

# TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 33

TRIMESTRE ABRIL-JUNIO 1983

NUMERO 2

CODEN: TURRAB 33(2)103-218

<i>Propagación vegetativa in vitro de pejibaye (Bactris gasipaes H. B. K.) (en español)</i> Oscar Arias M., Fernando Huete V.	103
<i>Efectos de diferentes poblaciones de maíz (Zea mays) en la producción de raíces de yuca (Manihot esculenta) al cultivarlos en asocio. I Aspectos agronómicos (en español)</i> Roger Meneses, Raúl A. Moreno	109
<i>Rendimiento de pasto llorón, Eragrostis curvula (Nees) cv Ermelo, en función de algunas propiedades edáficas (en español)</i> C. A. Merino, R. A. Rosell, A. O. Gargano	117
<i>Una metodología para la estimación de probabilidades de lluvia por procedimientos cuantitativos, en puntos carentes de registros, sin el análisis espacial tradicional. Estudio de un caso. Estado Falcón, Venezuela (en español)</i> Javier García Benavides	129
<i>Rendimiento y aprovechamiento de dos intensidades de raleos selectivos en Eucalyptus deglupta Bl. en Turrialba, Costa Rica (en español)</i> Luis A. Ugalde	143
<i>Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar (Saccharum spp.) en Costa Rica (en español)</i> Oscar E. Rojas, Michel Eldin	151
<i>Intercambio P-OH en Andosoles (en español)</i> Norman Peinemann	161
<i>Relación entre densidad poblacional de la babosa Vaginulus plebeius y el daño en frijol común, Phaseolus vulgaris (en español)</i> Keith L. Andrews, Areli Huevo de Mira	165
<i>Influencia de algunos factores meteorológicos en el consumo de agua por transpiración de Nothofagus obliqua (Mirb) Oerst. y Nothofagus dombeyi (Mirb) Oerst. (en español)</i> A. Huber, C. Oyarzun, M. Ramírez, H. Figueroa	169
<i>Adaptación de una técnica de inmunosorbencia (ELISA) a la detección del virus del rayado fino del maíz en su insecto vector (en español)</i> Carmen Rivera, Rodrigo Gámez	177
<i>Influencia de la premaduración de la leche en la elaboración del queso tipo Minas (en portugués)</i> I. A. Bonassi	185
<i>Susceptibilidad de Solanum elaeagnifolium Cav. a la acción de dos herbicidas (en español)</i> M. R. Vigna, O. A. Fernández, R. E. Brevedan	189
<i>Organización del capítulo fructífero y heterocarpia en Bidens pilosa L. (en portugués)</i> Giorgio de Marinis	197
<i>Evaluación al sacrificio en cabritos provenientes de los sistemas de crianza intensivo y extensivo (en español)</i> M. Samame, E. Lozano, S. Bernal	203
<i>Comunicaciones</i>	209
<i>Trampa para determinar la densidad poblacional de la babosa, Vaginulus plebeius, plaga de frijol común (en español)</i> Keith L. Andrews	209
<i>Relevancia del control de Phytophthora en las mazorcas inferiores del árbol de cacao (en inglés)</i> A. A. Adebayo	211
<i>Métodos de multiplicación del babaco (Carica pentagona L.) (en español)</i> Modesto Soria V.	215
<i>Reseña de libros</i>	108-142-160-196



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

OSCAR ARIAS M.\*  
FERNANDO HUETE V.\*

### Summary

*Clonal propagation of pejibaye palm (Bactris gasipaes H. B. K.) was obtained by callus culturing from shoot apices of young field-grown plantlets on a modified Murashige and Skoog medium. Callus was induced from cultured explants in a medium with 2, 4 Dichlorophenoxyacetic acid and 6 Benzilaminopurine or  $\alpha$  naphthalene-acetic acid and Kinetin in the dark. Plantlets were obtained with a recultured callus in a medium devoid of hormones in the light.*

### Introducción

La propagación del pejibaye se realiza generalmente por medio de semillas de frutos que han sido seleccionados por su tamaño y calidad. En esta especie predomina la xenogamia y además se presenta autoincompatibilidad, por lo que las semillas de una misma planta muestran mucha variabilidad (5).

