981.
  21. ROBINS, J. J. y DOMINGO, C. E. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans, *Agronomy Journal* 48(2):67-70. 1956.
  22. STANG, J. R. Responses of bush snap bean cultivars (*Phaseolus vulgaris*) to plant population densities. Ph.D. Thesis, Corvallis, Oregon State University. 1976.
  23. TANAKA, A. y FUJITA, K. Growth, photosynthesis and yield components in relation to grain yield of the field bean. *Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University* 59(2):145-238. 1979.
  24. WESTERMANN, D. T. y CROTHERS, S. C. Plant population effects on the seed yield components of beans. *Crop Science* 17:493-496. 1977.

STUDIES ON THE BEHAVIOUR OF THE LARVAE OF *Plutella xylostella* (LINNAEUS)  
(LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE), A WORLD PEST OF CRUCIFEROUS CROPS.  
NORMAL AND 'SPACING' BEHAVIOUR<sup>1</sup>

---

P. J. SALINAS\*

### Resumen

*Las larvas recién emergidas de Plutella xylostella (L.) construyen galerías de manera que nunca llegan a encontrarse unas con otras, reduciendo la probabilidad de competencia por alimento, espacio y riesgo de ser encontrados por enemigos naturales. Los experimentos realizados se llevaron a cabo bajo condiciones controladas a 20 ± 1°C, 16 h luz/día y a una humedad relativa entre 44-52%, en cajas plásticas transparentes de forma circular. En cada caja se colocó discos (2.5 cm diámetro) de hojas de repollo en forma vertical, sobre una capa de arena silveada que sirvió de sostén.*

*El movimiento de las larvas se observó desde que emergieron hasta que finalizaron la construcción del capullo, considerándose tanto el movimiento de larvas emergiendo de huevos separados o en grupos. Las observaciones del primer instar se realizaron desde la eclosión hasta el primer lugar de alimentación y después del primer sitio de abastecimiento.*

*Cada larva se arrastra y realiza movimientos "sensitivos" con su cabeza por varios minutos hasta que se ve estimulada por otras larvas inicia su autoalimentación. Las larvas provenientes de huevos individuales tienden a padecer de hambre pero carecen de estímulo de otras larvas. Después de la primera muda las larvas se alimentan sobre la hoja y no en galerías, separándose unas de otras al detectar cambios en la calidad del sustrato, colgándose de los hilos de seda que producen, por movimientos compulsivos fuertes, etc. Su distribución induce a una dispersión de áreas sobrepobladas, evitando así una sobre explotación del alimento disponible. En casos de baja densidad de población, la búsqueda de las larvas aumenta la probabilidad de encuentros entre larvas, con el consecuente estímulo para alimentarse*

---

<sup>1</sup> Received for publication on March 5, 1982.

I should like to thank Professor I. R. E. Southwood for granting facilities for the work to be carried out at Imperial College Field Station and Professor M. J. Way for his supervision, invaluable suggestions and criticism of the manuscript. Thanks are extended to all who collaborated to the conclusion of the present work. The financial support by the Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, and by the Universidad de los Andes, both of Venezuela, is gratefully acknowledged.

\* Present address: Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes, Mérida - Venezuela

### Introduction

**P***lutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) is a very common pest of cruciferous crops, with a wide distribution around the world. Although *P. xylostella* lays many eggs on a leaf either singly or in groups, the larvae rarely form aggregations as happens with some other pests of crucifers (i.e. *Pieris aripa* Boisduval, *Pieris brassicae* (L.), *Mamestra brassicae* (L.)). In normal field conditions, even at high densities, the larvae, especially the last

instars, have a pattern of distribution whereby they seem to avoid direct contact and hence keep distinct feeding 'territories'. This dispersion pattern was thought not to be due to chance effects but to a mechanism by which larvae spaced themselves from each other at a certain minimum distance. This 'spacing' mechanism seems to be present in all the larval stages and was thought to be important, especially during the last two instars which are the more injurious to the plants. At the same time it seemed to be related to the general condition of the plant, since it is more apparent on the less tender leaves.

This is important from the economic point of view since larvae, especially the bigger ones, will tend to move to areas not previously attacked and will therefore tend to damage all parts of the plant.

From the statistical analysis of the distribution of the larvae under different densities and at different ages (4) it was shown that at low or high densities the degree of aggregation was very high for the recently hatched larvae and decreased with age to become random or sometimes regular in the older larvae, and finally increased again before pupation. This statistical analysis gives a clear idea of the distribution of the larvae. However, it does not explain the mechanism whereby the larvae distribute themselves ('spacing' mechanism). Therefore it was decided to do some direct observations on the behaviour of the larvae in an attempt to relate behaviour with distribution and survival.

A series of experiments were designed in order to observe and record the behaviour of the larvae from pre-hatching until pupation under different density conditions.

The objectives were to determine: a) how the larvae distribute themselves throughout the leaves of a plant; b) whether there was any interference between larvae at the different stages; c) whether the population density was an important factor influencing the behaviour of the larvae, their distribution, and their success or failure to reach the adult stage and reproduce.

#### Materials and methods

The experiments were carried out in the controlled environments rooms at  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ , 16 hours of light per day and 44-52% relative humidity. The cages used were circular transparent plastic boxes (9.5 cm bottom diameter, 10.5 cm top diameter, and 4.5 cm height) with transparent lids which had a 2.5 cm hole in the centre, covered with terylene, to give ventilation. Inside the cages had a 5 mm layer of moistured

silver sand to hold and provide water to the leaf discs (Fig. 1).

The leaf discs were taken from tender leaves about 60-80 cm<sup>2</sup> area, of young cabbage plants. From each leaf, ten discs of 2.5 cm diameter were cut, five on each side of the central vein, and placed in a vertical position in a circle inside the cage. They were placed in the same position as they were in the leaf, with the upper surface facing the centre of the cage and slightly touching each other but separated about 0.5 cm from the cage wall (Fig. 1). Water was regularly added to the sand in order to keep the discs as fresh as possible.

The leaf discs were distributed and numbered inside the cages in the same disposition in which they were in the leaf (Fig. 1). Each leaf disc was divided (not actually marked) into sixteen quadrants numbered from left to right and from top to bottom.

Eggs about to hatch were observed and the hatching process was recorded. Larvae which hatched at the same time were transferred to leaf discs in the way previously described, and their behaviour recorded.

#### Results

The behaviour of the recently hatched larvae is very important in determining their survival since that survival depends on their ability to make an initial hole in the leaf surface. It is possible that many factors, apart from climate, are involved. For example those related to the plant might include: species and variety, age of the plant, age and position of the leaves, toughness of the leaf tissue; those related to the insect might include: initial number of eggs, dis-

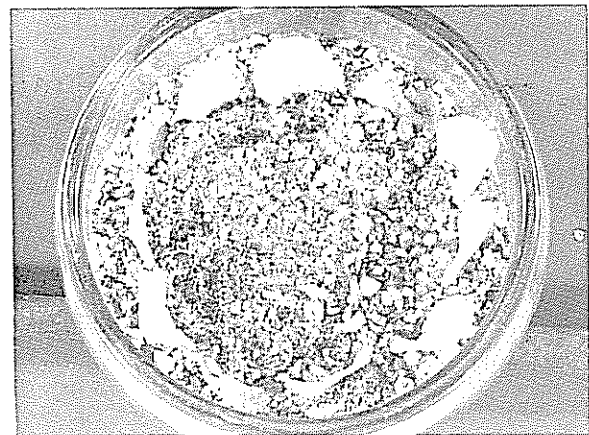


Fig. 1. Position of leaf discs in the cage

tance from egg, whether the eggs are laid separated or touching, site of oviposition (stem, lower or upper surface, etc.), time when the eggs are laid; the latter is also related to the synchronization of hatching of two or more eggs within a group or batch.

#### PRE-HATCHING AND HATCHING BEHAVIOUR

The egg, when laid, is creamish in colour and later becomes yellow although the chorion remains transparent. One day before hatching the egg becomes dark (brownish) and under magnification the larva can be easily seen coiled inside the chorion with the head and the tip of the abdomen touching each other. When the larva is ready to hatch it starts to move inside the egg, especially the head. Soon afterwards it starts to make a hole by biting the chorion. At the beginning the head movement is vertical, that is up and down; two or three minutes later the hole is big enough to emerge part of the head through. Then the larva starts to eat the edge of the egg shell in order to make the hole bigger. At this stage the larva is biting continuously although is not always able to remove pieces of the egg shell. Two or three minutes later it stops for about five seconds and continues to bite for 10 to 15 seconds, stops again and repeats this alternative bite-and-stop for about two or three minutes until the hole is big enough to push the head entirely out of the egg. The larva pushes its head out of the egg and retracts it almost immediately. Then starts a pattern of behaviour in which it alternatively pushes the head out, bites the egg shell and stops all movements, each phase of the sequence lasting for three or four seconds. It continues for about five minutes until the hole is big enough for the larva to get easily out of the egg shell.

#### BEHAVIOUR OF THE LARVAE

The following description of the larval behaviour is mainly based on direct laboratory observations of the larvae throughout their development from hatching to pupation. These observations were made as frequently as possible. They were made by day as well as by night; however, the night observations had to be made with the lights on, which although for periods of no more than 2 or 3 hours per night, might alter the normal behaviour of the larvae. In order to observe whether there were differences in the behaviour of the larvae in darkness, a series of sequences were made with a time-lapse cinecamera, synchronized to an electronic flash in such a way that the larvae remained in the normal darkness all through the night except for the flash lightings (periods of less than 1/1000 second). The results showed that, apparently, there were no significant differences in the behaviour of the larvae in total darkness as compared with those

observed under normal room lights. Therefore the descriptions of the behaviour during nocturnal observations can be regarded as valid as in total darkness (natural conditions).

#### First instar. From hatching to first feeding place

After hatching, the first instar usually wanders over and about the other eggs for a short period of time (varying from a few minutes to about two hours). This early wandering period of the recently hatched larva is characterized by a series of behavioural patterns. The duration of each pattern as well as the sequence and interval between them is variable.

**Larvae from groups of eggs.**— Just after eating its way out of the egg-shell the larva crawls over the other eggs, stops for two or three seconds on one egg and moves the head in a spinning-like movement (this takes from two or three seconds to 1/2 min.); actually it may be the first spinning of silk by the larva. After the 'spinning' movements the larva crawls out of the group of eggs onto to the leaf surface where after walking for 5 to 10 seconds it stops, raises the head well above the leaf surface and moves it widely from side to side. This movement seems to be a way in which the larva senses its environment by visual and/or chemosensorial impressions. From that stage there are two characteristic alternatives to the behaviour of the larva. The first one is probably most common when the leaf is tender: the larva crawls further on the leaf surface for a short period of time (1 mm to several centimetres according to the time spent crawling; normally about 5 seconds) Then the larva stops and makes sensing-type movements for 2 or 3 seconds and continues crawling. This sequence may be repeated several times until the larva stops, starts to bite on the leaf tissue and eventually makes a hole. Sometimes the larva moves to another place after trying unsuccessfully to make a hole. The second alternative is most common when the leaf tissue is rather tough or when the eggs have been laid on the stem and is probably due to the first sensing impressions not being completely favourable. In this case the larva turns back onto the group of eggs and crawls over them while moving the head in a sensing type movement. If there is one egg about to hatch the larva goes almost directly to that egg and stands on it making the sensing movements for about 3 to 4 seconds. From there it moves to any other place in the group of eggs but generally tends to go to the empty shells of the eggs (including its own one) where it stops and makes sensing movements, or just passes over them. Every time the larva reaches the edge of the group of eggs it stops and turns back without attempting to go again onto the leaf surface. This pattern of behaviour may be repeated several



times within a period of 5 to 10 minutes, and with certain variation in the duration of each stop or crawl. Finally the larva, after reaching the edge of the group of eggs walks out and crawls for periods of about 5 seconds which are alternated with short stops of about 3 seconds and sensing movements. It may return and crawl onto the group of eggs but almost immediately it crawls out again and repeats the 'crawl-stop-sense-crawl...' sequence. After a variable period of time the larva stops and starts to bite the leaf until it makes a hole (or moves to another place and starts to bite repeating this until it eventually makes a hole).

**Larvae from isolated eggs.**— The behaviour of the larvae hatched from isolated eggs but with other eggs nearby is rather different from those hatched in groups of eggs. The larva eats its way out of the shell and immediately starts to crawl on the leaf surface until it meets another egg: the larva probes on that egg by doing a movement like that of spinning (which, in fact can be the first silk spinning of the larva), it continues spinning on the egg (as the spinning advances it crawls onto the egg) until it covers the whole surface with the spinning movement. Then the larva moves around until it finds another egg and repeats the process.

When that egg is covered by spinning, the larva moves, finds another egg and the process is repeated. The process is repeated for about five minutes. At irregular intervals the larva stops and remains motionless for a period from 2 or 3 seconds to one minute. This pattern of behaviour may be occasionally altered as, for example, when the larva meets an empty egg-shell; in that case the larva makes the spinning movements but very quickly, which may be caused by a special stimulus. Another example of change in the pattern of behaviour is when the larva meets a group of eggs; in this case the larva crawls quickly onto them and makes the sensing-type movements and keeps crawling and making the sensing movements for 4 or 5 seconds up to 3 minutes. If there is an egg about to hatch or an empty egg shell the larva stands on it and spins on it or on the egg next to it for a short period (up to 1 min.). Then it moves to the edge of the group and stops. Sometimes it tries to crawl out of the batch but when half its body is on the leaf surface it turns back, then either repeats the process or spins on the eggs at the edge. The larva repeats the sequence of crawling to the edge, spinning and going to another place on the edge for 3 to 4 minutes. At irregular intervals the larva usually meets one of the eggs about to hatch; in that case it stops and spins on it or on the next egg for about one minute, then raises its head and thorax and makes sensing movements for about 5 seconds.

After about 20 minutes from hatching the larva stops longer between crawls and also makes sensing movements more frequently. If the larva is near a group of eggs it usually crawls onto it and alternates the sensing movements with the spinning on the eggs; it may also attempt to bite the eggs (generally without success); then it crawls off and on the group of eggs for several times. This sequence is repeated several times. During one of these crawls the larva may go to a natural depression on the leaf and try to bite there: this may be achieved after a certain period of time (around 5 min., but variable, most probably affected by the toughness of the leaf). If the larva does not succeed in the first attempt it moves away and starts the sequence of 'crawling-sensing-crawling' for 5 to 8 minutes, then stops while making the sensing movements, starts a very fast spinning-like movement on the leaf surface, without trying to bite it, for about 2 minutes. Then it changes to normal spinning for about 2 minutes more. Then the larva starts to bite but alternates the biting with spinning for about 30 seconds, when it then starts to bite continuously and rather rhythmically for about three to four minutes (this period is very variable, probably influenced by the leaf toughness) after which it eventually succeeds in making a hole which is marked by rapid increase in intensity and speed of the biting movements. Three minutes after starting, the hole is big enough for the mandibles to go in, five minutes after starting it is big enough for half the head to go in, ten minutes after starting the whole head is inside the hole.

#### **First instar. After first feeding place**

Once the larva succeeds in making a first hole on the leaf surface it usually stays there eating the spongy mesophyll which is softer than the palisade tissue (2). It only stops to rest to excrete or when disturbed. The feeding results in a gallery inside the leaf tissue. This is usually larger than the width of the larva and obviously increases in width when the larva body increases.

At the beginning most of the body is on the leaf surface, in that case the larva expels excrement by simply rising the tip of the abdomen and expelling semiliquid pellets. Later when a gallery is made (up to 2 or 3 times the length of the larval body), to excrete the larva walks backwards in the gallery until its abdominal tip is out of the entrance hole, then it expels the faeces. Normally the larvae start to feed on the lower surface, consequently, most of the opening holes of the galleries are on that surface; therefore when the larvae expel the faeces at relatively high speed they are scattered on the lower leaves. However, a considerable proportion of first instar larvae, (between 10 and 30% in the present investigation; 23.3% in Harcourt (2)) feeds on the upper surface. In

this case the pellets can often be seen on the upper leaf surface around the gallery. The pellets are expelled at a relatively high speed away from the gallery opening. This can be interpreted as a means of avoiding accumulation near the entrance of the gallery, with subsequent decomposition of tissue and proliferation of fungi. Also it can be seen as a way of 'marking' the place as a 'territory' which another larva may consequently avoid. However, as the length of the gallery increases the distance necessary for the larva to go to the entrance hole also increases; then the larva goes backwards a certain distance, from 2 or 3 up to about 10 mm, and deposits the pellets on a place on one side. If the gallery is curved the pellets might be deposited on a bend. As the gallery increases in length the pellet deposit place is changed; thus in a long gallery it may be possible to see two, three or more pellet deposits.

Usually, the galleries are directed in a straight line; however, the leaf tissue is crossed by veins, the larva eats across thin veins but avoids the thicker ones. In some cases the galleries turn to one side. There are some instances in which there is no alternative route for the larva to make the gallery. In such cases the larva may try to turn in different directions until eventually it retreats and burrows in an opposite direction. Most commonly it makes a hole at the end of the gallery and goes out to make a new gallery. If there are two or more larvae in a small leaf (10 cm<sup>2</sup> or less), when they meet they reverse and crawl in different directions, but commonly they tend to stay together either in the same hole or in different holes. Normally the larva remains in the gallery until the end of the first instar when it goes out, generally to the lower surface of a nearby depression of the leaf or vein where it moults. Here, the larva spins a patch of silk and, prior to ecdysis, adopts a motionless position with the body straight and swollen.

### Second instar

After the moult, the creamy coloured larva remains motionless for about one hour (sometimes much longer). Then it moves out of the moulting place and after crawling for about 2 or 3 minutes starts to make a new hole which may be increased as a gallery or more commonly as a window-type hole, usually on the lower surface. The galleries made at the beginning of the second instar are usually shorter than those made in the first instar. The holes are almost invariably 'window' type, that is all the leaf tissue is eaten except the upper epidermis. Normally, one larva makes more than one hole, that is, changes feeding place.

In this second instar the larva eats through veins slightly thicker than in the first instar. When two

larvae meet they tend to crawl in different directions but do not show any sign of direct interference. At the end of the instar the larva moves to a secluded area such as a depression of the leaf or near a vein, and spins a patch of silk, then stays motionless for one hour until ecdysis takes place. It remains motionless about one hour after.

### Third instar

About one hour after moulting, the larva usually moves to a place nearby and starts to make a window-type hole; sometimes it moves to another leaf. The holes made in this instar (from 7 mm diameter upwards) are bigger than those made in the previous instar and also the veins through which the larva eats are thicker. The larvae generally do not obviously upset with each other unless there are many per leaf. If a larva when wandering on the plant (leaf or stem) meets another which is stationary (feeding, spinning, 'resting', etc.), the latter makes a sudden movement of the thorax or abdomen depending on the part touched and continues its previous activity (feeding, etc.). This may be repeated a few times until the wandering larva goes away. However if the contacts persist or if it is a strong one (like trying to crawl over the other larva, or biting it), the stationary larva usually reacts with a very rapid twitching movement of the thorax or the abdomen (again depending on the part touched) which is usually strong enough to shake the other larva away. This movement may also be repeated several times until the disturbing larva goes away. The disturbing larva may also react against the stationary one by doing the same sort of rapid twitching movement and, after a few times, one of them will crawl away, usually the disturbing one. The third instar larva feeds mostly on window type holes, but also on holes through the whole leaf lamina. Then the larva ceases feeding and goes to a sheltered place, such as a leaf depression or near a thick vein, where it spins a patch of silk, then the body is straightened and very soon it swells; the larva remains motionless for one hour or more until the moult takes place.

### Fourth instar

The new fourth instar larva is very light in colour and remains motionless for about one hour after ecdysis; then it starts to crawl away and goes to a new feeding place. The behaviour of the fourth instar larva is more or less similar to that of the third instar. At the beginning the larva usually makes window-type holes but later it feeds through the leaf lamina, including veins except those which are thick.

The larva is able to eat on almost any part of the leaf and once it has settled in one feeding place it generally remains in that place long enough to eat a

big hole (up to eight hours, provided that it is not disturbed). During this time the larva alternates feeding and resting; the duration of each of these is variable. It also may move short distances (5 to 20 mm) or change the position of the body but always remains within its feeding area. It is not easily moved away by disturbance from other larvae although it reacts rapidly. The pattern of reaction is very much like that of the third instar although the movements are faster and stronger.

#### Pre-pupa

The larva goes to a sheltered place, apparently drier than the feeding place, i.e. a depression of the leaf surface, near a thick vein, or less frequently on the petiole or stem. In that place it starts to spin a patch of silk on the leaf surface. At this stage the body starts to change in colour to pinkish. When the larva has finished the patch of silk ('floor' of the cocoon) it remains straight and motionless for about two hours. The body continues changing in colour and starts to swell. Then the larva starts to make the walls of the cocoon. To do this the larva moves its head from side to side to stick the silk threads to the sides. Occasionally it turns through 190° and from there it spins short diagonal threads of silk, later remaining in its original position. The same pattern is repeated many times until a wide-mesh open net is made over itself.

When this open net is finished the larva does not turn its body completely any more but continues to spin the cocoon by turning the thorax to the sides as far as possible until it finishes the cocoon. Then the prepupa remains motionless for a variable period (normally about one day at 20°C temperature), after which it moults by a split along the midline of the thoracic cuticle splitting down to the tip of the abdomen. The emerging pupa wriggles to help the shedding of the cuticle. The larval skin slips to the abdominal end and remains there.

#### Pupa

When the pupa emerges, it is very light in colour, rather white-creamish and transparent. Shortly afterwards the pupal cuticle becomes opaque and yellowish. The colour remains unchanged for four or five days at room temperature. Then it starts to become darker and by the sixth day it is brown-greyish and continues darkening until it becomes totally dark brown (hours before the adult emerges). Minutes before the emergence of the adult, the pupa becomes rather blackish and all the features of the adult can easily be seen through the pupal cuticle. The ecdysis starts with the splitting of the cuticle in the midline of the thorax which continues down to

the abdomen. The imago pushes its way out of the cocoon through the frontal end which is spun in such a way that it allows the adult to get out.

#### SPACING BEHAVIOUR OF THE LARVAE

Before describing the spacing behaviour of the larvae it is necessary to mention some characteristics of these larvae which are directly involved in such behaviour.

The first instar larva seems to have relatively weak mandibles which may condition its feeding behaviour. This is suggested by the fact that at the beginning it spends a relatively long time wandering, probing and trying to bite before the first feeding puncture is made. It may also be that the mandibles are initially not hard enough to bite the leaf tissue. This suggestion of weakness of the mandibles could be applied to the older instars which feed only on the sponge tissue, avoiding the thick veins, leaving the harder upper epidermis. And even when they are able to eat through the whole thickness of the leaf lamina they still avoid the thick veins. In this way the larvae on a leaf tend to get into 'feeding cells' separated by the veins.

In general, the larva may have means of detecting any change in the condition of the leaf tissue. Thorsteinson (5, 6) demonstrated chemotactic (olfactory as well as gustatory) responses in the finding of the host plant, in inducing the larva to bite, and in the amount of leaf tissue eaten by the larvae as well as in the host finding and in the oviposition by the adults. Therefore it is most likely that the same type of response will induce the detection of leaf-tissue suitability by the larva. In the present investigation it was observed that recently hatched larvae started to eat quicker when the leaf tissue was cut.

This behaviour may be influenced by not only chemotactic stimuli, but also by physical and morphological factors which combined with those chemotactic stimuli to make leaf tissue suitable.

Some of the morphological factors of major importance are: the texture, the succulence, the toughness of the leaf (6), and the anatomical disposition of the cells in the leaf, as was demonstrated by Rudder and Brett (3) for varieties of Kale (loosely arranged cells and abundance of air space in susceptible varieties, and densely compact cells without air space in resistant ones). The chemical factors are discussed in detail by Thorsteinson (5) and Gupta and Thorsteinson (1). The larva is so sensitive to the quality of the leaf tissue that it will never burrow a gallery beside another gallery which has been previously burrowed irrespective of whether it is its own gallery; also it will

change the direction of the gallery to avoid areas where changes in the leaf tissue have occurred. When there is no other alternative route for the larva, it generally makes a hole in the epidermis of the leaf and gets out, to start a new gallery. But, as explained before, the larva is not only able to detect those abnormal changes in the plant tissue but also the more normal ones, for example when it meets a vein in the leaf which is less tender than the tissue around, or when the leaf toughness changes near the edges of the leaf.

Another important characteristic of the larvae in all the instars, which contributes to the 'spacing' of the larvae in the plant, is the ability (common to many Lepidoptera) of spinning a thread of silk which from immediately after hatching may serve as a guide or support for the legs and prolegs when crawling, but which has an apparently more important role in the larvae. For example, if there is a sudden disturbance such as a strong wind, shaking of the leaves, or interference by another larva, it is able to hang from the thread until the disturbance ceases and it regains the original position by twisting its body, grasping the thread with the mandibles and legs, and so climbing up to its original leaf, or it may lower itself to another part of the plant or even to the ground and to a neighbouring plant. This favours dispersal from the original population, which might be vital under conditions of high larval density or shortage of food.

### Discussion

The behaviour of the recently hatched larvae is notable for the galleries or mines they construct. The mines never contact each other because before meeting another gallery the larvae emerge and start a new gallery somewhere else. In that way there is less direct competition for the host plant, the area (and hence time) to be searched by natural enemies is no doubt increased and in cases of high initial densities the surplus population of *P. xylostella* is eliminated, thus minimising the danger of over-eating the host plant. This helps to ensure that large adults which will be fit for reproduction are produced, since fertility is related to the weight of the adults. It was found in previous experiments that pupal length and weight, and adult weight were inversely correlated with larval density.

Older larvae tend to keep near to each other but maintain a certain distance apart— so called 'spaced-out' gregariousness. This spacing is ensured, at least partially, by the wriggling movements of the larvae when disturbed, and seem to be beneficial especially for escaping natural enemies or avoidance of other competitors either of the same or different species.

In general it can be said that the typical behaviour of *P. xylostella* larvae which is partially characterized by the relatively frequent change of feeding places, may be important in the survival of the population in, at least, two ways. Firstly, because it increases the probability of meeting each other according to the density of the population; therefore for each larvae it acts as a means of 'measuring' the population density, consequently it induces dispersal from the crowded areas and hence it avoids over-exploitation of resources such as food or space by the 'spacing' behaviour already described. Secondly, in cases where the populations density is very low, this 'moving' behaviour increases the probability of two larvae meeting and mutually stimulating to feed, which might be essential for the survival of the larvae.

### Summary

The recently hatched larvae of *Plutella xylostella* (L.) make galleries in such a way that they never contact each other, minimising the probability of competition for food, space and risks of natural enemies. Experiments were carried out in controlled environment rooms ( $20 \pm 1^\circ\text{C}$ , 16 h light/day, 44-52% relative humidity). Transparent plastic circular boxes were used as cages. Leaf discs (2.5 cm diameter) of tender cabbage were distributed inside the cages, in vertical position. A layer of moistened silver sand held the leaf discs. The behaviour of the larvae was recorded from the moment they hatched until the cocoon was finished. The experiments included larvae hatching both from eggs in groups and isolated. The observations were made continuously and as frequently as possible. The first instar observations were divided from hatching to first feeding place, and after first feeding place. Each larva starts crawling and making "sensing" movements with the head. After several minutes and when stimulated by other larvae, the wandering larva starts to feed. Isolated larvae tend to starve as there is no stimulus from other larvae. After the first moult the larvae feed outside, not in galleries. The larvae have several ways of "spacing" themselves, for example by detecting changes in the quality of the leaf tissue, by hanging from threads of silk, by making sudden shaking movements, etc. The spacing induces the dispersal from crowded areas, hence avoiding over-exploitation of food and space. In cases of very low population density, the wandering of the larvae increases the probability of two larvae meeting and mutually stimulating to feed.

### Literature cited

- 1 GUPTA, P. D. y THORSTEINSON, A. J. Food plant relationships of the diamond-back moth *Plutella maculipennis* (Curt.) I. Gustation and

- olfaction in relation to botanical specificity of the larva. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 3:241-250. 1960.
2. HARCOURT, D. G. Biology of the diamond-back moth, *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera: Plutellinae), in eastern Ontario. II. Life history, behaviour, and host relationships. s.r. 1957.
  3. RUDDER, J. D. and BRETT, C. H. Resistance of commercial cruciferous varieties to larvae of the diamond-back moth in the coastal plain of North Carolina. *Journal of Economic Entomology* 60:(1):272-275. 1967.
  4. SALINAS, P. J. Studies on the ecology and behaviour of the larvae of *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae). Ph.D. Thesis. University of London. Unpublished. 1972.
  5. THORSTEINSON, A. J. The role of host selection in the ecology of phytophagous insects. *Canadian Entomologist* 85:276-282. 1953.
  6. THORSTEINSON, A. J. Host selection in phytophagous insects. *Annual Review of Entomology* 5:193-218. 1960.

# CARACTERISTICAS DEL PALMITO FRESCO Y PROCESADO AL HORNO DE LA PALMA DE PEJIBAYE (*Bactris gasipaes*)<sup>1</sup>

A. J. ORTIZ\*  
S. CALDERON\*\*  
O. L. CORDERO\*\*  
O. ARGUELLO\*\*

## Summary

*Some physical characteristics and chemical composition of the raw and oven baked heart (palmito) of pejibaye palm (*Bactris gasipaes* H. B. K.) are reported.*

*The weight yield per unit of length (kg/m) was found to be closely related to the diameter of the stem ( $r = 0.0319$ ) by an exponential type equation  $Y = 0.069 \exp(0.54X)$ . The heart represent about twenty per cent weight of the stem for the same unit of length.*

*The effect of number of layers on the acceptability and weight loss during the oven process was studied for different conditions of temperature and processing time. The best results were obtained by oven at 250 and 300°C during 25 minutes. Both oven conditions showed similar results with two layers, however general acceptance increased with the oven at 300°C/25 min with three layers.*

*Preliminary tests have shown the product is highly perishable; it was found to be contaminated during the cooling state prior to packaging. This situation could be overcome by appropriate design of cooling chamber for this purpose.*

## Introducción

**E**l palmito, nombre general con que se conoce al corazón de diferentes palmeras (5), es un producto considerado como exótico y de creciente demanda, especialmente para el mercado de exportación (7). En Brasil (el mayor productor mundial) al igual que en Costa Rica, se han utilizado palmeras silvestres para este fin, las cuales, para la obtención del palmito, deben ser eliminadas lo que amenaza con la extinción de estos grupos (5).

Por lo anterior y con miras al establecimiento de plantaciones comerciales, se han reconocido diferentes especies dentro de las cuales el pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) (1, 6) es una de las más prometedoras ya que al producir varios estípites (2) se puede obtener el palmito de uno o varios de estos, sin tener que eliminar toda la planta.

El pejibaye es una palmera americana de zonas tropicales de alta precipitación (2) El pejibaye moderno es un producto de la hibridación accidental y selección empírica, hecha por los indios precolombinos (3, 4) quienes reconocieron el valor alimenticio del fruto, el que preparaban de diversas formas, cobrando tal importancia que llegó a competir con el maíz como cultivo principal (6).

En Costa Rica el palmito se consume generalmente fresco en ensaladas aunque también se prepara en salmueras y en vinagre; en el mercado de exportación se vende generalmente en latas de 14 onzas (7).

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 13 de octubre de 1983  
Los autores expresan su más sincero agradecimiento al señor Delfino de la Garza quien suministrara el material para el presente trabajo.

\* Industrias PRIMA, Panamá. Apartado 2202, Zona 9A. Rep. de Panamá.

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

Una forma tradicional de preparación del palmito ha sido mediante cocción en horno, y el palmito así obtenido, tiene un sabor muy agradable difícil de igualar por cualquier otro modo de preparación

Este documento presenta algunas características del palmito de pejíbaye y el resultado de algunas pruebas, utilizando este método de preparación.

### Materiales y métodos

Los tallos de palmito utilizados en todas las pruebas fueron traídos de Finca Salamá, ubicada en Río Claro, cantón de Golfito, provincia de Puntarenas y obtenidos de una misma parcela de dos años de edad.

Se obtuvieron sin la capa deepicido exterior (cubierta de espinas) y fueron horneados bajo diferentes condiciones de tiempo y temperatura. El producto (palmito horneado) luego de enfriarse hasta temperatura ambiente, fue empacado en bolsas plásticas y refrigerado a 4°C por 24 horas para luego ser sometido a análisis sensorial.

Datos de peso, longitud y diámetro fueron registrados para el palmito fresco. Se estimaron pérdidas de peso durante el horneado para cada tratamiento y se determinó la composición proximal para el producto fresco y tratamientos seleccionados. Los análisis químicos reportados se realizaron de acuerdo a la AOAC (1980), excepto para el almidón en que se utilizó el método de Nielsen (1943). Las pruebas de horneado se llevaron a cabo en horno eléctrico doméstico en los que se adaptaron termómetros para el control de temperatura, utilizando la información preliminar de que horneando a 200°C por 20 minutos se obtuvo un producto aceptable. Las pruebas de análisis sensorial se realizaron utilizando la prueba de preferencia tipo hedónica con escala estructurada de 0-10 puntos para cada característica organoléptica; las muestras fueron servidas a temperatura ambiente y en placas de petri cortado en trozos de aproximadamente 0.5 cm de espesor, distribuidas aleatoriamente a 24 panelistas sin entrenamiento.

### Resultados y discusión

Los datos de composición química proximal ayudan a comprender la alta perecibilidad del producto, el alto valor de pH lo hace un medio casi ideal para un gran número de microorganismos (Cuadro 1), la composición química se ve afectada por el proceso de horneado, sobre todo en humedad y acidez, esta última sugiere que estos disminuyen por volatilización o cambian a otras formas originando compuestos responsables del aroma.

Cuadro 1. Composición química proximal (%)<sup>\*</sup> del corazón del palmito de pejíbaye.

Análisis	Fresco	H250/25 <sup>4</sup>	H300/25 <sup>4</sup>
Humedad	90.15	87.4	87.2
Proteína <sup>1</sup>	3.00	4.8	3.8
Grasa <sup>2</sup>	0.50	0.7	0.7
Ceniza	1.05	1.2	1.2
Fibra	0.90	1.4	1.4
Acidez <sup>3</sup>	0.90	0.3	0.3
pH	4.20	5.7	5.8
Almidón	0.50	0.5	0.6

\* Resultados de dos repeticiones solamente.

1 Nitrógeno x 6.25

2 Extracción con éter etílico.

3 Acido cítrico.

4 Horneado: Temperatura (°C)/Tiempo (min).

Un análisis de los datos nos permite obtener una relación entre el diámetro del tallo y el peso/longitud (Figura 1), según éste los datos se encuentran relacionados mediante una función de tipo exponencial ( $r = 0.9319$ ), sin embargo, el corazón o parte útil mantiene una relación constante (CV = 0.22) de ~ 20% respecto al peso del tallo (Cuadro 2).

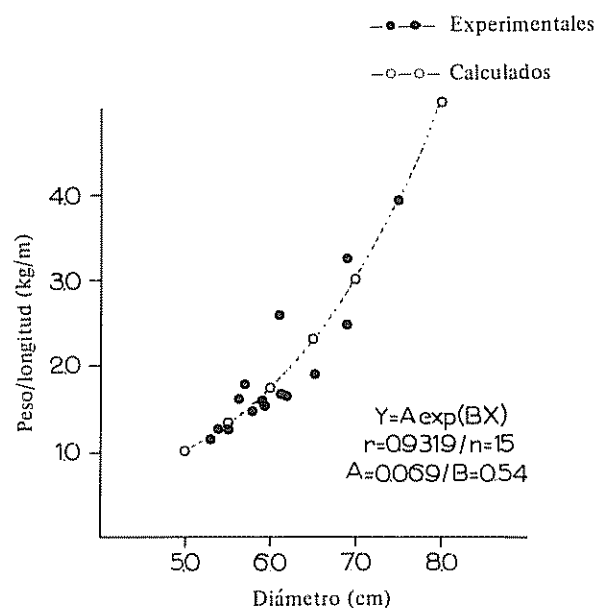


Fig. 1. Relación peso/longitud - diámetro tallo

Desde el punto de vista organoléptico los mejores resultados se obtienen al hornear con tres capas a 250°C por 25 minutos y 300°C para los diferentes tiempos ensayados. (El Cuadro 3 resume los resultados del análisis sensorial).

La pérdida en peso durante el horneado es mayor a mayor temperatura y tiempo (Cuadro 4), el efecto protector de una capa adicional es evidente, sin embargo, deberá considerarse el efecto sobre el costo adicional por concepto de energía (calor).

Cuadro 2. Relación en peso (%) de las capas en palmito de pejibaye.

Peso (g)*	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C
2 000	27.5	25.0	20.0	12.5
1 575	36.8	28.6	17.5	22.2
1 400	32.0	28.6	17.8	26.8
2 025	24.7	21.0	14.1	17.3
2 175	24.1	19.5	12.6	19.3
3 425	24.1	20.0	13.0	19.0
1 560	32.1	27.2	18.3	22.4
1 645	31.9	25.8	16.7	25.5
2 610	31.6	26.2	17.2	24.9
$\bar{X}$	29.42	24.66	16.36	21.10
S	4.50	3.59	2.53	4.54
CV	0.153	0.146	0.160	0.220

\* No se considera la capa exterior cubierta de espinas.

C<sub>1</sub>: capas/C: corazón del palmito

Ver Figura 2

Cuadro 3. Puntajes promedio\* para palmito horneado con tres capas (Resumen).

Tratamiento (°C/min)	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura
200/15	6.98	7.04	5.85	5.61	5.29
200/20	6.87	6.85	5.79	5.65	5.43
200/25	7.15	7.16	5.75	5.20	4.43
250/15	6.85	7.13	5.97	5.15	4.92
250/20	7.25	7.11	5.67	5.82	6.05
250/25	7.11	7.19	5.98	5.87	5.95
300/15	6.82	6.78	5.75	6.04	6.87
300/20	7.49	7.40	6.54	6.79	7.02
300/25	7.72	7.50	6.30	6.58	6.97
300/30	7.36	7.48	6.05	6.77	7.46

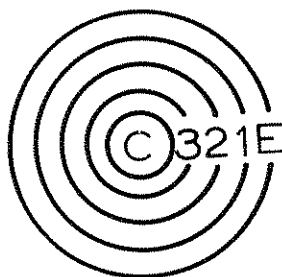
\* Puntaje promedio de aceptación para cada atributo (escala 0-10).



Cuadro 4. Pérdida de peso (%) durante el horneado para el palmito con dos y tres capas\*.

Tiempo (min)	Temperatura (°C)		
	200	250	300
<b>DOS CAPAS</b>			
15	12.5	18.3	37.0
20	17.5	26.0	31.0
25	10.6	24.0	23.0
30	—	—	31.0
<b>TRES CAPAS</b>			
15	8.3	11.0	22.0
20	13.0	17.0	26.0
25	12.0	18.0	31.0
30	—	—	26.0

\* Dos repeticiones solamente



C: Corazón (palmito)  
E: Capa o pecíolo exterior, cubierta de espinas, eliminada en plantación.

Fig. 2. Diagrama de distribución de capas en palmito de pejibaye (ILUSTRATIVO).

Pruebas preliminares de almacenamiento del producto horneado indican que éste es altamente perecible con una vida útil no mayor de dos semanas bajo las condiciones estudiadas. Sin embargo, considerando que es contaminado durante el enfriamiento previo al empaque, esto podrá ser resuelto con el diseño apropiado de cámaras para este fin. Al procesar palmito con 24 y 72 horas posrecolección (poscorta), se encontró que el producto obtenido de este último es marcadamente inferior, sin embargo, es necesario realizar pruebas adicionales.

### Resumen

Se reportan algunas características físicas y químicas del palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.), así como el resultado de algunas pruebas de preparación por horneado.

Se encontró que el rendimiento lineal del corazón (kg/m) está relacionado con el diámetro del tallo mediante una función de tipo exponencial  $Y = 0.060 \exp(0.54X)$ , el corazón representa aproximadamente el 20% del peso del tallo para una misma unidad de longitud.

El efecto del número de capas que rodean al palmito, sobre la pérdida de peso y las características sensoriales durante el horneado, fue estudiado para diferentes combinaciones de temperatura y tiempo. Los mejores resultados se obtuvieron a 250 y 300°C/25 min. Estos fueron similares cuando se utilizaron dos capas, sin embargo, la preferencia aumentó al utilizar tres capas para el horneado a 300°C/25 min.

Pruebas preliminares de almacenamiento mostraron que el producto es altamente perecible, encontrándose que es contaminado durante el proceso de enfriamiento, situación que podría ser superada con el diseño de una cámara para este propósito.

## Literatura citada

1. CLEMENT, CH. y URPI, J. M. Pejibaye llega a su mayor edad. *ASBANA* 5(14):6. 1981.
2. LEON, J. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica, 1968. 487 p.
3. MORA, J. *et al.* Consideraciones sobre el origen del pejiabaye. *ASBANA* 3(9):5-14-15. 1979.
4. MORA, J. *et al.* El pejiabaye. Banco Mundial de Costa Rica, 1982. 15 p.
5. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Under-exploited tropical plants with promising economic value. Washington, D.C., 1975. 189 p.
6. PATIÑO, V. M. El cachipay o pejiabay, en la cultura de los indígenas de la América intertropical. Instituto Indigenista Interamericano. México, D.F., 1958. Ediciones especiales No. 39, pp. 177-204, 299-332.
7. SILESKEY, F. Comercialización de corazones de palma (palmito) en los Estados Unidos. *ASBANA* s.r. 1977. 5 p.

## Reseña de libros

BRESLER, E., McNEAL, B. L. y CARTER, D. L. Saline and sodic soils. Principles-Dynamics-Modeling. Springer-Verlag. Berlin, Germany. 1982. 236 p.

Al leer el título de esta obra, cualquier lector podría imaginarse que se trata de un texto más en el que se describen los principios, la dinámica y el uso de modelos matemáticos descritos o empleados en suelos salinos y sódicos. Sin embargo, los autores enfocan gran parte del texto a la discusión del tema en forma teórica, considerando que las sales pueden provenir de aplicaciones de fertilizantes, contaminantes del medio ambiente y otros casos similares. Si bien es cierto que las citas mencionadas cubren los aspectos más relevantes de áreas secas o semisecas, la forma de presentar los conceptos es tan didáctica que bien puede emplearse el libro como texto para ciertos capítulos en cursos de físico-química de suelos e hidrología.

El libro está dividido en tres partes: (i) diagnóstico y propiedades, (ii) transporte y distribución de sales y (iii) manejo de suelo salino y sódicos. En la parte (i) se discuten aspectos tales como el origen de las sales,

calidad del agua y parámetros para estimar salinidad en suelos, fenómenos de superficie en suelos salinos, disolución y precipitación de sales y el diagnóstico de problemas de salinidad.

La parte (ii) cubre los procesos de movimiento del agua, el transporte de sales en el suelo y modelos para describir el fenómeno de flujo de sales. En la parte (iii) se trata la tolerancia de cultivos a condiciones de salinidad, prácticas de irrigación, reclamación de suelos salinos y sódicos, modelos de flujo de solutos empleados para el manejo óptimo del riego y prácticas de manejo especiales.

En la presentación del material, los autores usan 78 figuras y 257 ecuaciones matemáticas. El libro está escrito con suficiente detalle para estudiantes y profesionales en hidrología y agricultura con buenos conocimientos de matemáticas, física, química y biología.

Dado que los problemas de salinidad no solo se presentan en regiones áridas y semiáridas, sino también con problemas en contaminación ambiental, esta obra es de relevancia para especialistas en este último tópico.

ALFREDO ALVARADO  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

## Reseña de libros

PENNANT-REA, R. y EMMOTT, B. *The pocket economist*. Oxford, Martin Robertson y London, *The Economist*, 1983. 194 p.

Más que un diccionario, este entretenido libro es una breve guía para entender mejor la economía, ese fenómeno que afecta empleos, precios y comercio, que origina discusiones en cafés y asambleas, y que, en grado variable, causa perplejidad a todos menos al verdaderamente despreocupado. No intenta ser una guía amplia de la economía, lo que ocuparía más espacio para temas teóricos e históricos. Está, más bien, destinado a estar a la mano del hombre de negocios o estudiante, para una consulta rápida, cuando uno no está seguro de los términos de la jerga que emerge o cambia en estos tiempos de crisis.

De fácil lectura e informativo, tiene definiciones claras, gráficos, caricaturas y cuadros, liberalmente sazonados con ese humor irreverente característico de *The Economist*. La jerga económica (o la de cualquier rama del saber humano) es una conspiración contra los no iniciados, pero es también una taquigrafía útil para una profesión, por lo que no va a desaparecer tratándola peyorativamente. Pero puede ser comprendida y explotada por el lego, especialmente si se pone en contacto con la materia por la vía de la puerta delantera del uso práctico y no por el desván de la alta teoría.