La propagación vegetativa del pejibaye por medio de hijos basales presenta dificultades prácticas en la separación de la planta madre además de que la supervivencia en el campo es generalmente baja (2).

Los primeros intentos para cultivar Palmáceas *in vitro* se iniciaron con los trabajos de Rabeachault en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) (9, 10). Posteriormente, otros investigadores han publicado trabajos no solamente en palma de aceite, sino en coco (*Cocos nucifera* L.) y en datil (*Phoenix dactylifera* L.) (1, 3, 4, 8, 11, 12, 13, 14).

Considerando el éxito obtenido en el cultivo de tejidos de otras palmáceas se planteó esta investigación con el objeto de establecer niveles hormonales y condiciones de ambiente favorables para el creci-

miento y la diferenciación de tejidos de pejibaye, ya que el desarrollo de un nuevo método de reproducción vegetativa de esta monocotiledónea arborescente presenta un gran interés no sólo en el estudio de aspectos básicos de la biología de la planta, sino que ofrece otra alternativa de propagación, buscada en todas aquellas especies que presentan valor económico.

### Resultados

En general, los ápices de pejibaye forman callos entre los dos y los cuatro meses de cultivo, algunas veces todo el tejido meristemático produce callo, otras, y de acuerdo con la concentración de hormonas se presenta la formación de callo desde la zona proximal hasta la parte distal (Figura 1). Estos callos son, inicialmente, de un color blanco amarillento y algunas veces al ser expuestos a la luz se oxidan. Con alguna frecuencia se sintetiza clorofila, volviéndose, en este caso, de textura compacta y difíciles de subdividir. Las dosis de 2.4-D que favorecen la formación de este tipo de callo están entre 20 y 50 mg l<sup>-1</sup> (Figura 2). Parece que en esta etapa la presencia de citocinina no es muy importante, sin embargo en una concentración entre 3 y 6 mg l<sup>-1</sup> de BAP en el medio, estimula la formación y el desarrollo inicial de los callos.

En algunos cultivos es posible observar al cabo de 5 meses el desarrollo de estructuras análogas a un embrioides que se desarrolla y generan varios brotes apicales con su respectivo sistema radical (Figura 3), otros callos son más lentos, tardando hasta un año para organizarse, sobre todo cuando no

<sup>1</sup> Recibido para su publicación el 9 de mayo de 1983

Los autores desean agradecer a la Asociación Bananera Nacional (ASBANA) por el apoyo del material brindado para la realización de este trabajo, así como al Dr. Juan José Alan por la revisión crítica del manuscrito.

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

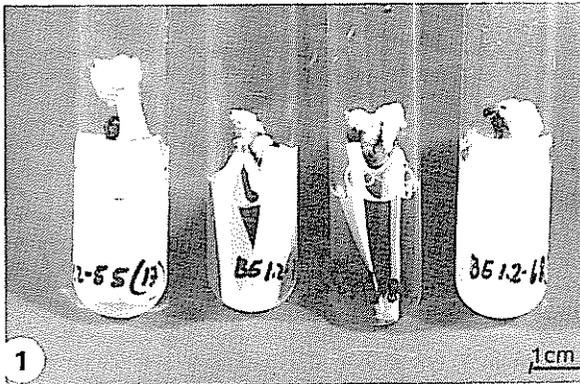


Fig 1. Ejemplo de las diferentes respuestas obtenidas en el cultivo de ápices de peyibaye al cabo de tres meses en el medio de Murashige y Skoog modificado con diferentes concentraciones de 2 4 D y 6 BAP.