Así tenemos que la "mano invisible" es definida como la clave visible de Adam Smith sobre la forma como funciona, o debería funcionar, idealmente, el sistema capitalista. Pero, "también se necesitan manos visibles ya que algunos individuos son lo suficiente hábiles como para embaucar a otros y hacerse de algunos pesos; ejemplos de los controles visibles incluyen a los policías, gobiernos y agencias anti-trust. Demasiada reglamentación, sin embargo, puede darle una tembladera a la mano invisible".

Las definiciones se inician en muchos casos con humor. Comercio invisible lo componen "las exportaciones e importaciones que uno no puede dejar caer sobre su pie, esto es, servicios tales como...". Un banco central es "mecánico y policía para el sistema

monetario". La matriz es "una colección de números, ordenados en un rectángulo. Un cuadro de insumo-producto (input-output) es un ejemplo de matriz. Compare esto con un vector, que es una hilera de números puestos ya sea en una fila o en una columna". Hablando de la "economía negra", después de explicar que este sistema de ingresos no declarados representa en Gran Bretaña y Estados Unidos sólo el 2 por ciento del PBN, manifiesta que en Italia "puede llegar a 14 por ciento; este fondo de iniciativa y trabajo duro puede ser el motor del crecimiento italiano".

Esta unión de humor e irreverencia refleja el estilo de *The Economist*, en donde trabajan los dos autores (el primero es su editor económico), con su escepticismo sobre la influencia del Estado en la economía y sobre el exceso de matemáticas en la ciencia económica, "la enfermedad que ha atrofiado a muchos economistas académicos", así como también con su simpatía por empresario emprendedor (*entrepreneur*), "la vida y alma del capitalismo".

Aquellos que deseen algo más serio y convencional, pueden usar "The Penguin dictionary of economics" (London, 1972), cuyos tres autores son egresados del London School of Economics, dos de ellos funcionarios del gobierno británico. Es conciso y claro, pero hay que buscar una edición reciente, que refleje los cambios post-OPEP en el hecho y pensamiento económicos.

Aquellos partidarios del análisis empírico, que usa inferencia estadística indirecta, o modelos matemáticos sin datos, pueden consultar el "Diccionario de Economía Política", dirigido por Claudio Napoleoni (Madrid, 1972), en el que encontrarán desde tres páginas de fórmulas sobre "elasticidad", 33 sobre "programación lineal", hasta 101 páginas sobre "interdependencias estructurales". El problema es que este libro fue traducido del italiano de la edición original de 1956 y que, por su extensión, es poco probable que se haya puesto al día.

Por último, para aquellos que en su labor cotidiana quieren aclarar dudas sobre el acontecer económico que los envuelve, este pequeño libro les traerá información y entretenimiento. También podría ayudar a los economistas profesionales a explicarse mañana por qué estuvieron equivocados ayer.

ADALBERTO GORBITZ  
EDITOR EMERITO  
IICA  
SAN JOSE, COSTA RICA

J. PEREZ G\*  
R. BOREL\*\*  
F. BERTSCH\*\*\*

### Summary

*The response of Leucaena leucocephala (Lam) de Wit cv. Perú to different nutrients in an acid soil of Costa Rica was evaluated in a glasshouse experiment, using the missing or additive element technique. Fourteen treatments were studied: Complete, +B, +K, +Mg, -P, +Fe, +N, -S, -Zn, -Lime, +Ca, +Mo and Control.*

*No significant differences were detected due to the addition of those elements which were considered at an adequate level in the soil. P and S deficiencies determined through the laboratory analysis were confirmed by the experimental results, whereas Zn deficiency was not confirmed. Absence of lime resulted in a lower growth, although not significantly.*

*The addition of Mn produced toxicity symptoms which were confirmed by leaf analysis (1400 ppm). No significant response was detected as a result of specific inoculation.*

### Introducción

**L** *eucaena leucocephala* constituye una de las leguminosas tropicales que reciben mayor atención debido a sus cuantiosos usos entre los que destaca su aprovechamiento como planta forrajera (5).

Dentro de su amplio estudio existen todavía aspectos poco evaluados como son las limitaciones al crecimiento en suelos ácidos; en ellos, comúnmente se presentan restricciones en la fijación simbiótica de nitrógeno (11, 16) y problemas de disponibilidad o exceso de nutrimentos (4, 12).

El presente trabajo tiene como objetivo jerarquizar la prioridad de elementos en la nutrición mineral de *L. leucocephala* durante la etapa de establecimiento, en un suelo ácido de Costa Rica. Lo anterior se tomará como base para la planificación de experimentos a nivel de campo.

### Materiales y métodos

**Experimento 1. Determinación de elementos prioritarios mediante la técnica del elemento faltante o aditivo.**

Para la determinación se realizó un ensayo bajo condiciones de invernadero en las instalaciones del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Se usaron macetas

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 29 de marzo de 1983. Se agradece a los Gobiernos de México, Holanda y Canadá por las becas y asistencias que permitieron al autor principal cursar sus estudios en CATIE y preparar el informe de este trabajo; a los Jefes de los Departamentos de Producción Vegetal y Producción Animal del CATIE por su apoyo; al Ing M.S.R. Piskulich por su asistencia en el análisis de los datos; y al Ing M.S. Roberto Díaz Romeu por las facilidades ofrecidas y por sus comentarios sobre este escrito

Un compendio de este artículo ha sido sometido a la revista "Leucaena News".

\* Estudiante graduado, CATIE, Turrialba, Costa Rica

\*\* Agrostólogo, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

\*\*\* Estudiante graduada, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

de polietileno negro, de 40 cm de alto x 12 cm de diámetro, llenadas con 4 kg de suelo secado al aire. El riego fue por aspersión manual, con agua destilada y a capacidad de campo. El suelo en estudio corresponde al horizonte A<sub>1</sub> de la serie Colorado (terrenos del CATIE), clasificado como Inceptisol de origen andesítico (1). El área muestreada corresponde a una pradera natural compuesta por gramíneas de los géneros *Paspalum* y *Axonopus* y leguminosas de los géneros *Phaseolus*, *Centrosema*, *Desmodium*, *Mimosa* y *Vigna*. Las muestras de suelo se analizaron siguiendo la metodología indicada por Díaz-Romeu y Hunter (6), obteniéndose los siguientes resultados: pH 5.0; acidez extraíble 1.35 meq/100 ml; 19.3% de saturación de acidez; 7.4% de materia orgánica y 0.4% de N; las cantidades de P, Mn, Zn, Cu, Fe y S fueron de 5.8, 24.5, 2.9, 28.9, 152.7 y 4.48 µg/ml. Las de Ca, Mg y K fueron 4.2, 1.2 y 0.23 meq/100 ml respectivamente.

Para la evaluación se utilizó la técnica del elemento faltante o aditivo (6, 13), probándose los siguientes tratamientos: Completo, +B, +K, +Mg, +Mn, +Fe, +N, +Cu, +Mo, -P, -S, -Zn, -Ca y Testigo. El tratamiento Completo consistió en la aplicación simultánea de los elementos que, con base en los análisis de laboratorio (6), se consideraron deficientes en el suelo: P, S, Zn y encalado. Los otros tratamientos consistieron en la omisión individual de los mismos elementos, o en la adición de los nutrientes que tenían una concentración adecuada en el suelo. El Testigo no recibió ningún elemento. Para determinar los compuestos y niveles de los elementos aplicados en cada tratamiento (Cuadro 1) se utilizó la metodología de Díaz y Hunter (6), la cual considera el análisis de suelo, curvas de retención y antecedentes con leguminosas en el mismo suelo.

Todos los tratamientos, excepto el Testigo, fueron inoculados. Se utilizó inoculante específico (cepa CIAT 871) con una población de  $1.09 \times 10^7$  bacterias/ml. El revestimiento consistió en CaCO<sub>3</sub> y como adherente se utilizó agua azucarada al 10%. El proceso de inoculación consistió en disolver una parte del inóculo en dos partes de adherente; una parte de esta solución fue usada por cada seis partes de semilla, finalmente se mezclaron partes iguales de revestimiento y semilla (indicaciones del CIAT, (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia) anexos al inoculante). Las semillas fueron escarificadas individualmente mediante incisiones con bisturi.

Cuadro 1. Cantidades requeridas de elementos agregados a 4 000 ml del suelo en estudio.

Nutriente o elemento	Cantidad de elemento aplicado	Compuesto utilizado grado reactivo
Fósforo	250 ppm	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
Nitrógeno	22.5 ppm	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>
Potasio	0.2 meq/100 ml	KCl
Azufre	45 ppm	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Calcio	0.14 g CaCO <sub>3</sub> /100 ml	CaCO <sub>3</sub>
Magnesio	0.02 g MgO/100 ml	MgO
Boro	8 ppm	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
Hierro	20 ppm	FeCl <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O
Manganeso	30 ppm	MnCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O
Zinc	12 ppm	ZnCl <sub>2</sub>
Cobre	2 ppm	CuCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O
Molibdeno	0.45 ppm	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> MO <sub>7</sub> O <sub>24</sub> · 4H <sub>2</sub> O

Se usó un diseño irrestricto al azar con tres repeticiones y seis plantas/maceta como unidad experimental. El ensayo duró tres meses. Las variables evaluadas al final de la prueba fueron: a) producción de materia seca (hojas, tallos y raíces); biomasa aérea (hojas + tallos) y biomasa total (lo anterior + raíces); b) variables morfológicas (altura, largo de la raíz, área foliar y número de hojas) y c) nodulación (peso y número de nódulos y número de plantas noduladas). Los resultados fueron comparados a través de la prueba de rango múltiple de Duncan (7). Se aplicó la transformación  $n = \sqrt{x}$  para las variables número de hojas y número de nódulos y  $n = \sqrt{x + 1}$  para número de plantas noduladas.

#### Experimento 2. Efecto de la inoculación en los tratamientos Completo y Testigo.

Dos tratamientos adicionales fueron incluidos para evaluar el efecto de la inoculación en los tratamientos Completo y Testigo del Experimento 1. Se realizaron comparaciones simples entre el tratamiento Completo (con inóculo y revestimiento) y un tratamiento equivalente pero sin inóculo y sin revestimiento (-RhCa). De igual manera el Testigo del Experimento 1 (sin inóculo y sin revestimiento) fue comparado con un tratamiento equivalente, más inóculo y revestimiento (+RhCa). En la evaluación se consideraron las variables biomasa aérea, peso y número de nódulos y número de plantas noduladas.

### Experimento 3. Efecto del material de revestimiento sobre la nodulación.

En esta prueba se compararon el tratamiento Completo del Experimento 1 y un tratamiento equivalente, el cual incluyó roca fosfórica de Florida como material de recubrimiento, en sustitución del  $\text{CaCO}_3$ . Las cantidades de producto y las técnicas de inoculación y revestimiento fueron las mismas en ambos tratamientos.

## Resultados y discusión

### Experimento 1

**Producción de materia seca.** Los resultados de producción de materia seca (M.S.) se presentan en el Cuadro 2 y los rendimientos de biomasa aérea expresados como porcentaje del tratamiento completo se presentan en la Figura 1. Los resultados y discusión se enfatizan en la biomasa aérea por considerarse el mejor indicador de respuesta biológica de acuerdo al enfoque forrajero del estudio.

El valor más alto de producción de M.S. correspondió al tratamiento completo con 15.66 g/maceta, triplicando la producción del tratamiento Testigo (4.60 g/maceta), el valor más bajo de la prueba.

Los tratamientos aditivos resultaron estadísticamente iguales al tratamiento completo; sin embargo ninguno de ellos lo igualó o superó en rendimiento de M.S. La falta de respuesta a la adición de estos

elementos confirmó la información de laboratorio referente a los niveles adecuados de estos nutrimentos en el suelo. En el tratamiento + Mn se observaron síntomas de toxicidad (decoloración intervenal en las hojas), los cuales fueron corroborados posteriormente por análisis foliar (1400 ppm); sin embargo la toxicidad de Mn para esta especie se considera de 550 ppm (2). En el tratamiento Testigo se obtuvieron valores de 432 ppm.

Los tratamientos -S y -P resultaron los más críticos de la prueba, estadísticamente diferentes al tratamiento completo e iguales al Testigo. Los valores de 9, 10 g para -S y de 7.24 g/maceta para -P significaron rendimientos relativos de 58.1% y 46.2% respectivamente (deficiencia neta y grave en ese orden). La respuesta detrimental de la planta a la deficiencia de fósforo en el suelo es extensiva para la mayoría de las leguminosas tropicales, las cuales demandan primordialmente este elemento para la producción de materia seca (3). Por otro lado se corroboró la alta sensibilidad de *L. leucocephala* a niveles deficientes de azufre (10, 15).

La respuesta del tratamiento -Zn no coincidió con los valores bajos de este elemento en el suelo. Estadísticamente fue igual al tratamiento Completo y con un rendimiento relativo de 96.6%, muy próximo al tratamiento óptimo. Estos resultados coinciden con observaciones de campo relativas a la capacidad de *L. leucocephala* de crecer bien en suelos deficientes en Zn (9, 13).

Cuadro 2. Rendimiento de biomasa total y componentes de *L. leucocephala* en los diferentes tratamientos nutritivos.

Tratamiento	Hojas	Tallos	Raíces	Biomasa aérea	Biomasa total
	g MS/maceta				
Completo	7.03 <sup>ab</sup>	8.63 <sup>a</sup>	7.80 <sup>a</sup>	15.66 <sup>a</sup>	23.46 <sup>a</sup>
+ Boro	9.30 <sup>a</sup>	6.20 <sup>ab</sup>	6.87 <sup>ab</sup>	15.50 <sup>a</sup>	22.37 <sup>a</sup>
+ Potasio	8.43 <sup>a</sup>	5.33 <sup>ab</sup>	6.80 <sup>ab</sup>	13.76 <sup>ab</sup>	20.56 <sup>ab</sup>
+ Magnesio	8.20 <sup>ab</sup>	4.60 <sup>bc</sup>	4.80 <sup>bcd</sup>	12.80 <sup>ab</sup>	17.60 <sup>ab</sup>
+ Manganeso	8.93 <sup>a</sup>	5.70 <sup>ab</sup>	7.03 <sup>b</sup>	14.63 <sup>a</sup>	21.66 <sup>a</sup>
- Fósforo	3.27 <sup>c</sup>	3.97 <sup>bc</sup>	3.40 <sup>cd</sup>	7.24	10.64 <sup>c</sup>
+ Hierro	8.46 <sup>a</sup>	5.50 <sup>ab</sup>	5.67 <sup>abc</sup>	13.96 <sup>ab</sup>	19.63 <sup>ab</sup>
+ Nitrógeno	8.07 <sup>ab</sup>	4.40 <sup>c</sup>	5.47 <sup>abc</sup>	12.47 <sup>ab</sup>	17.94 <sup>ab</sup>
- Azufre	5.47 <sup>c</sup>	3.63 <sup>c</sup>	4.97 <sup>bcd</sup>	9.10 <sup>bc</sup>	14.07 <sup>bc</sup>
- Zinc	9.10 <sup>a</sup>	6.07 <sup>ab</sup>	6.40 <sup>ab</sup>	15.17 <sup>a</sup>	21.57 <sup>a</sup>
- Cal	7.76 <sup>ab</sup>	4.47 <sup>c</sup>	6.60 <sup>ab</sup>	12.23 <sup>ab</sup>	18.83 <sup>ab</sup>
+ Cobre	7.77 <sup>ab</sup>	4.47 <sup>c</sup>	6.05 <sup>ab</sup>	12.24 <sup>ab</sup>	18.30 <sup>ab</sup>
+ Molibdeno	7.83 <sup>ab</sup>	5.40 <sup>ab</sup>	6.30 <sup>ab</sup>	13.23 <sup>ab</sup>	19.53 <sup>ab</sup>
Testigo	3.33 <sup>c</sup>	1.27 <sup>c</sup>	2.93 <sup>c</sup>	4.60 <sup>c</sup>	7.53 <sup>c</sup>

Los valores en las mismas columnas con letras similares no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ )

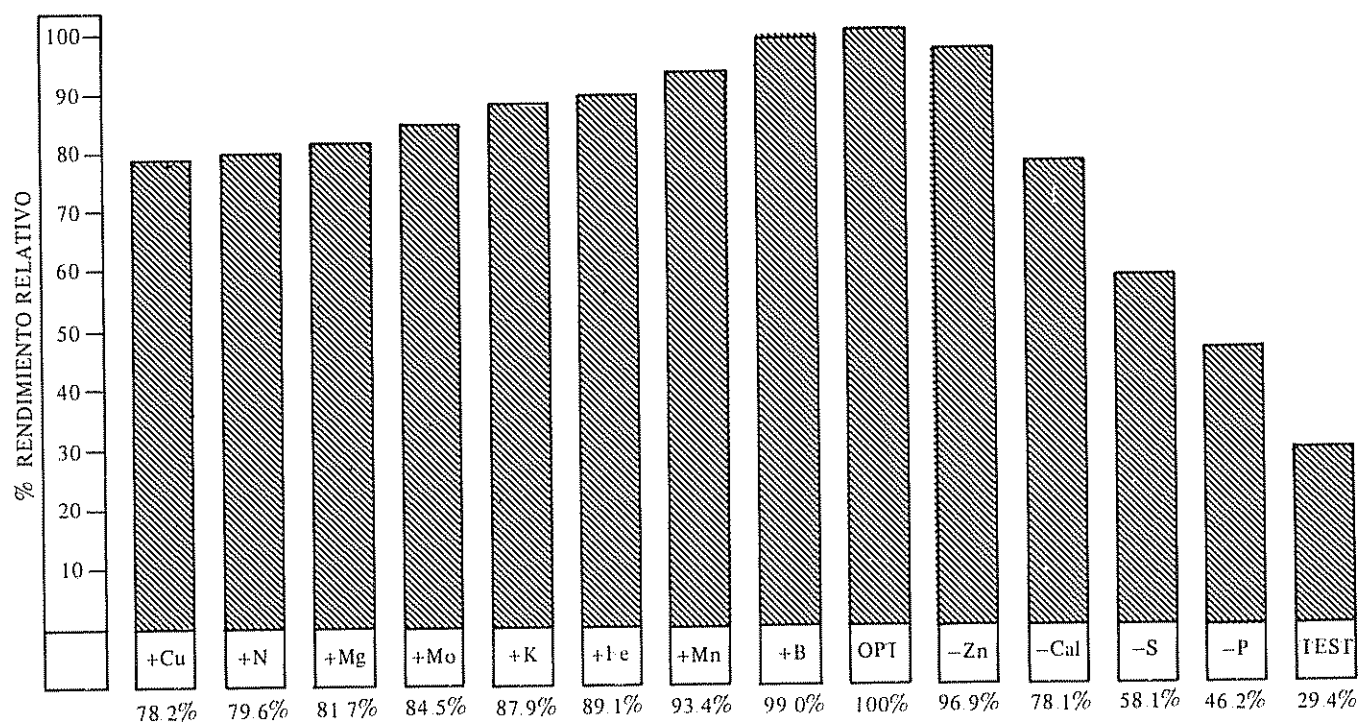


Fig 1 Rendimientos relativos de *Leucaena leucocephala* según los tratamientos nutritivos.

El tratamiento sin encalado no difirió estadísticamente del tratamiento Completo, logrando un rendimiento relativo de 78.1%. Estos resultados indican que no hubo un efecto netamente detrimento por la ausencia de este compuesto. Se explica este efecto por los valores moderados aunque casi críticos de acidez extraíble, saturación de acidez y de Ca en el suelo.

La biomasa total mostró una correlación altamente significativa con la biomasa aérea ( $r = 0.98$ ). Las correlaciones encontradas para la materia seca de las fracciones y la biomasa aérea fueron:  $r = 0.88$  para hojas,  $r = 0.88$  para tallos y  $r = 0.83$  para raíces.

**Variables morfológicas.** En el Cuadro 3 se muestran los resultados de las variables morfológicas en los diferentes tratamientos nutritivos.

La altura de las plantas estuvo significativamente correlacionada ( $r = 0.88$ ) con la biomasa aérea. La mayor altura se obtuvo en el tratamiento + K con 44.93 cm y la menor correspondió al Testigo con 29.93 cm.

El largo de la raíz tuvo poca variación en la prueba, correspondiendo el valor más alto al tratamiento

óptimo con 47.67 cm de largo, sólo superior estadísticamente a los tratamientos sin encalar (36.43 cm) y Testigo (32.97 cm). En promedio, la relación altura: largo de raíz fue de 1:1, 1, lo que demuestra el profundo sistema radical de esta planta. En este experimento se usaron macetas de 40 cm de alto las que resultaron poco estables. Sin embargo el desarrollo observado de las raíces justifica plenamente el tamaño utilizado. En general, el área foliar estuvo significativamente correlacionada ( $r = 0.84$ ) con la biomasa aérea. La variable "número de hojas" obtuvo una menor correlación ( $r = 0.64$ ) que la variable anterior, correspondiendo el máximo valor al tratamiento +Mn con 71.67 hojas y el menor al tratamiento Testigo con 55.67 hojas.

La magnitud de las variaciones de área foliar, número de hojas y materia seca de hojas, y sus correlaciones indican que la variación en peso seco de hojas o en área foliar depende más de la variación en el tamaño o peso unitario de las hojas que de la variación en su número. En vista de la facilidad de determinar en el campo el peso unitario de hojas, obviando la necesidad de medir la totalidad de la biomasa, la variable tamaño de la hoja adquiere especial importancia para las determinaciones de deficiencias nutritivas.

Cuadro 3. Características morfológicas de *L. leucocephala* para cada tratamiento nutritivo.