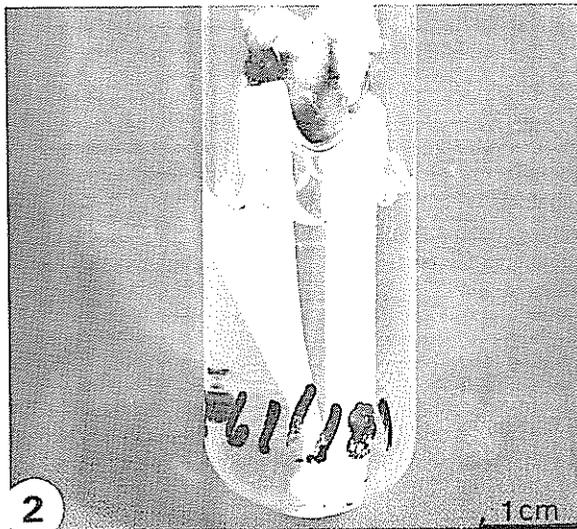


Fig 2. Callo obtenido por cultivo de ápices de peyibaye al cabo de tres meses de la oscuridad en un medio con  $30 \text{ mg l}^{-1}$  de 2 4 D y  $3 \text{ mg l}^{-1}$  de 6 BAP.

contienen citocinina (Figura 4). Con alguna frecuencia no ocurre la formación de callos sino el crecimiento del meristemo apical (Figura 5) que al cabo de 5 ó 6 meses forma una plántula completa.

Los tratamientos con ANA en concentraciones entre  $1.25 \text{ mg l}^{-1}$  y  $10 \text{ mg l}^{-1}$  favorecen la diferenciación de plántulas al cabo de 8 a 10 meses de cultivo, en este caso las interacciones más favorables con la K se encuentran entre 0.5 y  $2 \text{ mg l}^{-1}$  (Figuras 6 y 7). Al cabo de un año la tasa de diferenciación de plántulas completas en los cultivos fluctuó entre 10 y 35%, tanto en aquellos callos inicia-

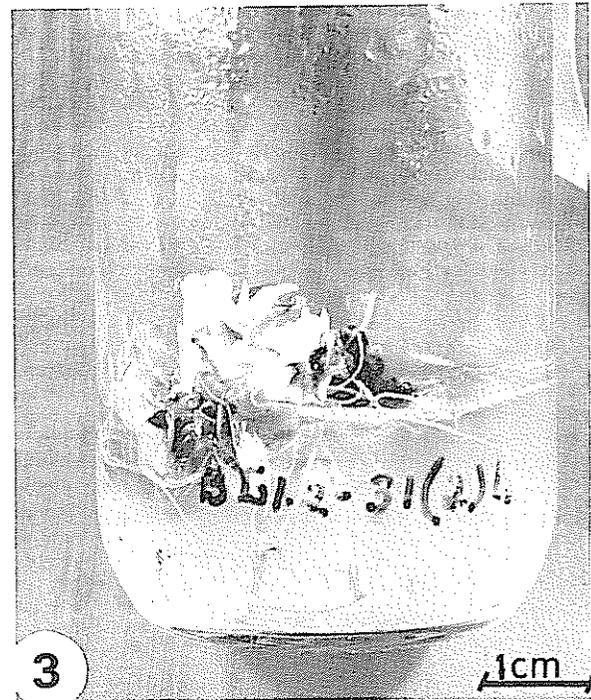


Fig 3. Regeneración de plántulas de peyibaye a partir de un callo incubado en medio sólido sin hormonas a la luz.