Tratamiento	Altura, cm	Largo de la raíz, cm	Area foliar, dm <sup>2</sup>	Número hojas/maceta
Completo	41.97 <sup>ab</sup>	47.67 <sup>a</sup>	228.77 <sup>a</sup>	66.67 <sup>b</sup>
+ Boro	41.87 <sup>ab</sup>	44.67 <sup>ab</sup>	195.63 <sup>ab</sup>	68.67 <sup>a</sup>
+ Potasio	44.93 <sup>a</sup>	45.73 <sup>ab</sup>	235.17 <sup>a</sup>	69.33 <sup>a</sup>
+ Magnesio	41.23 <sup>ab</sup>	45.70 <sup>ab</sup>	210.83 <sup>ab</sup>	70.33 <sup>a</sup>
+ Manganeso	42.37 <sup>ab</sup>	45.33 <sup>ab</sup>	209.97 <sup>ab</sup>	71.67 <sup>a</sup>
- Fósforo	33.30 <sup>bc</sup>	42.10 <sup>abc</sup>	117.27 <sup>c</sup>	50.00 <sup>c</sup>
+ Hierro	42.97 <sup>a</sup>	43.03 <sup>abc</sup>	218.27 <sup>a</sup>	70.67 <sup>a</sup>
+ Nitrógeno	40.47 <sup>ab</sup>	42.17 <sup>abc</sup>	209.77 <sup>ab</sup>	48.00 <sup>a</sup>
- Azufre	29.43 <sup>c</sup>	41.37 <sup>abc</sup>	148.30 <sup>bc</sup>	58.00 <sup>abc</sup>
- Zinc	42.50 <sup>ab</sup>	45.07 <sup>ab</sup>	209.00 <sup>ab</sup>	71.33 <sup>a</sup>
- Cal	36.03 <sup>abc</sup>	36.43 <sup>bc</sup>	180.77 <sup>ab</sup>	62.67 <sup>abc</sup>
+ Cobre	41.37 <sup>ab</sup>	44.33 <sup>ab</sup>	214.27 <sup>ab</sup>	69.33 <sup>a</sup>
+ Molibdeno	39.20 <sup>ab</sup>	44.97 <sup>ab</sup>	192.90 <sup>ab</sup>	69.67 <sup>a</sup>
Testigo	20.93 <sup>d</sup>	32.97 <sup>c</sup>	83.63 <sup>d</sup>	55.67 <sup>bc</sup>

Los valores en las mismas columnas con letras similares no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ( $\leq 0.05$ ).

**Nodulación.** Los resultados obtenidos en la nodulación se presentan en el Cuadro 4.

Se observa inconsistencia en el proceso nodulativo tal como lo indican los datos de número de plantas noduladas. Las correlaciones obtenidas para peso, número de nódulos y plantas noduladas con respecto a la biomasa aérea fueron:  $r = 0.23$ ,  $r = 0.34$  y  $r = 0.32$ . La información anterior sugiere escasa afectividad en el proceso infectivo y en la formación de nódulos.

En el tratamiento + B se observó la mayor consistencia en la nodulación, resultados que coinciden con la respuesta al boro obtenida por Esquivel (7) con la misma especie.

Los pobres resultados obtenidos en la nodulación pueden atribuirse a diversos factores como la baja población de bacterias de *Rhizobium* en el inoculante utilizado, o las altas temperaturas en el suelo de las macetas, debido a su color negro. Otra razón puede ser la presencia de nodulación natural debida

Cuadro 4. Nodulación de *L. leucocephala* según los tratamientos nutritivos.

	Masa nodular (mg MS/maceta)	Número de nódulos/planta	Número de plantas noduladas/maceta
Completo	5.80 <sup>a</sup>	12.67 <sup>ab</sup>	1.67 <sup>ab</sup>
+ Boro	36.00 <sup>a</sup>	38.67 <sup>a</sup>	3.00 <sup>a</sup>
+ Potasio	0.77 <sup>a</sup>	3.33 <sup>b</sup>	0.33 <sup>b</sup>
+ Magnesio	6.23 <sup>a</sup>	7.00 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>ab</sup>
+ Magnesio	3.57 <sup>a</sup>	5.67 <sup>b</sup>	0.33 <sup>b</sup>
- Fósforo	3.70 <sup>a</sup>	4.00 <sup>b</sup>	0.33 <sup>b</sup>
+ Hierro	1.00 <sup>a</sup>	5.00 <sup>ab</sup>	1.00 <sup>ab</sup>
+ Nitrógeno	0.80 <sup>a</sup>	1.33 <sup>b</sup>	0.33 <sup>b</sup>
- Azufre	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
- Zinc	5.87 <sup>a</sup>	4.67 <sup>ab</sup>	1.67 <sup>ab</sup>
- Cal	28.33 <sup>a</sup>	13.67 <sup>ab</sup>	2.33 <sup>ab</sup>
+ Cobre	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
+ Molibdeno	3.70 <sup>a</sup>	11.33 <sup>ab</sup>	2.00 <sup>ab</sup>
Testigo	6.03 <sup>a</sup>	2.33 <sup>b</sup>	0.67 <sup>ab</sup>

Los valores en las mismas columnas con letras similares no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ).



a cepas de *Rhizobium* no específicas para *L. leucocephala*, las que resultan infértiles pero no efectivas en la fijación (10).

### Experimentos 2 y 3

En estos ensayos no se detectaron diferencias debidas a los tratamientos (Cuadros 5, 6 y 7). La falla en la nodulación explica este comportamiento.

Los procesos de infección, formación de nódulos y fijación de nitrógeno en simbiosis con la planta tienen requerimientos nutritivos diferentes que los procesos de crecimiento de la planta (3). Este experimento transcurrió en ausencia de simbiosis efectiva, de tal modo que las respuestas observadas reflejan los factores limitantes de los procesos de crecimiento solamente. ¿Cuál sería la respuesta entonces en presencia de una simbiosis efectiva?

Aunque los procesos de fijación de nitrógeno hubieran respondido a la adición u omisión de elementos, con resultados todavía más diferenciados por efecto de los tratamientos, la adición de N no resultó en una mejor producción de materia seca, mostrando que, incluso en ausencia de fijación, el nitrógeno no fue limitante y que en definitiva los resultados no hubieran variado sensiblemente en presencia de una nodulación efectiva.

### Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. La corrección de deficiencias nutricionales en este tipo de suelo determina aumentos considerables en la productividad de *Leucaena leucocephala*.
2. La prueba biológica de invernadero validó la información de laboratorio a excepción del tratamiento -Zn y parcialmente en el caso del tratamiento -Ca.
3. Los niveles deficientes de P y S se manifestaron en la prueba biológica como deficiencias severas y prioritarias en su corrección.
4. La respuesta en rendimiento a los nutrimentos se debió principalmente a la respuesta de la planta en sí, mientras que la ausencia de nodulación no permitió apreciar el efecto indirecto de los nutrimentos sobre el *Rhizobium* y la fijación simbiótica de nitrógeno.

### Resumen

Se efectuó un estudio de invernadero para evaluar mediante la técnica del elemento faltante o aditivo

Cuadro 5. Efecto de la inoculación sobre la nodulación de *L. leucocephala* en presencia de P, S, Zn y Ca (tratamiento completo).

Tratamiento	Biomasa total (g MS/maceta)	Masa Nodular (mg MS/maceta)	Número de nódulos/planta	Número de plantas noduladas/maceta
Completo + RhCa	23.46 <sup>a</sup>	5.80 <sup>a</sup>	12.67 <sup>a</sup>	1.67 <sup>a</sup>
Completo - RhCa	24.96 <sup>a</sup>	6.80 <sup>a</sup>	8.33 <sup>a</sup>	2.33 <sup>a</sup>

Los valores en las mismas columnas con letras similares no son significativamente diferentes según la prueba de DMS ( $P \leq 0.05$ )

Cuadro 6. Efecto de la inoculación sobre la nodulación de *L. leucocephala* sin el aporte de ningún elemento.

Tratamiento	Biomasa total g MS/maceta	Masa nodular mg MS/maceta	Número de nódulos/planta	Número de plantas noduladas/maceta
Testigo - RhCa	7.53 <sup>a</sup>	6.03 <sup>a</sup>	2.33 <sup>a</sup>	0.67 <sup>b</sup>
Testigo + RhCa	7.10 <sup>a</sup>	7.80 <sup>a</sup>	20.67 <sup>a</sup>	3.33 <sup>a</sup>

Los valores en las mismas columnas con letras similares no son significativamente diferentes según la prueba de DMS ( $P \leq 0.05$ ).

Cuadro 7. Efecto de dos materiales de revestimiento sobre la nodulación de *L. leucocephala*, en presencia de P, S, Zn y Cal (tratamiento completo).

Tratamiento	Biomasa total g MS/maceta	Masa nodular mg MS/maceta	Número de nódulos/planta	Número de plantas noduladas/maceta
Completo + RhCa	23.46 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	12.67 <sup>a</sup>	1.67 <sup>a</sup>
Completo + RhRF	23.27 <sup>a</sup>	13.3 <sup>a</sup>	17.00 <sup>a</sup>	2.33 <sup>a</sup>

Los valores en las mismas columnas con letras similares no son significativamente diferentes según la prueba de DMS ( $P \leq 0.05$ ).

la respuesta de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit cv. Perú a diversos niveles de nutrimentos, en un suelo ácido de Costa Rica. Se estudiaron 14 tratamientos: Completo, +B, +K, +Mg, +Mn, -P, +Fe, +N, -S, -Zn, -Cal, +Cu, +Mo y Testigo.

No se encontró respuesta en rendimiento, a la adición de los nutrimentos que se encontraban en niveles considerados como adecuados en el suelo. Los niveles deficientes de P y S encontrados en la prueba de laboratorio fueron corroborados en la prueba biológica de invernadero. En el caso de Zn no se corroboró la deficiencia. Ocurrió una reducción en la productividad del tratamiento sin cal pero no estadísticamente significativa. En el tratamiento +Mn se observaron síntomas de toxicidad, los que fueron confirmados por medio del análisis foliar (1400 ppm). No se detectó respuesta significativa a la inoculación específica.

#### Literatura citada

1. AGUIRRE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza, CTEI, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 139 p.
2. ANDREW, C. S. y HEGARTY, M. P. Comparative responses to manganese excess to eight tropical and four temperate pasture legume species. *Australian Journal of Agricultural Research* 20(4):687-696. 1969.
3. ANDREW, C. S. y HEGARTY, M. P. Nutritional restraints on legume-symbiosis. In *Workshop on exploiting the legume-Rhizobium in tropical agriculture*, Kahului, Maui, Hawaii, 1976, Proceedings. University of Hawaii. College of Agriculture. Miscellaneous Publication No. 145. 1977. pp. 253-274.
4. ANDREW, C. S. y HEGARTY, M. P. Legumes and acid soils. In *Dobereiner, J. et al., eds. Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics*. New York, Plenum Press. 1978. (Basic life sciences, v. 10) pp. 135-160.
5. BREWBAKER, J. L. y HUTTON, E. M. *Leucaena*. Versatile tropical tree legume. In *Ritchie, G. A., ed. New agricultural crops*. Boulder, Colorado, Westview Press, 1979. (AAAS Selected Symposia Series No 38) pp. 207-259.
6. DIAZ-ROMEY, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 68 p.
7. DUNCAN, D. B. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 2(1):1-42. 1955.
8. ESQUIVEL, A. C. Algunos factores que afectan la nodulación y crecimiento de las leguminosas en los trópicos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA; 1963. 141 p.
9. HUTTON, E. M. Comentarios y sugerencias sobre los centros demostrativos del FIRA; Texto bilingüe. s.l., FIRA, 1976. 32 p.
10. LEUCAENA NUTRITION. In *Papua and New Guinea*. Department of Agriculture, Stock and Fisheries. Annual Report 1963-64. Port Moresby. 1965. p. 118.

11. MORENO, Q. A. Eficiencia de cepas de *Rhizobium* y efecto de P, Mo, Fe, Co y encalado en la nodulación y producción de biomasa de *Leucaena leucocephala* (Guaje) en suelos ácidos de Huimanguillo, Tabasco. Tesis Maestría en Ciencias, Chapingo, México, Colegio de Postgraduados, 1981. 127 p.
12. MUNNS, D. N. Soil acidity and related factors. In Workshop on exploiting the legume-*Rhizobium* in tropical agriculture, Kahului, Maui, Hawaii, 1976. Proceedings. University of Hawaii. College of Agriculture. Miscellaneous Publication No. 145. 1977. pp. 211-236.
13. PEREZ-GUERRERO, Z. L. *Leucaena*. Leguminosa tropical mexicana. Usos y potencial. Tesis Ing. Agr. Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo, 1979. 80 p.
14. SANCHEZ, P. A. Suelos del trópico; características y manejo. Trad. del inglés por Edilberto Camacho. San José, Costa Rica, IICA, 1981. pp. 333-334. (Serie de libros y materiales educativos No. 48).
15. SOUTHERN, P. J. Sulphur deficiency in coconuts, a widespread field condition in Papua and New Guinea. I. The field and chemical diagnosis of sulphur deficiency in coconuts. The Papua and New Guinea Agricultural Journal 19(1):18-37. 1967.
16. WU, MING-HUEI. Effect of lime, molybdenum and inoculation of Rhizobia on the growth of *Leucaena glauca* on acid soils. Journal of the Agricultural Association of China 47(1):57-60. 1964.

# COMUNICACIONES

## Efecto de tres tratamientos pregerminativos sobre la germinación y viabilidad de las semillas de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq) Griseb.

**Summary.** Non-treated seeds of *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq) Griseb achieved a 9% germination 30 days after planting. Soaking the seeds in concentrated sulfuric acid and in boiling water raised germination up to 87% and 83% respectively. Immersion in cold water during 24 hours produced a germination index of 11%. Non-germinated seeds after these treatments, when treated again with boiling water achieved the same germination index as that of the former treatment.

*Enterolobium cyclocarpum* (nombre común: Guanacaste) es una leguminosa arbórea neotropical que se encuentra naturalmente entre los 20°N 20°S latitud y desde el nivel del mar hasta 900 msnm en zonas con 1000–2000mm/año de precipitación y un período seco bien marcado (7). Es una especie comercialmente valiosa por su madera (6) y por el valor forrajero de sus hojas y vainas tiernas (5, 6, 7). A pesar de su potencial, poco se conoce sobre su silvicultura y comportamiento en vivero.

Las semillas de *E. cyclocarpum*, como muchas otras leguminosas, poseen un tegumento protector que previene la hidratación del embrión e inhibe la germinación (8). Esto favorece la dispersión a distancia a través del tracto digestivo de mamíferos superiores (7, 8). Unos pocos trabajos publicados (3, 8) indican que la germinación natural de las semillas es muy variable pero que pueden mantenerse viables por mucho tiempo (3, 4). Tratamientos pregerminativos fuertes activan e incrementan la germinación de las semillas de *E. cyclocarpum*. En este trabajo se estudió el efecto de tres tratamientos pregerminativos sobre la germinación de las semillas de *E. cyclocarpum* y se efectuó un ensayo sobre la viabilidad y germinación de semillas que no habían germinado después de tratamientos previos y que habían estado enterradas en suelo húmedo durante dos meses.

## Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el invernadero del vivero forestal del CATIE, Turrialba, Costa Rica (9° 52' Lat. Norte y 83° 39' Long. Oeste). La temperatura promedio durante el período de estudio fue de 21.9°C. Se utilizaron un total de 608 semillas colectadas en Tabarcia, Costa Rica por el Banco Latinoamericano de Semillas Forestales. Un total de 152 semillas se asignaron a cada uno de los tres tratamientos y al testigo y se dispusieron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones (un total de 38 semillas por parcela). Los tratamientos aplicados fueron: 1) sin tratamiento alguno, testigo; 2) inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas; 3) inmersión en agua en ebullición, dejar enfriar y reposar en agua a temperatura ambiente por 24 horas; 4) inmersión en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado por 50 minutos, lavado con agua destilada y reposo en agua a temperatura ambiente por 24 horas.

Después de los tratamientos las semillas se desinfectaron con oxiclورو de cobre en polvo (85% i a) y se pusieron a germinar en una mezcla de suelo compostado con arena (3:1) que había sido previamente asperjada con una solución del mismo fungicida a razón de 5 g/litro de agua. Se llevaron registros diarios de germinación durante 30 días después de la siembra (DDS). Los registros diarios de las cuatro repeticiones de cada tratamiento se promediaron para construir una figura de germinación acumulada. El total germinado en cada tratamiento y repetición se utilizó para el análisis de varianza y para los contrastes ortogonales entre medias de tratamientos (1). Treinta días después de finalizado el ensayo de germinación, se desenterraron y contaron las semillas no germinadas y se separaron en dos grupos: a) semillas provenientes de los tratamientos con ácido y agua caliente y b) semillas provenientes del tratamiento con agua a temperatura ambiente y del testigo. De estos grupos se selecciona-

ron 16 y 100 semillas respectivamente y se trataron nuevamente con agua en ebullición. Las semillas se sembraron nuevamente en la misma mezcla de suelo y se llevaron registros diarios de germinación durante 13 días (el período más activo según el primer ensayo). El índice y patrón germinativo de estas semillas se comparó con el ensayo inicial a través de pruebas de "t" y de chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) respectivamente.

### Resultados

Al cabo de 30 DDS la germinación promedio de las semillas de *E. cyclocarpum* que no fueron sometidas a tratamiento pregerminativo (testigo) fue del 9%. La inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas produjo un valor del 11.6% (diferencia no significativa al 5% de probabilidad). En cambio, los tratamientos con agua caliente y ácido sulfúrico produjeron índices del 83 y 87% respectivamente. Estas dos últimas cifras son significativamente diferentes ( $< 0.001$ ) con respecto al testigo. La germinación acumulada para cada tratamiento durante los 30 días de registros se muestra en la Fig. 1.

Los dos lotes de semillas no germinadas después de los primeros tratamientos y tratados por segunda vez con agua hirviendo produjeron índices del 84 y 63% respectivamente y un patrón de germinación similar al del primer ensayo. En ambos casos las dife-

Germinación acumulada  
(promedio de cuatro parcelas  
de 38 semillas c/u)

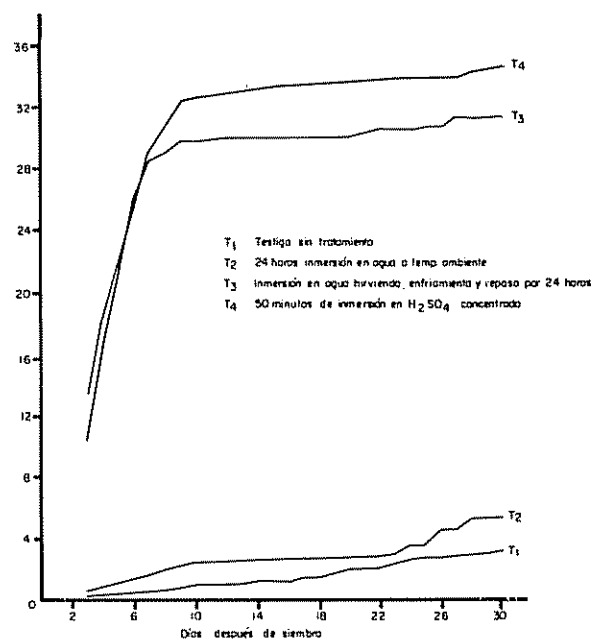


Fig. 1. Germinación de semillas de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq) Griseb sometidas a tres tipos de tratamientos pregerminativos

rencias no son significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ) del primer experimento.

### Discusión

La débil germinación de las semillas no tratadas de *E. cyclocarpum* encontrada en este estudio (9%) coincide con el 0-30% registrado por León (3) al cabo de 90 DDS, con el 3% reportado por Janzen (2) y por Vásquez-Yanes (8) al cabo de 60 y 30 DDS respectivamente. La inmersión de las semillas en agua a temperatura ambiente puede prolongarse hasta 60 días sin obtener índices de germinación  $> 3\%$  (3). Esta cifra es de la misma magnitud del 11% encontrado en este estudio después de 24 horas de inmersión.

La escarificación de las semillas con agua caliente puede producir índices de germinación del 8% si las semillas han estado sumergidas por dos minutos en agua hirviendo y 72% si la inmersión se prolonga durante una hora (8). Esto coincide bastante bien con el 83% encontrado en este estudio. La escarificación química de las semillas puede obtenerse después de 30 minutos de inmersión en HCl concentrado (2) y producir índices de germinación del 26% cuando se utiliza  $H_2SO_4$ , HCl o  $HNO_3$  al 50% durante una hora (8) o un 87% (este estudio) cuando se utiliza  $H_2SO_4$  concentrado durante 50 minutos. La escarificación mecánica de las semillas (p.e. incisiones en el tegumento protector) no fue evaluada en este estudio, pero otros trabajos indican que se puede obtener un 100% de germinación al cabo de dos días (2, 8).

No existen estudios detallados sobre la viabilidad de las semillas de *E. cyclocarpum* pero la evidencia circunstancial indica que su potencial germinativo puede mantenerse por más de dos meses (3, 8), aún después de pasar por el tracto digestivo de monogástricos (2). Esto coincide con lo encontrado en este estudio. No existe información sobre la germinación de semillas que no han germinado después de haber sido tratadas con agua en ebullición y luego tratadas nuevamente.

### Conclusiones

1. La germinación de las semillas de *Enterolobium cyclocarpum* que no han sufrido tratamientos pregerminativos (testigo) alcanzó valores del 9% al cabo de 30 días después de siembra. No se presentaron periodos activos de germinación.
2. Tratamientos con  $H_2SO_4$  por 50 minutos y con agua en ebullición produjeron índices de germinación del 87 y 83% al cabo del mismo periodo. Por otro lado, el 80 y el 83% de la germinación total se obtiene en los primeros 12 días. En ambos casos

la diferencia es significativa ( $P < 0.001$ ) con respecto al testigo.

3. Tratamientos de 24 horas de inmersión en agua a temperatura ambiente produjeron un índice de germinación del 11%. Esta cifra no es significativamente diferente del testigo (9%).
4. Las semillas de *E. cyclocarpum* no germinadas después de tratamientos con  $H_2SO_4$ , agua caliente, agua a temperatura ambiente y sin tratamiento, pueden permanecer enterradas durante dos meses sin perder su viabilidad. Después de este tiempo, un tratamiento con agua hirviendo puede activar la germinación y producir un índice y un patrón germinativo similar al del primer tratamiento con agua hirviendo.

#### Resumen

Inmersión de semillas de *E. cyclocarpum* en ácido sulfúrico concentrado y agua caliente elevan el índice de germinación a 87.4 y 83.2% respectivamente, mientras que semillas sin tratamiento alguno mostraron un índice de apenas 9.0%. Los tratamientos con ácido y agua caliente concentran la mayor parte de la germinación total en los primeros 12 días después de aplicación. Estos mismos tratamientos aplicados en semillas que han estado enterradas por 2 meses en suelo húmedo, produjeron un patrón germinativo muy similar.