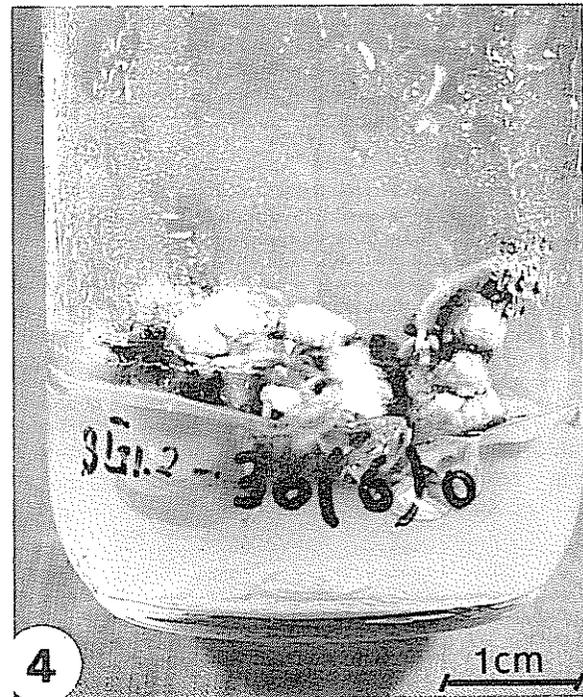


Fig 4. Morfogénesis observada en un callo al cabo de 7 meses de cultivo en medio sólido sin hormonas a la luz.



Fig. 5. Crecimiento observado en algunos ápices de pebibaye incubados durante 3 meses a la oscuridad.

dos con 2.4-D y BAP como en los que se obtuvieron con el tratamiento de ANA y K.

#### Materiales y métodos

El material de propagación se obtuvo de plantas de cuatro a seis meses de edad cultivadas en vivero en condiciones de campo, a las cuales se les eliminó el sistema radical y el follaje quedando un trozo de tallo basal de 1 a 2 cm de largo por 0.5 a 1.0 cm de diámetro donde se encontraba el meristemo apical. Este material se lavó primero con agua destilada, luego se sumergió por 1 min. en etanol de 70% y posteriormente se agitó durante 15 min. en una solución de hipoclorito de sodio al 2.5% a la que se le había adicionado dos gotas de Tween-80. Finalmente los trozos de tallo se lavaron tres veces con agua destilada estéril en una cámara de flujo laminar.

Una vez desinfectados los trozos de tallo se procedió a extraerles la yema apical junto con algunos primordios foliares. El tamaño final de los ápices fue de 3 a 5 mm y se colocaron en tubos de cultivo de

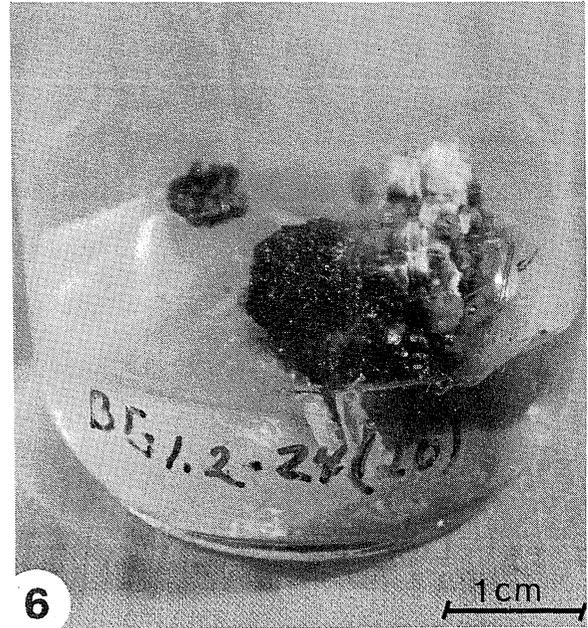


Fig. 6. Diferenciación observado en un callo obtenido por cultivo de ápices de pebibaye en un medio con  $10 \text{ mg l}^{-1}$  de ANA y  $0.5 \text{ mg l}^{-1}$  de kinetina.