6 de julio de 1982

E. SOMARRIBA\*  
O. FERREIRO\*

\* Departamento de Recursos Naturales Renovables, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

#### Literatura citada

1. FREESE, F. Métodos estadísticos elementales para técnicos forestales. México, Centro Regional de Ayuda Técnica (AID) 1970. pp 40-44.
2. JANZEN, D. H. Digestive seed predation by a Costa Rican baird's tapir. *Biotropica* 13 (supl.): 59-63. 1981.
3. LEON, R. E. Estudio de algunas especies forestales tropicales con especial atención a su comportamiento en el vivero. Tesis Mag. Agr., Turrialba, Costa Rica, IICA. 1955 pp 42-47
4. MARRERO, J. Tree seed data from Puerto Rico. *Caribbean Forester* 10(1):11-35. 1949
5. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Tropical legumes: resources for the future. Washington, D.C. 1979. pp. 200-201.
6. RECORD, S. J. y HESS, R. W. *Timbers of the New World*. New York, Arno Press. 1972. pp. 265-267.
7. STANDLEY, P. C. *Flora of Costa Rica*. Botany 18:494-495 1937.
8. VASQUEZ-YANES, C. y PEREZ-GARCIA, B. Notas sobre la morfología, la anatomía de la testa y la fisiología de las semillas de *Enterolobium cyclocarpum*. *Turrialba* 27(4):427-430 1977.

#### Ecological upset and recuperation of natural control of insect pests in some Costa Rican banana plantations<sup>1</sup>

**Resumen.** Los ecosistemas en el suroeste de Costa Rica cambiaron drásticamente después de que se desarrollaron las plantaciones bananeras. Excepto por el daño causado por 2 insectos, el daño causado a las plantaciones bananeras por especies potenciales de plagas nativas fue mínimo antes de que se aplicaran insecticidas. Después que se iniciaron los tratamientos con insecticidas en los años 1950's aparecieron nuevas plagas en cantidades devastadoras. Se estudiaron la parte bionómica, los controles naturales y químicos de las plagas. Parásitos y predadores de las especies de las plagas presentes fueron fácilmente colectados en áreas no tratadas, pero los agentes de control natural fueron suprimidos en las plantaciones de banana rociadas con plaguicidas. En 1973 todas las rociaduras con insecticidas fueron canceladas. Rápidamente las plagas disminuyeron. En un período de 2 años, un ecosistema balanceado en las áreas bananeras fue restabilizado otra vez y muchas plagas prácticamente desaparecieron. Luego de 10 años se ha obtenido un eficaz control de estas plagas por medios naturales, sirviendo ahora como modelo, demostrativo de la confiabilidad de tal estrategia.

Banana plantations were developed by the United Fruit Company during the 1940-50's in alluvial plains north and east of Golfo Dulce in southwest Costa Rica. Prior to 1938, this area was a virgin wilderness of evergreen lowland forest with almost no human habitation (1). According to L. R. Holdridge's classification of life zones, the zone was a tropical wet forest

<sup>1</sup> Project developed when the author was Experimental Director for Compañía Bananera de Costa Rica, Golfito, Costa Rica.

(11). Gros Michel bananas were planted in the Rio Terraba-Rio Sierpe Valley near Palmar, the Rio Esquinas-Rio Piedras Blancas area, the Coto Valley, and the Colorado-Laurel District along the Panama border near Rio La Vaca and Rio Colorado. Heavy rainfall occurs in these zones between April and December but a dry season persists during January through March. Annual rainfall averages 3 593 mm in Palmar, 5 354 mm in Piedras Blancas-Esquinas, 3 712 mm in Coto and 3 237 mm in Laurel along the Panama border. When the last virgin soils were planted with the Cocos variety of banana in Coto in 1962, approximately 30 000 hectares of forest had been felled during the previous 2 decades for banana production. Within 5 years after planting, many of these cultivations were abandoned because of Panama disease, *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *cubense* (E. F. Smith) Snyder and Hansen.

The banana plantations represented a drastic ecological change from a climax forest ecosystem to a monoculture crop. Once banana plantations became established, a new ecosystem evolved. Within this new ecosystem, native potential insect pests were kept in balance by natural control agents. Thus, insect damage to bananas was minimized up to the mid-1950's.

Before the mid-1950's, only 2 insect species were considered economically important. The banana corm weevil, *Cosmopolites sordidus* Germar, was introduced in banana corms shipped in for plant propagation. Larvae cause damage by boring into the corm. The species is present throughout banana-growing areas of the world (15, 19). A native thrips, *Chaetanophothrips orchidii* (Moulton), a parthenogenic species, causes a "red rust" blemish on the peel of the fruit by feeding between adjacent banana fingers (15, 16, 20). Attempts to control these 2 pests in the 1950's resulted in drastic ecological upsets which set off a chain reaction of unfavorable events that lasted into the early 1970's.

#### Cause and effect

The mass application of dieldrin granules in 1954 by airplane over 12 000 hectares of bananas for the control of the red rust thrips resulted in rapid and complete control. Dieldrin spray and granules were also applied to the base of banana plants for controlling the banana corm weevil. Within a few months after dieldrin granules were applied by air, an epidemic of the banana stalk borer, *Castniomera humboldti* (Boisduval), suddenly appeared and resulted in heavy losses. This lepidopterous larva bores through the pseudostem and weakens the trunk (3, 12). Similar epidemics of *Castniomera* on the Atlantic coast of Costa Rica were reported by Lara (12, 13, 14)

Another lepidopterous pest, *Platynota rostrana* (Walker), suddenly appeared and caused great losses of fruit by feeding between banana fingers (2, 17).

Before 1958, Sigatoka leaf spot, *Mycosphaerella musicola* Leach, was controlled with Bordeaux spray, a copper sulphate-lime mixture, which was sprayed onto the leaves from the ground at high volumes every 7 days (23). Several studies suggested that Bordeaux spray partially inhibited the development of several defoliators (17, 24, unpublished data). In 1958, high volume Bordeaux spray was replaced by low volume fungicidal orchard oil sprays applied by air (23). Dieldrin was added to aerial oil spray for the control of red rust thrips. Previously, dieldrin and other chlorinated hydrocarbon pesticides were sprayed onto the fruit through a Sigatoka hose spray system (24).

During 1954-58, severe ecological damage to the banana ecosystem resulted in unprecedented outbreaks of banana insect pests particularly in 1958. Most entomologists blamed this upset on the mass use of insecticides. Non-entomologists tended to blame the switch from Bordeaux to orchard oil sprays, but this concept was not supported by Harrison's studies on pests and parasites in oil-sprayed areas (6). Similar ecological disturbances had developed in banana plantations in Honduras and Panama simultaneously (unpublished data). By 1959, 4 more research entomologists were employed to study pest outbreaks in Costa Rica and elsewhere.

Entomologists focuses on the bionomics, natural and chemical control of current pests. Table 1 lists the major lepidopterous banana defoliators. Numerous natural control agents were collected from many pests (5, 6, 7, 8, 9, 10, 21). Natural control agents were collected from pests in banana farms, but beneficial species were constantly suppressed by pesticide applications. However, parasites and predators were readily collected from marginal zones between banana farms and the forest. Roth made a study on 23 species of ants in the Palmar plantations (18). Ants were credited with helping to control *C. humboldti* (13, 17). Also, several *Pleidole* ant species are hosts of the parasitic eucharid wasp, *Orasema costaricensis* Wheeler & Wheeler, which causes blemishes on fruit by ovipositing into the peel (15).

Resistance to dieldrin by ceramidia caterpillars, *Antichloris viridis* Druce, in the Esquinas District was reported by R. V. Roig (unpublished data). R. D. Caid reported dieldrin resistance in banana corm weevils in Palmar and Coto in 1963 (unpublished data)

Table 1. Major lepidopterous banana defoliators, Golfito Zone, Costa Rica, 1959.

Common Name	Family	Genus	Species	Author	References
Ceramidia	Syntomidae	<i>Ceramidia</i>	<i>butleri</i>	Moschler	5, 6, 8, 9, 15, 17, 24
	Revised to:				
Ceramidia	Ctenuchidae	<i>Antichloris</i>	<i>viridis</i>	Druce	4
West Indian bagworm	Psychidae	<i>Oiketicus</i>	<i>kirbyi</i>	Guilding	21
Saddleback	Limacodidae	<i>Sibine</i>	<i>apicalis</i>	Dyar	7, 22
Bluenose	Limacodidae	<i>Sibine</i>	<i>nr. horrida</i>	Dyar	22
Owleye	Nymphalidae	<i>Caligo</i>	<i>memnon</i>	Felder	7
Owleye	Nymphalidae	<i>Opsiphanes</i>	<i>tamarindi</i>	Felder	7

In 1959, dieldrin was replaced by carbaryl (Sevin), which controlled all of the current defoliators except the West Indian bagworm, *Oiketicus kirbyi* Guilding, which was controlled by toxaphene and *Bacillus thuringiensis* Berliner. During the 1960's, high infestations of bagworms and ceramidia were common. Ceramidia were constantly treated with aerial applications of Sevin. Some areas in Coto received 12 treatments in 1962. During that year, 87 000 kg of 85% Sevin were sprayed. Ceramidia were treated when infestations averaged about 5 larvae per leaf but counts frequently reached 50 larvae per leaf. In 1963, US\$ 220 000 were spent on caterpillar control (unpublished data).

The ecosystem once again changed when the remaining Gros Michel and Cocos varieties were chopped down because of their susceptibility to Panama disease. From 1964-69, abandoned farms were replanted with the Panama disease-resistant variety, Valery

### Results and conclusions

In the mid-1960's, Ostmark demonstrated that the banana plant could tolerate much more insect defoliation without causing premature ripening and loss of fruit weight (unpublished data, 15). Despite this important finding, insecticide spraying continued out of a general fear of any larval infestations. Gradually, more caterpillars per leaf were tolerated and fewer treatments were made by the early 1970's. In 1973, a decision to stop all insecticide sprays was enforced in the entire Golfito banana division. Soon after the ban, insect pests rapidly decreased. Within 2 years after insecticides were halted, a balanced banana ecosystem became restabilized again and most of the previous pest species nearly disappeared. Only occasional minor infestations of *Sibine* or *Oiketicus* appeared but such populations were tolerated

without the thought of treatments. Natural control agents reduced the pests below economic thresholds within 1-3 generations with little or no fruit loss. *Antichloris*, *Caligo*, and *Platynota* were rarely seen. *C. sordidus* decreased to an average of less than 1 weevil per trap. Red rust thrips damage was prevented by the use of plastic bags placed on the fruit. The banana aphid, *Pentalonia nigronervosa* Coquerel, previously caused severe sooty mold in the fruit and insecticide-treated plastic bags had to be used to control the pest in the 1960's. Since sprays ceased, the aphid and sooty mold problem decreased to low levels and treated fruit bags were no longer needed for aphid control.

Banana farms in the Golfito zone have not been sprayed with insecticides since 1973. After 10 years, successful control of insect pests by natural means now serves as a model demonstrating the feasibility and reliability of such a strategy.

### Summary

Ecosystems in southwestern Costa Rica changed drastically after banana plantations were developed. Except for damage by red rust thrips and corm weevils, damage to bananas by native potential pests species was minimal before insecticides were applied. After insecticide treatments were initiated in the 1950's, devastating outbreaks of new pests appeared. The bionomics, natural and chemical control of pests were studied. Parasites and predators of pest species were common in non-treated environments but natural control agents were suppressed in banana plantations sprayed with pesticides. In 1973, all insecticide sprays were stopped. Soon after, insect pests decreased. Within 2 years, a balanced banana ecosystem became restabilized again and many former insect pests nearly disappeared. After 10



years, successful control of insect pests by natural means now serves as a model demonstrating the reliability of such a strategy.

August 8, 1983

C. S. STEPHENS\*

\* Present address: United Brands Company, Puerto Armueles, Panamá.

#### Literature cited

1. ALLEN, P. H. The rainforest of Golfo Dulce. Gainesville, Florida, University of Florida Press, 1956. 418 p.
2. BULLOCK, R. C. and ROBERTS, F. S. *Platynota rostrana* (Walker): a peel-feeding pest of bananas. *Tropical Agriculture* 38:337-341. 1961
3. DARLINGTON, P. J. Jr. Banana stalk borer. United Fruit Company. Research Bulletin 50. 1956. 14 p.
4. FIELD, W. D. Ctenuchid moths of *Ceramidia* Butler, *Ceramidiodes* Hampson, and the caca species group of *Antichloris* Hubner. Smithsonian Contributions to Zoology no. 198. 45 p.
5. HARRISON, J. O. Notes on the life history and habits of *Ceramidia butleri* Moeschler, a pest of bananas (Lepidoptera: Syntomidae). *Annals of the Entomological Society of America* 52:351-354. 1959.
6. HARRISON, J. O. The natural enemies of some banana insect pests in Costa Rica. *Journal of Economic Entomology* 56:282-285. 1963.
7. HARRISON, J. O. On the biology of three banana pests in Costa Rica (Lepidoptera: Limacodidae, Nymphalidae). *Annals of the Entomological Society of America* 56:87-94. 1963.
8. HARRISON, J. O. Factors affecting the abundance of Lepidoptera in banana plantations. *Ecology* 45:508-519. 1964.
9. HARRISON, J. O. Studies on the biology of *Elachertus ceramidae* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasite of the banana pest *Ceramidia butleri* (Lepidoptera: Syntomidae). *Annals of the Entomological Society of America* 58:64-66. 1965.
10. HARRISON, J. O. and STEPHENS, C. S. Notes on the biology of *Epantheria icasia* (Lepidoptera: Arctiidae), a pest of bananas. *Annals of the Entomological Society of America* 59:671-674. 1966.
11. HOLDRIDGE, L. R. *et al.* Forest environments in tropical life zones. New York, Pergamon Press, 1971.
12. LARA E., F. The banana stalk borer, *Castniome-ra humboldti* (Boisduval) in La Estrella Valley, Costa Rica. I. Morphology. *Turrialba* 14:128-135. 1964.
13. LARA E., F. The banana stalk borer, *Castniome-ra humboldti* (Boisduval) in La Estrella Valley, Costa Rica. III. Rhythms and Ecology. *Turrialba* 15:99-102. 1965.
14. LARA E., F. The banana stalk borer, *Castniome-ra humboldti* (Boisduval) in La Estrella Valley, Costa Rica. V. Cultural control. *Turrialba* 16:136-138. 1966.
15. OSTMARK, H. E. Economic insect pests of bananas. *Annual Review of Entomology* 19:161-175. 1974.
16. NICKEL, J. L. Control of red rust thrips on bananas in Honduras. *Journal of Economic Entomology* 54:1071-1074. 1961.
17. ROBERTS, F. S. Insects affecting banana production in Central America. *Proceedings of the 10th International Congress of Entomology* 3:411-415. 1958.
18. ROTH, L. M. Preliminary report on ants in banana plantations at La Lima, Honduras and Palmar, Costa Rica. United Fruit Company Research Department Bulletin 52. 1960. 33 p.
19. SIMMONDS, H. W. Bananas. London, Longmans, 1966. 512 p.
20. STANNARD, L. J. Jr. Three new species and two new records of thrips in Illinois. *Transactions of the Illinois State Academy of Science* 49:172-176. 1957.
21. STEPHENS, C. S. *Oiketeticus kirbyi* (Lepidoptera: Psychidae) a pest of bananas in Costa Rica.

Journal of Economic Entomology 55:381-386. 1962.

22. STEPHENS, C. S. Natural control of limacodids on bananas in Panama. *Tropical Agriculture* 52:167-172. 1975.
23. STOVER, R. H. Banana, plantain and abaca diseases; London, Longmans, 1972. 316 p.
24. THORNTON, N. C. Control of insect pests in banana in Central and South America and the Dominican Republic. First FAO Conference on Bananas, Abidjan, Ivory Coast. 1960. 8 p.

#### Pudrición del fruto del banano causada por *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (*Whetzelinia sclerotiorum*) en Costa Rica

**Summary.** A disease of the banana fruit caused by *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary (*Whetzelinia sclerotiorum*) was observed in the Experimental Station of the Tropical Agricultural Training & Research Center, CATIE, at Turrialba, Costa Rica. The symptoms included brown colored rot which spread from the distal to the proximal end of the fruit, subsequently covering it entirely. There were no signs of sexual structures on the plant material or on the fungus isolates.

En el área experimental del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, Costa Rica, se observó en 1982 una pudrición en los frutos de algunas plantas de bananos del cultivar Cavendish. La pudrición se manifestaba al comienzo mediante un cambio de color en frutos ya desarrollados, que se tornaba de color marrón claro con aspecto acuoso. Esta condición progresaba desde el extremo distal al proximal, llegando a cubrir la totalidad de los frutos (Figura 1). El color del área afectada se modifica paulatinamente hasta alcanzar un tono marrón oscuro casi negro. En la parte interna del fruto, se presentaba también pudrición suave de tejido, de color marrón rojizo. El área afectada se cubrió de micelio blanco en el que se diferenciaba a simple vista; esclerocios del hongo. No se observaron síntomas en el tallo ni en las hojas.

El agente causal de esta enfermedad, *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (*Whetzelinia sclerotiorum*), ha sido señalado con poca frecuencia atacando frutos de banano en países tropicales. Debido a que aún no se ha descrito en Costa Rica, se consideró de interés indicar su presencia.

Esta pudrición de frutos fue señalada en Palestina en el cultivar Dwarf Cavendish, por Reichert y Hellinger (1930), como la pudrición más importante de frutos de banano en la región de Jaffa. En 1970, Loville (3) en su estudio de las enfermedades fungosas del banano en diversos países, señala *S. sclerotiorum* entre las pudriciones más importantes de los frutos. Stover (5) describe la enfermedad como de ocurrencia poco frecuente. En 1974 fue señalada en Bermuda por Waterson (7).

#### Materiales y métodos

El material que se utilizó para los aislamientos, provino de frutos con síntomas del cultivar Cavendish, de las plantaciones ubicadas en el área experimental del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), de Turrialba, Costa Rica. Esta localidad está a 600 metros sobre el nivel del mar; ecológicamente se describe como bosque tropical húmedo con transición a muy húmedo; con un promedio de 2 600 mm de precipitación anual, una temperatura promedio de 22.3°C y una radiación de 154 kcal cm<sup>-2</sup>.

El material enfermo colectado se desinfectó superficialmente con hipoclorito de sodio al 2%, y se cultivó en agar papa glucosado a pH 6, 5, incubándose a 25°C. Las colonias fungosas obtenidas se usaron para el estudio morfológico del hongo y para las pruebas de patogenicidad.

En estas pruebas, se utilizó como inóculo el micelio y los esclerocios que crecían profusamente en Erlemeyers con agar papa glucosado, los frutos para inocular se lavaron y desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2%.

En las pruebas de patogenicidad se utilizaron 22 frutos en total. Seis de estos frutos se hirieron con

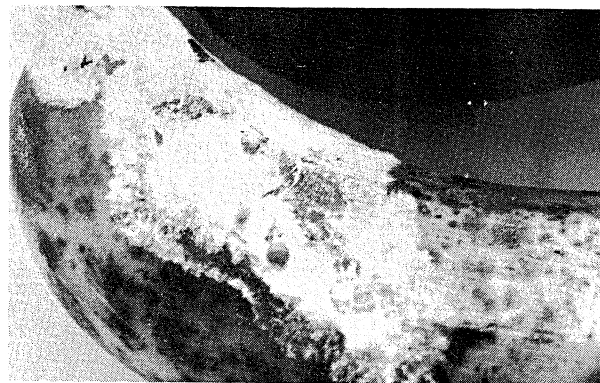


Fig. 1. Fruto de banano mostrando síntomas de pudrición causada por *Sclerotinia sclerotiorum* en Turrialba, Costa Rica. Se observa micelio y esclerocios.

una aguja histológica. A otros 6, no se les efectuó heridas. Sobre todos los frutos, se colocó agar con micelio y esclerocios a fin de inocularlos. Otros 10 frutos, que fueron tratados de igual manera a los inoculados, solo que colocando sobre ellos pequeñas porciones de agar papa glucosado sin crecimiento fungoso, fueron considerados como testigos. Todos los frutos después de inoculados permanecieron en una cámara húmeda, previamente desinfectada a 25°C.

### Resultados

Con el micelio y los esclerocios obtenidos en los aislamientos se procedió a la identificación del patógeno. De acuerdo a las características morfológicas (miceliales y esclerotiales) propuestas por Willests and Wong (9), se determinó la especie *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (*Whetzelinia sclerotiorum*): micelio blanco de crecimiento rápido, con unos 25 esclerocios por placa, distribuidos en uno o varios anillos concéntricos, con un peso seco de 3.6 mg por esclerocio. Pertenece a la familia Sclerotiniaceae (8), es una especie muy polífaga, con 172 especies hospedantes en 188 géneros y 37 familias (1). Ha sido mencionado causando pudriciones que ocasionaron pérdidas económicas importantes en varias especies en Australia, América del Norte, Europa y Asia.

En las pruebas de patogenicidad los frutos que habían recibido heridas, manifestaron síntomas al cuarto y quinto día de la prueba. En los que no había heridas, la sintomología comenzó entre el séptimo y octavo día. No se observaron síntomas en los frutos testigo. En todos los casos de reacción positiva se formó una pudrición de color castaño alrededor del punto de inoculación. El color se fue oscureciendo hasta alcanzar un color marrón casi negro. En la parte interna se observó una pudrición color castaño.

De los frutos que mostraron síntomas se procedió a aislar el agente patógeno; las colonias obtenidas en los reaislamientos presentaron las mismas características morfológicas que las de los aislamientos iniciales.

### Resumen

En el área experimental del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, Costa Rica, se observó una enfermedad en los frutos de banano (*Musa acuminata*) causada por *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (*Whetzelinia sclerotiorum*). Los síntomas se manifestaron como una pudrición de color marrón que avanzaba desde el extremo distal al proximal, llegando a cubrir, posteriormente, todo el fruto. No se encontraron formas sexuales en el material vegetal ni en los cultivos artificiales.

### Agradecimiento

Los autores agradecen al Dr. Raúl A. Moreno, Fitopatólogo de CATIE la orientación en la ejecución del trabajo y la revisión crítica del mismo.

23 de agosto de 1983

I. G. LAGUNA\*  
L. G. SALAZAR\*

\* Bióloga Asistente de Investigación y Asistente de Campo y Laboratorio, respectivamente, CATIE, Turrialba, Costa Rica

### Literatura citada

- DICKSON, F. Studies on *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Ph. D. Thesis. Ithaca, New York, Cornell University. 1930. 136 p.
- KOHN, L. N. Delimitation of the economically important plant pathogenic *Sclerotinia* species. *Phytopathology* 69:881-886. 1979.
- LOVILLE, E. Aspects phytopathologiques des problèmes d'amélioration de la 'qualité' de banane. *Fruits* 25:511-521. 1970.
- REICHERT, I. y HELLINGER, A. "Sclerotinia" disease new to banana fruits and its relation to "Citrus". *Hadar* 3:14. 1930.
- STOVER, R. H. Banana, plantain and abaca diseases. Commonwealth Mycological Institute, Kew Surrey, England. 1972. 316 p.
- WARDLAW, C. W. Banana disease including plantains and abaca. London, Longman. 1961. 878 p.
- WATERSON, J. M. The fungi of Bermuda, Bulletin Department Agriculture Bermuda 23:305. 1974.
- WHETZEL, H. H. A synopsis of the genera and species of the *Sclerotiniaceae*, a family of stromatic inoperculate Discomycetes. *Mycologia* 37:648-714. 1945.
- WILLETS, H. J. y WONG, J. A. L. The biology of *Sclerotinia sclerotiorum*, *S. trifoliorum* and *S. minor* with emphasis on specific nomenclature. *Botanical Review* 46:101-165. 1980.

**Observations sur une ponte fertile d'ouvrières d'*Acromyrmex octospinosus* (Reich) (Hymenoptera — Formicidae).**

**Resumen.** se observó la postura de huevos fértiles por obreras de *Acromyrmex octospinosus* en una colonia huérfana. Estos huevos padecieron una partenogénesis que produce solamente huevos masculinos que se desarrollan en larvas.

Pour les fourmis attines des genres évolués (*Atta* et *Acromyrmex*) il est admis que la fonction de reproduction est réservée à la reine. Les ouvrières sont des femelles stériles à ovaires atrophiés. Chez *Atta texana*, Bazire Benazet (1) montre cependant que les ouvrières de la "cour" pondent des oeufs trophiques, plus gros que les oeufs fertiles de la reine. Ces oeufs trophiques servent à l'alimentation de la reine et probablement des larves. Weber (4) signale la ponte d'oeufs par des femelles vierges d'*Acromyrmex octospinosus* et le développement de quelques larves qui ne survivent cependant pas. Un résultat similaire est aussi reporté avec des ouvrières d'*Acromyrmex lobicornis* (4), mais aucune observation n'a jusqu'ici été communiquée pour les ouvrières d'*Acromyrmex octospinosus*.

A la fin de Janvier 1980 une petite société d'*A. octospinosus* est créée en fractionnant un nid ramené de Guadeloupe un an auparavant. Elle est constituée d'environ 50 cm<sup>3</sup> de meule fongique, d'une cinquantaine d'ouvrières, petites à moyennes, et d'une cinquantaine d'ouvrières, petites à moyennes, et d'une vingtaine de grandes. L'addition de couvain motive en général les ouvrières à entretenir le jardin fongique, ce qui est un facteur de réussite. Une dizaine de larves (4ème stade) et nymphes d'ouvrières provenant du nid d'origine est donc ajoutée. Cette petite société maintenue à 24°C, 80% H R est alimentée avec différents végétaux.

Le jardin fongique est rapidement remodelé en "pain de sucre" d'un volume d'environ 30 cm<sup>3</sup>. Un mois après leur introduction (fin Février 1980), les larves ont totalement achevé leur développement et le nid ne comprend plus que des ouvrières. Au mois d'Août 1980 (soit environ 6 mois après la mise en place) deux larves de grosse taille ( $\cong$  4 mm) sont observables. De Août à Septembre 1980, un total de 13 larves similaires est dénombré. Simultanément une augmentation de l'activité myciculture est notée, se concrétisant par la formation de nouvelles structures végétales à la surface de la meule. Toutes les larves ont été progressivement rejetées dans la "décharge" de la société entre le 29 Septembre et le 19 Décembre 1980. L'identification par chetotaxie, selon Torregrossa *et al.* (3), montre que ce sont des larves de sexués mâles du 5ème (dernier) stade. Après le dernier rejet et jusqu'au mois de Février 1981 (mort accidentelle de cette société) aucune nouvelle larve ne fut observée.

Les observations effectuées sur ce bourgeon de société orpheline révèlent la ponte d'oeufs reproducteurs par les ouvrières d'*Acromyrmex octospinosus*. Ces oeufs haploïdes, qui se développent en larves mâles, ont donc subi une parthenogénèse arrhénotoque. Différentes questions restent cependant posées.

La ponte peut être le fait d'ouvrières après levée de l'inhibition par l'orphelinage artificiel (si l'on admet la réversibilité du blocage royal) ou encore le résultat du développement ovarien des ouvrières naives nées dans le contexte orphelin.

Le rejet des larves mâles peut être lié à une mortalité prénymphe d'étiologie indéterminée. La métamorphose reste une étape dramatique dont toutes les clés et synchronisateurs ne sont pas connus. L'haploïde, ne possédant que la moitié du bagage chromosomique conférant la rusticité aux femelles, est peut-être plus fragile et nécessiterait plus de soins, qu'une société trop petite n'a pu offrir.

La dernière observation intéressante est que dans nos conditions d'élevage la durée de vie des ouvrières est au moins d'une année. Cette estimation diffère de celle de Porter et Bowers (2) qui évaluent la durée de vie des ouvrières d'*Atta colombica* à 15 - 20 jours selon leur taille.

#### Resumé

La ponte d'oeufs reproducteurs par les ouvrières d'*Acromyrmex octospinosus* est observée dans une colonie orpheline. Ces oeufs ont subi une parthénogénèse arrhénotoque et se développent en larves mâles.

#### Summary

The laying of fertile eggs by the workers of *Acromyrmex octospinosus* was observed in queen less colony. These eggs were produced by arrhenotoky and give male larvae.

16 Fevrier, 1983

G. FEBVAY\*

C. OGIER\*\*

\* Station de Zoologie et Lutte Biologique — I.N.R.A. Antilles-Guyane — 97170 Petit-Bourg — Guadeloupe (FWI).

\*\* Laboratoire de Biologie — I.N.S.A. — 69621 Villeurbanne Cedex (France).

## Littérature citée

1. BAZIRE-BENAZET, M. La ponte des ouvrières d'*Atta laevigata* Fred-Smith 1858 (Hymenoptera - Formicidae). C. R. Academie Sciences., Paris 270:1 614-1 615 1970.
2. PORTER, S. D. and BOWERS, M. A. Caste partitioned survivorship and route fidelity of leaf-cutting and workers. In BREED M. D., MICHENER C. D. and EVANS M. E. eds. The biology of social insects. Westview Press, 1982. 419 p
3. TORREGROSSA, J. P.; FEBVAY, G. and KERMARREC A. The larval instars of the worker caste in the attine ant, *Acromyrmex octospinosus* (REICH) (Hymenoptera, Formicidae). Colemania (sous presse). 1982.
4. WEBER, N. A. Gardening ants. The Attines. Memoirs of the American Philosophical Society 92:1-146. 1972.

Se conoce desde 1960, que tanto las enzimas de origen animal como vegetal, se presentan en varias formas moleculares (8).

Kruger, en 1970, mediante estudios cromatográficos y electroforéticos en granos de trigo Hard Red Spring (HRS) maduros, separa dos formas moleculares de beta amilasa (5).

Durante la germinación de los granos de trigo canadienses HRS y empleando técnicas electroforéticas en poliacrilamida, se observan siete u ocho izoenzimas de la alfa amilasa (7).

Como en Argentina no se han realizado estudios a este respecto, el propósito del presente trabajo es conocer las actividades alfa y beta amilásicas y la composición amilásica en granos de trigo maduros y a diferentes días de germinación, para lo cual se adaptó una técnica de tinción específica para amilasas luego de los desarrollos electroforéticos.

## Materiales y métodos

## Preparación de extractos

Se trabajó con granos maduros de trigo, variedad Buck Manantial cosecha 1980-1981, provisto por la Estación Experimental INTA Marcos Juarez, Provincia de Córdoba, República Argentina.

Se molieron dos gramos de granos sanos y limpios en un molinillo eléctrico de paletas horizontales y la harina obtenida fue suspendida en 18 ml de agua destilada fría y homogeneizada en un mezclador de vidrio tipo Potter-Elvehjem durante dos minutos en cámara fría.

La suspensión obtenida fue agitada durante cinco minutos en un agitador eléctrico en cámara fría. Los extractos obtenidos fueron centrifugados a 6 000 x g a 4°C durante veinte minutos en una centrifuga refrigerada Sorvall modelo RC 2.

A fin de conseguir granos con distintos períodos de germinación (2, 4, 6 y 8 días) se colocaron granos de trigo sanos, limpios y maduros en cápsulas de Petri en ambiente saturado de humedad, las que fueron acondicionadas en cámaras que recibían 11 horas de luz diaria con una temperatura de 18-21°C.

Se suspendieron dos gramos de granos germinados, que habían sido privados cuidadosamente de todos sus nuevos tejidos (brotes y raíces) en 18 ml de agua destilada fría y tratados como se indicó anteriormente en el caso de los granos maduros.

## Actividad amilásica durante la germinación del grano de trigo. Estudio electroforético.

**Summary.** The alpha and beta's amilase activities in extracts of seeds of wheat (Buck Manantial) matured and at different stages of germination was determined. In the matured seeds the main part of the activity belongs to beta amilasa. During germination alpha amilasa's activity increases until the sixth day. The disc electrophoresis in poliacrilamide and specific stains in extracts of riped seeds show two bands of quickly movement activity, while the seeds extracts at different periods of germination show the apparition of seven additional bands of slower movements

Las amilasas provienen de numerosas fuentes: bacterias, hongos, vegetales superiores y animales. Pertenecen a la categoría de las hidrolasas.

Las amilasas vegetales, debido a su efecto un poco distinto al desdoblar la molécula de almidón, se distinguen en alfa amilasas (EC 3.2.1.1) y beta amilasas (EC 3.2.1.2.) (4, 10).

Las actividades amilásicas influyen en la calidad de los granos de trigo y productos obtenidos a partir de ellos.

### Determinación de actividad enzimática

Los sobrenadantes límpidos obtenidos fueron utilizados para la determinación de actividades amilásicas de acuerdo al método descrito por Bernfeld (2), modificado Tkachuk y Kruger (11) y usando como sustrato almidón soluble Merck al 0.5%, de reciente preparación.

Se emplearon curvas de calibración efectuadas con una solución de maltosa, definiéndose como una unidad amilásica la cantidad de enzima que es capaz de liberar un micromol de maltosa o equivalentes reductores en un minuto a 30°C y a pH 5.5.

Para la cuantificación de actividades combinadas alfa más beta amilásicas se utilizó buffer acetato a pH 5.5. Simultáneamente se determinaron las actividades alfa amilásicas empleando buffer acetato a pH 5.5, previa inactivación de actividades beta amilásicas por calentamiento a 70°C durante 10 minutos a pH 6.7 (12).

El desarrollo final de la reacción colorimétrica fue medido en un espectrofotómetro Bausch y Lomb "Spectronic 20" a 540 nm.

### Electroforesis

La separación electroforética en distintas zonas de actividad amilásica fue conseguida mediante el empleo de electroforesis en geles de poliacrilamida, los que fueron preparados de acuerdo a Davis (3), empleando una solución de acrilamida al 5.6% a pH 8.5. Se usaron tubos de vidrio de 7 mm de diámetro interno por 15 cm de largo. El gel de poro pequeño y el gel espaciador tenían siempre las mismas alturas en el interior de los tubos. El volumen del extracto sembrado presentaba una actividad de 20 unidades amilásicas, agregándose agua destilada en la cantidad necesaria a fin de que todos los volúmenes fuesen iguales. Con el objeto de prevenir la mezcla de los extractos sembrados en el buffer de corrida tris-glicina pH 8.3, fueron agregadas 3 gotas de solución de sacarosa saturada. Como marcador de corrida se usó azul de bromofenol.

Durante el desarrollo electroforético se empleó una corriente constante de 4 mA por tubo, deteniéndose cuando el marcador se encontró a 1 cm sobre el borde inferior del gel. El tiempo de desarrollo fue de aproximadamente dos horas y media.

Con el objeto de revelar específicamente las distintas zonas de actividad amilásica, se adaptó una técnica de tinción específica para amilasas, que consiste en sumergir los geles en una suspensión de almidón el 1% apropiadamente hidrolizado en buffer acetato a

pH 5.5 y llevados a 37°C durante una hora (1). A continuación, los geles fueron lavados 2 veces con agua destilada y sumergidos en una mezcla reveladora formada por partes iguales de lugol y ácido acético al 10% hasta la aparición de zonas claras sobre un fondo oscuro, desechándose en ese momento la solución reveladora y adicionándole a los tubos de ensayo que contienen a los geles ácido acético al 10%

### Resultados

En la Figura 1 cada punto, tanto de la actividad total alfa más beta amilásica como de la actividad alfa amilásica, expresa el promedio de cinco determinaciones de actividades amilásicas por gramo de grano de cereal en función del tiempo de germinación. A su vez, cada punto de la actividad beta amilásica fue obtenido realizando la diferencia entre las actividades combinadas alfa más beta amilásicas y las actividades alfa amilásicas.

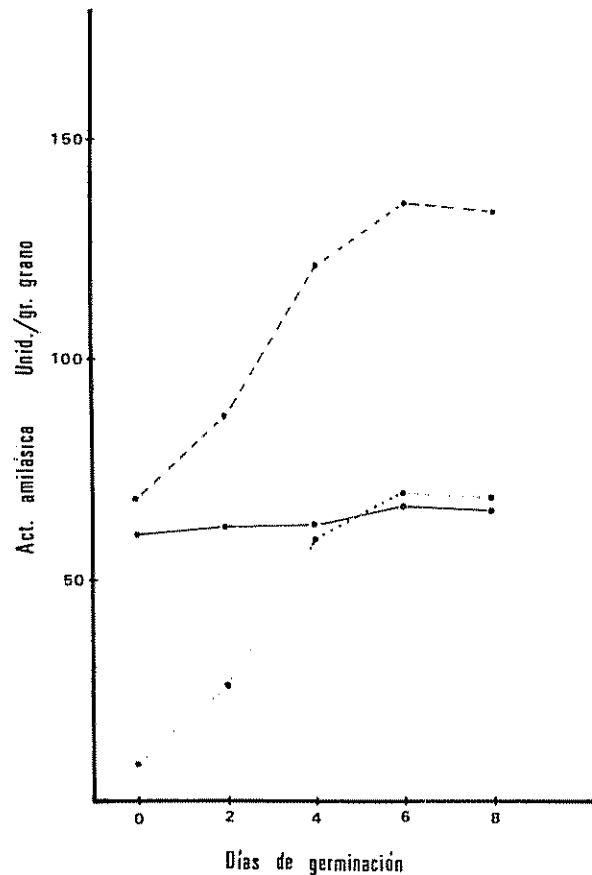


Fig 1 — — — Actividad amilásica combinada alfa más beta en granos maduros y a diferentes días de germinación.  
 - · - · - · Actividad alfa amilásica en granos maduros y a diferentes días de germinación  
 — — — Actividad beta amilásica en granos maduros y a diferentes días de germinación.

La observación de la Figura 1 permite apreciar que tanto la actividad total alfa más beta amilásica como la actividad alfa amilásica se incrementan marcadamente desde la iniciación de la germinación hasta el sexto día de la misma. A partir de ese momento comienzan a declinar. Al realizar estudio estadístico de los puntos consignados en dicha figura, se determina que las diferencias son significativas.

En la misma figura puede apreciarse que la actividad beta amilásica se incrementa ligeramente desde la iniciación de la germinación hasta el sexto día y luego tiende a decrecer. Al realizar estudio estadístico de los puntos consignados en dicha figura se observa que las diferencias son significativas hasta el sexto día.

Los desarrollos electroforéticos en geles de poliacrilamida, obtenidos con extractos de granos maduros y germinados y posteriormente revelados específicamente, se observan en la Figura 2.

En el primer trazado electroforético (A) aparecen 2 zonas de actividad amilásica. En los 2 siguientes trazados (B y C) se observa una mayor cantidad de zonas de actividad amilásica. En los 2 últimos trazados (D y E) se distinguen 9 zonas de actividad amilásica, 2 zonas más móviles que corresponden a las que aparecen en el primer trazado electroforético y 7 zonas adicionales de movimiento más lento.

### Discusión

Se efectuó un estudio comparativo de las actividades amilásicas de granos de trigo maduros y en germinación de las siguientes variedades: Buck Manantial, Villela Sol, Klein Rendidor y Klein Atlas. Se encontró que la variedad Buck Manantial es la que mayor actividad amilásica combinada alfa más beta presenta,

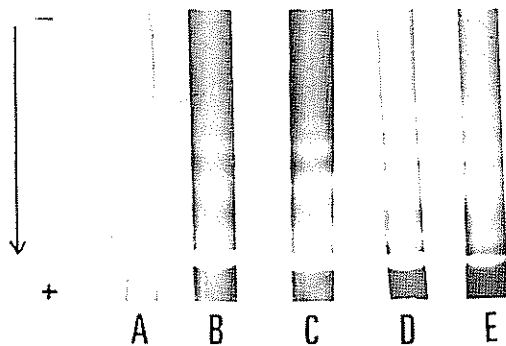


Fig 2 Los trazados A, B, C, D y E corresponden respectivamente a desarrollos electroforéticos y posteriores revelaciones específicas de extractos de: granos maduros sin germinar (A) y de granos germinados 2 días (B), 4 días (C), 6 días (D) y 8/días (E)

siguiéndole en orden decreciente Villela Sol, Klein Rendidor y Klein Atlas, con valores respectivamente del 88% , 75% y 74% de la actividad amilásica determinada en Buck Manantial.

Para la realización del presente trabajo se ha elegido la variedad Buck Manantial, trigo duro de invierno, hexaploide de 42 cromosomas.

La observación de los distintos valores de las actividades en la Figura 1 permite apreciar que:

- En los granos maduros la mayor parte de la actividad amilásica alfa más beta corresponde a actividad beta amilásica.
- Durante la germinación se produce un aumento de la actividad amilásica combinada alfa más beta hasta el sexto día, fundamentalmente a expensas de la actividad alfa amilásica, con valores que corresponden prácticamente al doble de los encontrados en granos maduros.
- La actividad alfa amilásica se incrementa grandemente al progresar la germinación, alcanzándose valores en el orden de las diez veces superiores al inicial.
- La actividad beta amilásica, por el contrario, aumenta en forma mucho menos notable al progresar la germinación.

Nuestras apreciaciones son concordantes con lo encontrado por Kruger (6) y Olered y Jönsson (9), quienes trabajando con trigos canadienses HRS han observado que las alfa amilasas, si bien están presentes en el desarrollo temprano del grano de trigo, tienden a desaparecer hacia la maduración final del mismo, no pudiéndose a veces detectarlas en granos maduros, y que a su vez las beta amilasas aparecen también en el desarrollo temprano del grano de trigo, incrementando su actividad hasta la maduración final. Las anteriores observaciones permiten estimar que en el trazado A de la Figura 2 las bandas que aparecen corresponderían a actividad beta amilásica.

También Kruger (7) y Olered y Jönsson (9) encontraron que las alfa amilasas aparecen nuevamente a partir del segundo día de germinación e incrementan su actividad al progresar la misma. De lo expresado anteriormente podríamos sugerir que en los trazados B, C, D y E de la Figura 2 las bandas adicionales a las dos presentes en el trazado A corresponderían a actividad alfa amilásica.

Se considera que se contribuye así a la iniciación de estudios de amilasas de trigos cultivados en nuestro país. Es de interés en un posterior trabajo, discriminar

en los trazados electroforéticos las actividades alfa de las beta amilásicas, teniendo en cuenta que tanto las características de los granos de cereales como los comportamientos industriales de los productos que se pueden obtener de ellos se encuentran relacionados con las amilasas.

### Resumen

Se determinó la actividad de alfa y beta amilasa en extracto de semillas de trigo maduras en diferentes estados de germinación. En semillas maduras la mayoría de la actividad fue de beta amilasa; el contenido de alfa amilasa aumentó durante la germinación, hasta el sexto día. En discos de electroforéticos en poliacrilamida con colorantes específicos se encontró dos bandas de rápido movimiento en semillas maduras y siete bandas adicionales en los extractos de plántulas germinadas.

18 de abril 1983

J. A. LUCIANI\*

M. E. DUBOIS DE TRECCO\*

\* Docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

### Literatura citada

1. BELLAVIA, S. L., *et al.* Alpha amylase activity of human neonate and adult saliva. *Archives of Oral Biology* 24:117-121. 1979.
2. BERBFELD, P. Amylases, alpha and beta. In Colowick, S. O. y Kaplan, N. O., eds *New York. Methods in Enzymology*. Academic Press. 1955. pp. 1-149.
3. DAVIS, B. J. Disc electrophoresis. II. Methods and application of human serum proteins. *Annals of the New York Academy of Science* 121:404-427. 1964.
4. KENT JONES, D. W. y AMOS, A. J. The technique and the chemistry of the baking process. In *Modern Cereal Chemistry*, ed. London. Food Trade Press Ltd. 1967. pp. 270-276.
5. KRUGER, J. E. On the relationship between free and latent beta amylases in wheat. *Cereal Chemistry* 47(1):79-85. 1970.

6. KRUGER, J. E. Changes in the amylases of Hard Red Spring wheat during growth and maturation. *Cereal Chemistry* 49(4):379-390. 1972.
7. KRUGER, J. E. Change in the amylases of Hard Red Spring wheat during germination. *Cereal Chemistry* 49(4):391-398. 1972.
8. MARKERT, C. L. Isozymes. In Liss, A. R., ed. *Isozymes: Current Topics in Biological and Medical Research*, New York, s.c. 1977. pp. 1-17.
9. OLERED, R. y JONSSON, G. Electrophoretic studies of alpha amylase in wheat II. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 21:385-392. 1970.
10. REED, R. y THORN, J. A. Enzymes. In Pomeranz, Y., ed. *Wheat Chemistry and Technology*. St. Paul, Minnesota. American Association of Cereal Chemistry. 1971. pp. 452-491.
11. TKACHUK, R. y KRUGER, J. E. Wheat alpha amylases. II. Physical characterization. *Cereal Chemistry* 51(4):508-529. 1974.
12. WARCHALEWSKI, J. R. y TKACHUK, R. Durum wheat alpha amylases: isolation and purification. *Cereal Chemistry* 55(2):146-156. 1978.

### Plant growth and boron uptake by *Lycopersicon esculentum* and *L. cheesmanii* f. *minor*.

**Resumen.** Plantas de dos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum*) y de una especie silvestre (*L. cheesmanii* f. *minor*) fueron cultivados durante tres semanas en soluciones nutritivas con niveles de boro de 0.5 a 11 ppm para los cultivares comerciales y de 0.5 a 32 ppm, para la especie silvestre.

El peso seco de raíces de los cultivares fue menor con 2 y 3 ppm de B que a mayores o menores concentraciones de este elemento. Síntomas visuales de toxicidad de B, bordes necróticos de hojas maduras, completamente expandidas, fueron evidentes con concentraciones de 2 ó más ppm de B. Las plantas se volvieron necróticas con 11 ppm de B.



En el caso de la especie silvestre los más altos valores de peso seco de la planta fueron obtenidos con niveles de 2 y 5 ppm de B. A la concentración de 5 ppm B se observó una ligera necrosis del borde de las hojas maduras acentuándose ésta conforme se incrementaba la concentración de B en la solución.

Las plantas sobrevivieron niveles de 32 ppm B si bien presentaban una necrosis severa en el follaje.

Tanto para la especie cultivada como para la especie silvestre la más alta concentración de B se obtuvo en hojas maduras; valores intermedios fueron encontrados en hojas jóvenes en desarrollo, mientras que las menores concentraciones fueron halladas en raíces.

Debido a que la especie silvestre sobrevivió a niveles de B mucho mayores que las formas cultivadas se considera que posee una gran tolerancia al B. Esta tolerancia al B, evidentemente tiene una base genética. Algún mecanismo desconocido que limita parcialmente la absorción o el transporte del B hacia las hojas de *L. cheesmanii* parece estar implicado en esta tolerancia.

Means of altering the salt content of soils and waters to improve crop production have dealt almost exclusively with manipulating the mineral substrate (4). Another method has been selecting strains of crops tolerant to saline conditions (4). Genetic adaptation as a means to circumvent soil problems has also been utilized (9). Information regarding the genetic control of mineral uptake, transport, and metabolism by plants has been reviewed by Epstein (3).

Boron is at varying concentrations in saline soils, and B toxicity presents an important natural nutritional excess in many subtropical areas (1). Soils formed under limited rainfall often contain B at concentrations toxic to plants. Boron may often also be introduced by irrigation water. Regulation of soil available B is difficult because the range between deficient and toxic levels in plants is rather narrow (3). Although considerable information on the effects of B on plants has been accumulated, its physiological role is still not well understood (6). Tomato has been reported to be semitolerant to B (10).

It is the purpose of this study to evaluate the growth and B uptake of seedlings of a cultivated and wild species of tomato subjected to increasing concentrations of B in culture solution. Two short-term experiments were conducted concurrently utilizing two cultivars of tomato *L. esculentum* Mill., and ecotype (C. M. Rick accession no. LA 1401) of the wild species, *L. cheesmanii* f. minor (Hook) Mull. The wild species was selected because its natural habitat is near the sea in the Galapagos Islands and it is very salt-tolerant (8).

## Materials and methods

Seeds of the two cultivars, VF-145-B7379 and UC 82 A, were germinated on cheesecloth saturated with half-strength Hoagland's solution including B at 0.5 ppm, in a greenhouse environment. Ten days after germination, three seedling of each of the cultivars were transferred into one-liter nutrient culture containers with B at concentrations of 0.5, 1, 2, 3, 5 and 11 ppm.

Seeds of the wild species were germinated in petri dishes containing moistened filter paper in a germination chamber at 25°C. The seeds were treated prior to germination with 2.6% NaOCl (1/2 strength household bleach) for 45 minutes to enhance germination (7). Because the seedlings of the wild species were much smaller and more difficult to handle than those of the cultivars, sprouted seedlings were planted in nutrient saturated vermiculite in plastic containers and allowed to grow to a larger size. After three weeks growth two plants were then transferred to one-liter nutrient cultures with B concentrations at 0.5, 2, 5, 11, 22, and 32 ppm. Higher concentrations of B were used than for the cultivated varieties because the threshold B value for toxicity of the wild species was unknown.

Boric acid was used as the source of B. Solutions containing B were applied two days following transfer of seedlings into individual one-liter containers. Germination of the wild species was started in advance of the cultivars so that all seedlings would be ready for B treatment at the same time.

Solutions were changed once a week and continuously aerated. A complete randomized design, with three replications per treatment, was utilized. Changes in plant growth were observed and plants harvested three weeks after growth in the B solutions. After thorough rinsing several times with distilled water, each plant was divided into three parts: young expanding leaves (those at the two first nodes from the apex), mature fully-expanded leaves (those below the first two young leaves), and roots. Tissue was dried at 70°C for 48 h and then analyzed for B (2).

## Results and discussion

Since there were differences in the time of seedling development prior to placement into solution culture containing varying levels of B, direct comparison of growth between the two species was not made. The growth of the two cultivars of *L. esculentum* was essentially the same at each level of B.

**Growth response of *L. esculentum*.** Growth for three weeks did not differ at B concentrations be-

tween 1 and 3 ppm (Table 1). At 0.5 and at 5.0 ppm B shoot elongation was not as vigorous and root dry weight increased. This was reflected in changes in shoot to root ratio from a high of 7.3 at 2 ppm B to a low of 5.5 and 4.8 at 0.5 and 5 ppm B respectively. Plants grown at 11 ppm B became necrotic and varied widely in dry weight and hence this data was not included in the tables.

No discernible leaf discoloration appeared on plants grown at 0.5 and 1.0 ppm B during the course of this study. By the second week edges of a few of the older leaves showed mild necrosis on plants at concentrations of 2 to 5 ppm B. Older leaves on plants at 5 ppm B were severely necrotic by the third

week. All leaves on plants at 11 ppm B were showing necrotic tissue by the end of the first week. During the second week the necrosis spread and intensified, and the plants were virtually dead by the third week.

**Growth response of *L. cheesmanii*.** Best growth of plants occurred at B concentrations ranging from 0.5 to 5 ppm, (Table 2). At B concentrations of 11 ppm and higher growth declined. In contrast to the growth pattern of *L. esculentum*, the dry weight yield of both shoot and root declined as the concentration of B increased above 5 ppm. The shoot to root ratio remained fairly constant and did not fluctuate as widely as noted for *L. esculentum* (Table 1).

Table 1. Influence of nutrient culture boron concentration upon the growth of *Lycopersicon esculentum* (U.C. 82A)<sup>z</sup>.

Boron (ppm)	Shoot length (cm)	Plant dry weight			Shoot/Root ratio
		Total (g)	Shoot (g)	Root (g)	
0.5	19.0ab	5.9a	5.0a	0.9a	5.5
1	21.8a	5.4a	4.7a	0.7ab	6.7
2	21.0a	5.0a	4.4a	0.6b	7.3
3	20.6ab	4.7a	4.1a	0.6b	6.8
5	17.0b	5.2a	4.3a	0.9a	4.8

<sup>z</sup> Each value is an average of 9 plants after 3 weeks growth in nutrient solution. Values with similar letters are not significantly different at 5% by the Duncan multiple range test

Table 2. Influence of nutrient culture boron concentration upon the growth of *Lycopersicon cheesmanii*<sup>z</sup>.

Boron (ppm)	Shoot length (cm)	Plant dry weight			Shoot/Root ratio
		Total (g)	Shoot (g)	Root (g)	
0.5	21.7b	13.2ab	10.2ab	3.0ab	3.4
2	23.3ab	14.2a	10.9a	3.3a	3.3
5	24.3a	14.2a	10.9a	3.2ab	3.4
11	15.7c	12.2b	9.3bc	2.9bc	3.2
22	8.7d	10.6c	8.1cd	2.6cd	3.1
32	8.7d	10.1c	7.7d	2.4d	3.2

<sup>z</sup> Each value is an average of 6 plants after 3 weeks growth in nutrient solution. Values with similar letters are not significantly different at 5% by the Duncan multiple range test

Leaf edges of older leaves were slightly necrotic on plants at 5 ppm B by the third week. The necrosis of leaf tissue intensified as the B concentration increased, yet plants at 32 ppm B were not totally necrotic at harvest.

**Plant boron concentration.** Examination of B concentration in various plant parts after three weeks growth (Figure 1) revealed that for both *L. esculentum* and *L. cheesmanii*, root tissue contained the lowest B, fully mature expanded leaves the highest B, and young expanding leaves intermediate concentrations of B

The concentration of B in mature leaves of *L. esculentum* increased more rapidly in plants grown at solution concentrations above 2 ppm B than in mature leaves of *L. cheesmanii*. This response was less noticeable in root or young leaf tissue. The B concentration in mature leaves of *L. cheesmanii* grown at 11 ppm B was about a third to one-half that found in mature leaves of *L. esculentum* grown at corresponding concentrations of B.

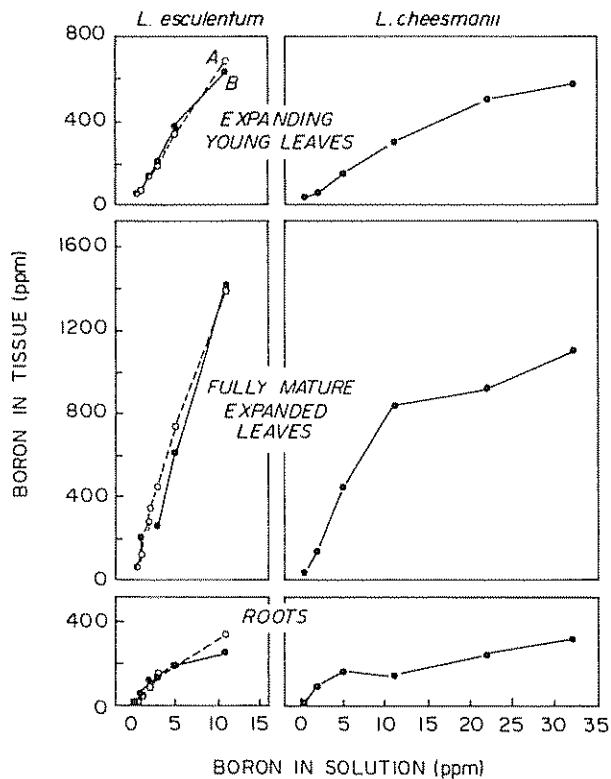


Fig 1 Boron content on dry weight basis of root and leaf tissue of tomato plants grown for three weeks in nutrient solution containing B. *L. esculentum* A = FV - 145 - B7879 and B = UC 82A

From the growth responses and the visual symptoms of necrosis exhibited, it is apparent that plants of the wild species, *L. cheesmanii*, was more tolerant to B than are those of the commercial cultivars of *L. esculentum* used in this study. The development of severe toxicity symptoms at 5 ppm B and complete necrosis of plants at 11 ppm B by both cultivars of *L. esculentum* after three weeks exposure to B (Table 1, Figure 1) is in contrast to the response of "Bonney Best", an inbred strain of tomato, reported by Parks *et al* (5). They found fruit bearing plants at 30.5 ppm B, with leaflet tissue containing 1351 ppm B. Their growth response seems to more closely resemble that response found with *L. cheesmanii* at 32 ppm B (Table 2, Figure 1). This would suggest that the presently available high yielding cultivars of tomato lost some of their tolerance and/or adaptability to levels of B above 2 ppm during the process of selections of earlier breeding lines. The partial exclusion of B from leaf tissue and accumulation in root tissue in *L. cheesmanii* may not be the same mechanism of tolerance as reported for sodium (8). Differences in B concentration in leaf tissue of *L. esculentum* and *L. cheesmanii* may be attributable in part to a change to a lower rate of B absorption by *L. cheesmanii* as the external source of B in the culture media increases. The mechanism for B tolerance is obscure, but some mechanism partially limiting absorption or transport of B seems to be involved. The tolerance to B apparently has a genetic basis, and further investigation into the physiological and genetic factors that govern the tolerance and sensitivity of tomatoes to B is needed.

### Summary

Plants of two cultivars of tomato *Lycopersicon esculentum* and of a wild species, *L. cheesmanii* f. minor were grown for three weeks in nutrient solutions containing boron from 0.5 to 11 ppm for commercial cultivars and from 0.5 to 32 ppm for the wild species.

For the cultivars, root dry weight was lower at 2 and 3 ppm than at higher or lower concentrations of B. Visual symptoms of B toxicity, necrotic leaf edges of fully mature expanded leaves, were evident at and above 2 ppm B. Plants were necrotic at 11 ppm B. For the wild species highest plant dry weight was found at 2 and 5 ppm B. Some necrosis of leaf edges of fully developed leaves occurred at 5 ppm B and necrosis increased in severity with increasing concentration of B. Plants still viable, but with severely necrotic foliage, were present at 32 ppm B.

In both the cultivated and wild species the highest concentration of B was present in fully expanded leaves, least in roots, and intermediate in young ex-

panding leaves. Because the wild species could survive at levels of B much higher than the cultivated forms, it is considered to have significant tolerance to B. Such tolerance evidently has a genetic basis. Some unknown mechanism, partially limiting the absorption or transport of B to the leaves of *L. cheesmanii* is implicated in the tolerance.

August 10, 1982

J. TOLEDO\*  
R. SPURR\*  
H. TIMM\*

\* Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA 95616.

#### Literature cited

1. BROWN, J. C. Genetic potentials for solving problems of soil mineral stress: Iron and boron toxicity in alkaline soils. In Wright, M. J. and Ferrari, S.A., eds. Proceedings of Workshop on Plant Adaptation to Mineral stress in problem soils. Ithaca, Cornell University Agriculture Experimentation, 1976. pp. 150-157.
2. CHAPMAN, H. D. and PRATT, P. F. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. University of California, Division Agriculture Science. 1961. 309 p.
3. EPSTEIN, E. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1972. 412 p.
4. EPSTEIN, E. Genetic potential for solving problems of soil mineral stress: Adaptation of crops to salinity. In Wright, M. J. and Ferrari, S. A., eds. Proceedings of workshop on plant adaptation to mineral stress in problem soils. Ithaca, Cornell University Agriculture Experimentation Station, 1976. pp. 73-82.
5. PARKS, R. Q., LYON, C. B. and HOOD, S. L. Some effects of boron supply on the chemical composition of tomato leaflets. Plant Physiology 19:404-419. 1944.
6. RAINS, D. W. Mineral metabolism. In Bonner, J. and Varner, J. E., eds. Plant Biochemistry. New York, Academic Press, 1976. pp. 561-598.
7. RICK, C. M. and BOWMAN, R. I. Galapagos tomatoes and tortoises. Evolution 15:407-417. 1961.
8. RUSH, D. W. and EPSTEIN, E. Genotypic responses to salinity differences between salt-sensitive and salt-tolerant genotypes in tomato. Plant and Physiology 57:162-166. 1976.
9. TAL, M. Salt tolerance in the wild relatives of the cultivated tomato: Responses of *Lycopersicon esculentum*, *L. peruvianum* and *L. esculentum* minor to sodium chloride. Australian Journal of Agricultural Research 22:631-638. 1971.
10. US SALINITY LABORATORY STAFF. Plant response and crop selection for saline and alkali soils. In Richards, L. A., ed. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. USDA Agric. Handbook no. 60. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1954. pp. 55-68.

#### Diagnose foliar na cana-de-açúcar. X. Efeito da quantidade de chuva nos teores foliares de macronutrientes na cana-planta e na cana-soca.

**Summary.** This paper deals with the effect of rainfall before the sampling date on the composition of the + 3 leaf of the sugar-cane plant. By analysing data found in the literature the increase in the percentage of macronutrients due to 200 mm of rain which fell 2 months before sampling was estimated. In the case of the cane/plant the following values were obtained: P = 0.016 to 0.034% (depending of the type of soil); K = 0.071%; Mg = 0.0194 to 0.0388%. For the first ratoon crop the increase in leaf content was estimated to be: N = 0.17%; P = 0.02%; Mg = 0.027%; S = 0.055%

O teor de nutrientes na folha, determinado parse avaliar o estado nutricional da planta ou a necessidade de adubos da cultura, obedece à equação

$$\text{Fenótipo} = \text{Genótipo} \times \text{Meio};$$

em outras palavras: a composição mineral (fenótipo) é o produto da interação entre as características genéticas da planta e as condições do meio (3) Condições do meio significa principalmente características do solo e do clima

Muito mais atenção, tem sido dada ao efeito das características do solo que ao das condições de clima nos trabalhos e na aplicação da diagnose foliar para os fins a que se destina. O efeito da quantidade de chuva no teor foliar de nutrientes tem sido estudado em outras regiões. Samuels e Landrau Jr (6) permitem estabelecer que

$$Y = 0.96 + 0.0008X \text{ em que}$$

Y = % N na folha e X = mm de chuva que caíram no período entre o corte e a amostragem; assim 250 mm de chuva determinaram um aumento de 0.20%.

Evans (2) mostrou existir a seguinte relação entre mm de chuva 4 semanas antes da amostragem e % de P na folha

$$Y = 0.158 + 0.0002X$$

### Material e métodos

Os dados obtidos por Orlando F<sup>o</sup> (5) foram utilizados no presente estudo da relação existente entre queda de chuva antes da amostragem e teor foliar de macronutrientes

Quadro 1. Época de amostragem e precipitação de chuvas\*.

Tipo de Solo	Amostragem		Precipitação 2 meses antes da amostragem (mm)
	Número	Época	
Latossolo Roxo	1a	jun 74	76
	2a	ago 74	130
	3a	out 74	29
	4a	dez 74	195
	5a	fev 75	315
	6a	abr 75	332
	7a	jun 75	90
Latossolo Vermelho Escuro	1a	jun 74	36
	2a	ago 74	139
	3a	out 74	3
	4a	dez 74	237
	5a	fev 75	547
	6a	abr 75	305
	7a	jun 75	64
Podzólico Vermelho Amarelo var Laras	1a	jun 74	37
	2a	ago 74	131
	3a	out 74	42
	4a	dez 74	288
	5a	fev 75	457
	6a	abr 75	408
	7a	jun 75	83

\* Cana-planta.

A variedade CB 41-76 foi plantada em três locais diferentes: Araras, SP (Solo Latossolo Vermelho Escuro, LE), Santa Bárbara D'Oeste, SP (Solos Latossol Roxo, LR e Podzólico Vermelho Amarelo - variação Laras, PVLs). A adubação, toda no plantio, foi de 90 kg de N (como sulfato de amônio), 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (como super simples) e 120 kg K<sub>2</sub>O/ha (como cloreto).

O ciclo foi de 18 meses (fevereiro de 74 a agosto de 1975). A amostragem de folhas (folhas + 3 se fez aos 4, 6, 8, 10, 12, 14 e 16 meses; foi analisada a porção mediana (20 cm) e descartada a nervura principal.

Após a colheita e a remoção do palhico a soqueira recebeu por hectare: 90 kg N (como sulfato de amônio), 30 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (como super simples) e 120 kg K<sub>2</sub>O (como cloreto). A amostragem da folha + 3 se fez aos 4, 6, 8, 10 e 12 meses de idade (dezembro de 1975 a agosto de 1976); as análises foram feitas por métodos de rotina.

### Resultados e discussão

No Quadro 1 se mostra as épocas de amostragem e a quantidade de chuva que caiu 2 meses antes da mesma. Nos Quadros 2 e 3, por sua vez, dão os teores dos elementos encontrados na folha + 3.

Quadro 2. Teores de N, P e K na folha + 3 de cana de açúcar em função da época de amostragem e do tipo de solo\*.

Tipo de Solo	Amostragem		Teor na folha + 3		
	Número	Época	% N	% P	% K
Latossolo Roxo	1a	jun. 74	2.22	0.15	1.28
	2a	ago. 74	1.81	0.15	1.09
	3a	out. 74	1.46	0.12	1.32
	4a	dez. 74	1.88	0.17	1.15
	5a	fev. 75	1.91	0.20	1.57
	6a	abr. 75	1.67	0.16	1.35
	7a	jun. 75	1.43	0.14	1.30
Latossolo Vermelho Escuro	1a	jun. 74	2.13	0.13	1.00
	2a	ago. 74	1.97	0.14	1.05
	3a	out. 74	1.44	0.11	1.09
	4a	dez. 74	1.81	0.14	1.13
	5a	fev. 75	1.95	0.17	1.26
	6a	abr. 75	1.64	0.14	1.14
	7a	jun. 75	1.58	0.14	1.14
Podzólico Vermelho Amarelo var. Laras	1a	jun. 74	2.38	0.20	1.34
	2a	ago. 74	1.92	0.17	1.33
	3a	out. 74	1.59	0.16	1.27
	4a	dez. 74	1.84	0.19	1.14
	5a	fev. 75	1.85	0.22	1.33
	6a	abr. 75	1.59	0.18	1.44
	7a	jun. 75	1.20	0.13	1.26

\* Cana-planta.

Quadro 3. Teores de Ca, Mg e S na folha + 3 de cana-de-açúcar (cana-planta) em função da época de amostragem e do tipo de solo.

Tipo de Solo	Amostragem		Teor na folha + 3		
	Número	Época	% Ca	% Mg	% S
Latossolo Roxo	1a	jun. 74	0.80	0.12	0.23
	2a	ago. 74	0.69	0.14	0.22
	3a	out. 74	0.66	0.15	0.15
	4a	dez. 74	0.62	0.14	0.17
	5a	fev. 75	0.57	0.16	0.31
	6a	abr. 75	0.50	0.16	0.18
	7a	jun. 75	0.51	0.12	0.16
Latossolo Vermelho Escuro	1a	jun. 74	0.82	0.13	0.24
	2a	ago. 74	0.80	0.13	0.20
	3a	out. 74	0.61	0.09	0.14
	4a	dez. 74	0.61	0.15	0.17
	5a	fev. 75	0.59	0.22	0.20
	6a	abr. 75	0.59	0.15	0.15
	7a	jun. 75	0.64	0.13	0.15
Podzólico Vermelho Amarelo var. Laras	1a	jun. 74	0.63	0.15	0.25
	2a	ago. 74	0.73	0.12	0.22
	3a	out. 74	0.50	0.14	0.20
	4a	dez. 74	0.48	0.19	0.19
	5a	fev. 75	0.44	0.19	0.28
	6a	abr. 75	0.37	0.18	0.20
	7a	jun. 75	0.43	0.13	0.14

Quadro 4. Correlação entre queda de chuva 2 meses antes da amostragem e teor de macronutrientes na folha + 3 da cana-planta.

Tipo de solo	Elemento	Equação de regressão	r
Latossolo roxo	P	$Y = 0.127 + 0.000171x$	0.184*
		$Y = (11.815 - 1.0847 \ln x)^{-1}$	0.902**
	Mg	$Y = 0.1252 + 0.000097x$	0.690*
		$Y = (0.0171 + 7.934x^2)^{1/2}$	0.779*
Latossolo vermelho escuro	P	$Y = 0.123 + 0.000081x$	0.877*
		$Y = (9.593 - 0.509222)^{-1}$	0.934**
	K	$Y = 1.048 + 0.000353x$	0.834*
		$Y = (1.149 + 1.4893x^2)^{1/2}$	0.863*
	Mg	$Y = 0.106 + 0.000194x$	0.945**
		$Y = (0.0140 + 1.143x^2)^{1/2}$	0.969**
Podzólico vermelho amarelo var Laras	Mg	$Y = 0.129 + 0.00014x$	0.829*
		$Y = (0.163 + 4.438x)^{1/2}$	0.847

\* Significativo a 5% \*\* significativo a 1%.

No Quadro 4 aparecem os coeficientes de correlação, r, e as equações de regressão, sendo sempre x = mm de chuva 2 meses antes da amostragem e y = teor do elemento na folha. Foram tabelados somente os dados em que a análise estatística mostrou significância, devendo-se apontar para o fato de que em todos os casos a correlação foi positiva.

O aumento no teor de P provocado pela chuva deve refletir aumento na disponibilidade e a maior facilidade para o contacto entre o  $H_2PO_4^-$  e a raiz por difusão graças à diminuição na tortuosidade (1). A variação para mais nos teores de K e Mg é possivelmente consequência do aumento no fluxo de massa. É surpreendente, diante do encontrado por Samuels e Landrau Jr (6), a ausência de correlação entre chuva e variação no teor de N: o achado é, entretanto, coerente com a frequência relativamente baixa de respostas à adubação nitrogenada mostrada pela cana-planta nas condições brasileiras (4).

Quadro 5. Influência da quantidade de chuvas 2 meses antes da amostragem nos teores foliares da cana-planta.

Tipo de solo	Elemento	Variação (%)
Latossolo roxo	P	0.034
	Mg	0.019
Latossolo vermelho escuro	P	0.016
	K	0.071
Podz verm am var Laras	Mg	0.039
	Mg	0.027

As equações lineares foram usadas no cálculo da variação esperada no teor foliar de P, K e Ca da cana-planta em função de uma queda de chuvas acumulada de 200 mm nos 2 meses que precederam a amostragem. Os dados estão na Tabela 5; há uma razoável concordância entre o valor encontrado para o P no LR e os dados de Evans (2).

#### Cana-soca

No Quadro 6 podem ser vistas a época de amostragem e a queda de chuvas. Quadros 7 e 8 dão os teores de macronutrientes encontrados na folha + 3.

Quadro 6. Época de amostragem e queda de chuvas\*.

Meses	Amostragem	m m chuva		
		LR	LE	PVIs
Out e Nov. 75		377		346
Dez	1a.			
Dez 75 e Jan. 76			390	78
Fev.	2a.			
Fev e Mar		365	567	409
Abr.	3a.			
Abr e Mai		222	253	242
Jun	4a.			
Jun e Jul		188		
Ago.	5a.			

\* Cana-soca.

Quadro 7. Teores (%) de N, P e K nas diferentes amostragens da cana-soca.

Elementos	LR					LE					PVIs				
	1a	2a	3a	4a	5a	1a	2a	3a	4a	5a	1a	2a	3a	4a	5a
N	2.10	1.95	1.87	1.74	1.51	1.97	1.87	1.78	1.73	1.48	2.05	1.79	1.76	1.62	1.40
P	0.20	0.20	0.19	0.17	0.14	0.16	0.16	0.16	0.15	0.14	0.19	0.20	0.22	0.18	0.14
K	1.38	1.43	1.35	1.39	1.32	1.45	1.14	1.35	1.31	1.31	1.17	1.28	1.26	1.34	1.26

Quadro 8. Teores (%) de Ca, Mg e S nas diferentes amostragens da cana-soca.

Elementos	LR					LE					LVIs				
	1a	2a	3a	4a	5a	1a	2a	3a	4a	5a	1a	2a	3a	4a	5a
Ca	0.64	0.46	0.37	0.41	0.61	0.46	0.55	0.38	0.38	0.53	0.52	0.34	0.31	0.30	0.44
Mg	0.20	0.20	0.16	0.15	0.14	0.22	0.20	0.14	0.14	0.12	0.25	0.19	0.20	0.17	0.20
S	0.26	0.30	0.19	0.21	0.16	0.21	0.18	0.16	0.16	0.12	0.28	0.15	0.16	0.23	0.14

Quadro 9. Correlação entre queda de chuva 2 meses antes da amostragem e teor de macronutrientes na folha + 3 da cana-soca.

Tipo de solo	Elemento	Equação de regressão	r
LR	Mg	$Y = 0.121870 + 0.000134x$ $Y = (4.062125 + 580.267769x^{-1})^{-1}$	0.8344* 0.9006**
LE	N	$Y = (0.466641 + 31.255580x^{-1})^{-1}$	0.9154**
	P	$Y = 0.135824 + 0.0000495x$ $Y = (5.881178 + 208.537665x^{-1})^{-1}$	0.9090** 0.9877**
	S	$Y = 4.170276 + 613.552586x^{-1}$	0.8681**
PVIs	N	$Y = (0.430840 + 48.320547x^{-1})^{-1}$	0.7933*
	P	$ln = -1.334976 - 109.227176x^{-1}$	0.8860**
Todos os solos	N	$Y = 1.470406 + 0.000847x$	0.6245*
	P	$Y = (0.444194 + 38.05489x^{-1})^{-1}$ $Y = (4.491712 + 419.768907x^{-1})^{-1}$	0.8095** 0.7101*

\* Significativo a 5% \*\* significativo a 1%

No Quadro 9 se mostra os coeficientes de correlação e as equações de regressão entre queda de chuvas 2 meses antes da amostragem (x) e teor foliar do elemento (y). Neste caso também são mostrados apenas os resultados em que houve significância estatística.

Comparando-se a equação de regressão obtida para o conjunto de solos com a de Samuels e Landrau Jr (6) dada anteriormente, verifica-se, no caso do N, que o coeficiente angular da reta é o mesmo. Para o P,

entretanto, a concordância com Evans (2) verifica-se apenas na ordenada do ponto da intersecção.

A Quadro 10 dá os aumentos esperados nos teores do elemento na folha + 3 em função de uma queda acumulada de chuvas de 200 mm nos 2 meses antes da amostragem.

### Resumo

Este trabalho trata do efeito da queda da chuva antes da amostragem sobre o teor de macronutrien-



Quadro 10. Variação positiva no teor de elementos da folha + 3 em função de 200 mm de chuva caída 2 meses antes da amostragem.

Tipo de solo	Elemento	Variação (%)
Conjunto	N	0.169
LE	P	0.0099
Conjunto	P	0.0193
LR	Mg	0.0268
	S	0.0554

tes da cana-de-açúcar. Analisando-se dados encontrados na literatura foi possível estimar o aumento na % dos elementos relacionados com uma precipitação de 200 mm de chuva 2 meses antes da coleta das folhas. No caso da cana-planta foram encontrados os seguintes valores: P = 0.016 a 0.034% (dependendo do tipo de solo); K = 0.071% ; Mg = 0.0194 a 0.0388%. No caso da cana-soca estimou-se o aumento no teor foliar em: N = 0.17% ; P = 0.02% ; Mg = 0.027% ; S = 0.055%.

Junho 3, 1982.

E MALAVOLTA\*

J G. de CARVALHO\*\*

\* E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP, 13400 Piracicaba, SP, Brasil.

\*\* E.S.A. de Lavras, Lavras, MG, Brasil

#### Literatura citada

1. BARBER, S.A. The role of root interception, mass flow and diffusion in regulating the uptake of ions by plants from soils. Limiting Steps in Ion Uptake by Plants from Soils. I.A.E.A. Technical Report Series 65. 1966.
2. EVANS, H. A guide to the interpretation of nutritional diagnostic analyses of sugar cane in British Guiana. Sugar Journal 23(9):8-12. 1961.
3. MALAVOLTA, E., CRUZ, V. F., SILVA, L. F. Foliar diagnosis in sugar cane. V. Extension of the physiological economical concept of critical level. Anais da Academia Brasileira Ciências 44(2):349-353. 1972.
4. MALAVOLTA, E. Nutrição Mineral e Adubação da Cana-de-Açúcar. Ultrafertil S.A., São Paulo. 1982.
5. ORLANDO, F<sup>o</sup> J. Absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) variedade CB 41-76 em três grandes grupos de solos no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, ESALQ-USP, Piracicaba, SP. 1978.
6. SAMUELS, G. e LANDRAU Jr. The response of sugar cane to fertilizers. I. The Arecibo cycle, 1944-1950. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 36(3):203-229 1952.

## Reseña de libros

K. H. TAN. M. Principles of soil chemistry. Dekker Inc. New York, 1982. 267 p.

Este volumen presenta una combinación poco corriente de principios de química y de química de suelos.

Los dos primeros capítulos reseñan conceptos químicos normalmente presentes en libros de química general. La presentación es elemental, clara y no muy actualizada. En general una presentación clara, aunque a veces fuertemente simplificada es una característica de todo el volumen.

El tercer capítulo estudia la solución del suelo tanto desde el punto de vista físico como químico y físico-químico. Los conceptos básicos de química se presentan y se ilustran con datos de suelo. Las leyes son expuestas sin derivación o mucha explicación con miras a estudiantes a nivel profesional y no de posgrado.

El capítulo cuarto que incluye más que un tercio del libro se basa sobre la química coloidal de los componentes del suelo. De acuerdo a la experiencia del autor, la parte dedicada a los coloides orgánicos es muy completa e incluye la metodología para el estudio de coloides orgánicos del suelo.

Se dedica luego 22 páginas a los principios de identificación de minerales de arcilla y solamente 15 páginas a todas las demás propiedades del sistema.

El quinto capítulo, uno de los cortos, se dedica a los fenómenos de adsorción en suelos incluyendo la adsorción del agua. Por desgracia la presentación de los conceptos de adsorción no menciona el avance de los últimos seis a ocho años que complica pero rectifica los conceptos en este campo. De nuevo se da mucho énfasis a la adsorción de sustancias orgánicas.

El intercambio catiónico es el tópico del sexto capítulo. Se presentan las formulaciones matemáticas pero falta la discusión de factores que influyen sobre este fenómeno. De nuevo faltan los conceptos recientes.

El capítulo séptimo de sólo siete páginas estudia el cambio de aniones con una muy breve mención del fenómeno de gran importancia, de la fijación de fosfatos.

El octavo capítulo estudia la reacción del suelo con secciones dedicadas a suelos ácidos, alcalinos y salinos. Se explica en este capítulo, al estilo de un texto de química general los conceptos básicos de acidez y su medición.

En el noveno capítulo se estudia la química de la formación de suelos con énfasis en las leyes que regulen la estabilidad de los minerales y los principales procesos de meteorización. Se considera aquí también brevemente las reacciones redox en suelos.

El último capítulo se dedica a la química de la interacción suelo materia orgánica. Aunque la discusión es breve, este tópico con frecuencia recibe poca atención en los libros y es así particularmente valiosa.

A finales del texto se encuentran índices de autores y de materias que facilitan su uso. Otro aspecto útil del volumen es su bibliografía en gran parte muy bien seleccionada de 218 citas.

El libro es una introducción útil a la química del suelo sin penetrar más a esta disciplina que algunos textos de edafología a excepción a lo referente en la química de compuestos orgánicos en el suelo.

ELEMER BORNEMISZA  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

## Notas y comentarios

VIth International Colloquium for the Optimisation of Plant Nutrition Montpellier (France), September 2d - 8th, 1984.

"Monitoring and driving of mineral nutrition as a factor of the elaboration of the quantitative and qualitative yield of crops, with special emphasis towards specific conditions of Developing Countries".

Please ask immediately for the information circular to:

Secrétariat du colloque A.I.O.N.P. GERDAT, B. P. 5035 34032 -- MONTPELLIER Cedex, France

### Fungicidas naturales

Uno de los fundamentos de la rotación de los cultivos ha sido el evitar el daño producido por ciertos hongos saprofiticos que viven en el suelo y atacan a los cereales. El más conocido de estos hongos es el *Ophiobolus graminis*, que produce la enfermedad pietin o podredumbre del pie del trigo. Estudios recientes hacen pensar que es posible utilizar tanto una defensa natural como un enemigo natural del hongo para mantenerlo en raya (*The Economist*, Vol. 290, No. 7324, p. 82).

Investigadores de la Estación Experimental de Rothamsted, en Inglaterra, al estudiar el fenómeno de que el pietin disminuye sus efectos después de cinco a seis años de producción continua de cereales, encontraron que los rendimientos volvían a subir, aunque no a sus niveles iniciales y que la declinación de la enfermedad era parcialmente el resultado de una sustancia producida por el mismo hongo. Es claro que el hongo no intenta intoxicarse a sí mismo; produce esa sustancia para inhibir el crecimiento de sus competidores en el campo. Con todo, la sustancia es un poderoso fungicida natural. Si puede ser aislada y sintetizada, podría ser vuelta contra el hongo del pietin antes de que pueda parasitar los cultivos.

Por otra parte, hay también resultados de trabajos hechos por científicos de la Universidad del Estado de Washington y del Willie Commelin Scholten Phitopathological Laboratory de Holanda. Han descubierto, ambos equipos, que una raza de bacteria del suelo, una pseudomonácea fluorescente, también está implicada en la declinación del pietin. Los microbios monopolizan el hierro que existe en el suelo, coleccionándolo en compartimientos especiales llamados sideróforos. Las bacterias no necesitan ellas mismas todo este hierro. Su objetivo es privar a los hongos competidores (como el *Ophiobolus*) y a otras bacterias, del hierro que necesitan para su desarrollo. La estrategia funciona sólo cuando el suelo es deficiente en hierro, pero la mayoría de los suelos lo son.

Seleccionando razas de pseudomonadáceas de buena capacidad para absorber hierro, los investigadores esperan proteger los cultivos en un campo infectado con el pietin. Los ensayos iniciales han sido promisorios. Semillas de trigo cubiertas con una solución de pseudomonadáceas fluorescentes han dado rendimientos bastante más altos que las semillas no tratadas, en suelos infectados con pietin.

Otra sorpresa ha sido la posibilidad de que la bacteria acaparadora de hierro pueda resultar ser un útil fungicida general. Inyectada en árboles de olmo, las pseudomonáceas parecen prevenir la enfermedad

holandesa del olmo, que también es causada por un hongo, el *Ceratocystis ulmi*. En Holanda se han iniciado ensayos en gran escala con este tratamiento de la enfermedad, que en Europa está cambiando el paisaje de la campiña, al que los olmos le dan un carácter distintivo. **Adalberto Gorbitz**.

### Computerización del Index Kewensis

Un proyecto científico, financiado originalmente por Charles Darwin, está entrando ahora en la edad de la tecnología de la información. Dos intrépidas mujeres de los Jardines Botánicos Reales de Kew, un suburbio de Londres, con la colaboración de programadores de computación del Departamento de Salud y Seguridad Social (DSSS), en Newcastle, están labrando para poner en cinta de computadora el índice botánico más grande del mundo.

La tarea la hace posible una máquina que puede ser programada para "leer" el texto. El DSSS posee un sistema de reconocimiento óptico de caracteres, producido por la Information International Incorporated, de California. Pero aún la tecnología más avanzada está lejos de ser perfecta. Toma meses el enseñar a la máquina a enfrentarse a todos los diferentes estilos de tipos y formatos que han sido usados en un período de unos cien años, y aún más tiempo el encontrar y eliminar los errores que comete.

Esta masiva obra de referencia, el **Index Kewensis**, es consultada obligatoriamente por los taxonomistas botánicos de todo el mundo. Cataloga todos los nombres latinos (unos dos millones) adjudicados a las plantas desde que Carlos Linneo aplicó, en 1755, un sistema de nomenclatura binomial a los organismos vivientes. Thalia Bence y su asistente, Rosemary Davies, examinan más de 600 publicaciones cada año, en cualquier idioma, para mantener al día el índice. "Es quizás la tarea más importante que se realiza en Kew", dice Mark Coode, jefe de la División de Publicaciones Científicas. Darwin decidió en 1881 pagar los costos de confeccionar el índice. Murió un año después pero proveyó fondos para este fin en su testamento. Los primeros volúmenes aparecieron en 1893.

La obra, como lo saben los que alguna vez la han consultado, indica quién inventó el nombre y dónde esta "autoridad" publicó una descripción de la planta. Debido a que hay dos millones de nombres pero sólo unas 250 mil especies de plantas superiores, los taxónomos tienen todavía mucha selección que hacer,

y es el **Index** donde ellos tienen que comenzar. Es una herramienta tan esencial, que la única cosa que un contingente visitante de botánicos chinos quisieron llevarse a su regreso, fue un juego del **Index**.

Hace algunos años, Kew pensó en computerizar el índice para hacer la vida más simple para los taxónomos "los norteamericanos no cesaban de preguntarnos cuándo íbamos a meter el índice en una computadora", dice Bence al *New Scientist* (Vol. 99, p. 415). "Si no lo hacíamos nosotros, ellos lo harían, y nosotros queríamos mantener la propiedad intelectual en Inglaterra. Es un logro británico". Pero se calculó que esto significaría un trabajo de tiempo completo, durante ocho años, para mecanografiar todas las entradas, por lo que Kew acudió a la máquina de Newcastle, perfeccionada en 1981, que puede leer 100 caracteres por segundo.

Pero, los programadores tienen que enseñar a la máquina a reconocer el equivalente de siete alfabetos sólo para procesar las familias de tipos, y las fuentes, de un sólo volumen. Y la máquina tiene que ser capaz de diferenciar el nombre de una especie del de la autoridad y del de la referencia. Quince de los 17 volúmenes están cubiertos por dos estilos de impresión y pueden ser leídos por un programa. Pero la impresión y las peculiaridades de estilo en los otros dos volúmenes varían tan ampliamente, que la programación tiene que comenzar virtualmente de nuevo en cada uno de ellos. Cuando la máquina se encuentra con un tipo variante, metido accidentalmente por un tipista victoriano, la máquina lo rechaza.

Hasta ahora los programadores han conseguido que la máquina lea nueve volúmenes, los suplementos 7 a 15. Lee con éxito un 95 por ciento de los caracteres que encuentra y retiene una imagen de aquéllos que no puede reconocer. Los operadores de Newcastle pueden entonces ubicar los caracteres rechazados en su contexto y corregirlos en la cinta.

Pero queda todavía un problema. La máquina comete errores y no puede programársela para que los reconozca. Alrededor de 0.5 por ciento de los caracteres que la máquina cree que ha leído correctamente, están equivocados, es decir, 90 000 caracteres en un solo volumen. Si la máquina sustituye una letra por otra en el nombre de una especie, se origina un caos. Nadie tiene en su cabeza todos los dos millones de nombres, de tal manera que un lector de pruebas tiene que verificar cada registro original contra la versión de la computadora, una horrible tarea. Bence puede captar algunos errores, unos que son obvios a alguien que esté familiarizado con el texto original, pero tomará años conseguir una versión computerizada que sea completamente exacta.

A pesar de estos problemas, Bence está dedicada devotamente a la empresa. Ella ha estado compilando el índice con gran cuidado y atención en los últimos 17 años, y adopta una visión a largo plazo. Tal como ella manifiesta: "La vida de trabajo de uno es sólo una parte corta de **Index Kewensis**". A. Gorbitz.

**A global inventory of agroforestry systems: a project announcement. The International Council for Research in Agroforestry (ICRAF) P. O. Box 30677 Nairobi Kenya.**

Agroforestry is one of the oldest and most widely practised land use systems, yet it is among the scientifically least-studied ones. Therefore its potentials have been little realized: the system is operating far below its potential efficiency where it is currently practised, and it is not extend to other potentially desirable and feasible situations. One of the main prerequisites to bring about innovations to refine or transform these traditional systems in order to make them more productive and protective (sustainable) is a knowledge of the existing agroforestry practices and systems. It is only logical that ICRAF, the sole international agency with a mandate to promote and catalyze research for the development of agroforestry on a global scale undertakes a systematic inventory and cataloguing of the existing agroforestry practices and systems around the world \*

Such a project called "Agroforestry Systems Inventory (AFSI)" has recently been launched by ICRAF, with the financial support of USAID (United States Agency for International Development) to cover a major share of the anticipated project expenditure. The project is in the process of surveying and documenting the predominant agroforestry practices and systems around the world with special emphasis on the developing countries in order to gather as much quantitative information as possible to evaluate the performance of the respective systems, assess their strengths and weaknesses, determine their extrapolability to new areas and identify priorities for research to improve them. Information from the survey will be entered into a computer-based agroforestry data bank, supplemented by a systems register and document file containing detailed data on the identified systems. These forms of data storage will be maintained at ICRAF headquarters in Nairobi and updated from time to time in a continuing effort to record global statistics and trends in agroforestry. Major findings of the inventory will be disseminated through various publications, presenting system profiles, summary compilations and analytical reviews identifying areas

for further research and potentials for extension of promising agroforestry systems.

In order to effectively coordinate and accomplish the target, the activities are being undertaken on a regional (geographic) basis: Southeast Asia, South Asia, the Mediterranean and Middle East, East and Central Africa, West Africa, and American Tropics. Regional coordinators have been designated for each of these regions as follows:

Southeast Asia – Dr. J. C. Madamba, Director SEARCA, Los Banos College, Laguna 3720, The Philippines

South Asia – Dr. K. G. Tejwani, Land Use Consultants (International) 25/31, Old Rajinder Nagar, New Delhi, 110 060, India.

Mediterranean & The Middle East – Dr. M. Baumer, Clos des trois pins, 446 Combe caude F 34100, Montpellier, France.

East & Central Africa & Humid West Africa – Dr. A. Getahun, Senior Agroforester Energy/Development International P. O. Box 62360, Nairobi, Kenya

Semi-arid and Arid West & Southern Africa – Prof. H. –J. von Maydell World Forestry Institute, Leuchnerstr. 91 2050 Hamburg 81, West Germany

American Tropics – Dr. G. Budowski, Head, RNR Program CATIE, Turrialba, Costa Rica.

In ICRAF headquarters, the project will be coordinated by Dr. P.K.R. Nair, who is a senior member of ICRAF's core team of scientists.

A preliminary meeting of the Regional Coordinators was held in Nairobi in early December 1982 when the operational aspects and guidelines for data collection were discussed and finalized. Based on the experience of the participants at this meeting, examples of prominent agroforestry systems and practices in developing countries were prepared in a tabular form in order to give an overview of the situation.

ICRAF solicits the cooperation of all knowledgeable individuals and institutions to enable the Council to successfully complete this ambitious and extremely important exercise. Readers are requested to pass on all relevant information to the respective Regional Coordinator(s) or directly to ICRAF.

For further details of the project please contact:

Dr. P.K.R. Nair, Coordinator, AF Systems Inventory Project ICRAF, P. O. Box 30677, Nairobi, Kenya

Cable: ICRAF; Telephone: 29867 & 332859; Telex: 22048.