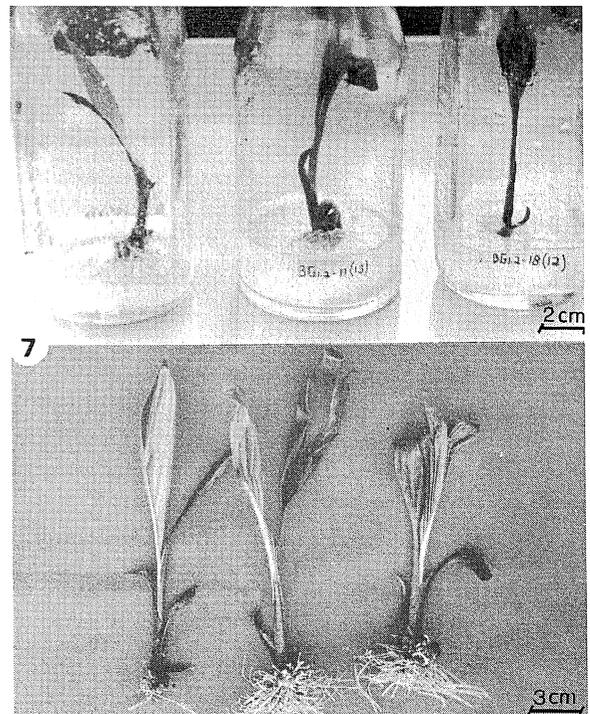


Fig. 7. Plántulas de pebibaye regeneradas por cultivo de callos.

150 x 18 mm sobre un puente de papel Whatman No. 42 y en un medio líquido que consistió de las sales inorgánicas de Murashige y Skoog (7), 100 mg l<sup>-1</sup> de inositol, 0.4 mg l<sup>-1</sup> de hidrócloruro de tiamina y 3% de sacarosa. En este medio básico se estudiaron concentraciones variables de ácido 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D) (25 a 200 mg l<sup>-1</sup> en interacción con 6-benzilaminopurina (BAP) (1 a 12 mg l<sup>-1</sup>). También se probaron dosis del ácido  $\alpha$  naftalenacético (ANA) (1 a 10 mg l<sup>-1</sup>) en interacción con 6-furfurilaminopurina (K) (0.25 - 2 ppm). Cada tratamiento constó de 20 repeticiones, que se incubaron en la oscuridad a una temperatura de 22  $\pm$  2 C durante dos meses. Luego se pasaron a la luz (aproximadamente 120  $\mu$ E S<sup>-1</sup> M<sup>-2</sup>), con un fotoperíodo de 12 h y una temperatura de 23  $\pm$  2 C.

Al pasar los cultivos de la oscuridad a la luz se cambiaron a un medio solidificado con 8 g l<sup>-1</sup> de agar, con la misma composición química que el medio líquido, sin hormonas. El pH del medio se ajustó en todos los casos a 5.7.

### Discusión

Los resultados anteriores permiten afirmar que la multiplicación del pejibaye a partir del cultivo de meristemas es posible, lo que tiene una gran importancia económica si se considera el alto potencial de este cultivo desde el punto de la alimentación humana y la industria de alimentos para uso animal (6).

El cultivo de meristemas de pejibaye permite, al igual que en datil (14) la multiplicación vegetativa de aquellos genotipos superiores sin sacrificar la planta madre, ya que el pejibaye produce hijos basales de donde es posible obtener el material de propagación, esta es una diferencia importante con otras palmas de interés económico como el coco y la palma de aceite donde también se ha intentado la propagación vegetativa.

El porcentaje de callos que han permitido la diferenciación de plántulas al cabo de un año es de 35%, en los mejores tratamientos. Estos resultados son explicables si se tiene en cuenta la heterogeneidad genética del material con que se ha trabajado.

Es estímulo de la embriogénesis somática que aparentemente se da en pejibaye permitirá mejorar sustancialmente la tasa de reproducción de la planta que en este momento está entre 3 y 5 en aquellos casos exitosos.

Los trabajos en nuestro laboratorio se orientan a confirmar la repetitividad de los fenómenos observados, a la búsqueda de métodos que permitan la em-

biogénesis somática, así como a disminuir el tiempo de obtención de plántulas y el desarrollo de una metodología que permita la adaptación y supervivencia de las plántulas en condiciones no estériles.

Resta también por conocer el comportamiento del material de diferenciado, ya que en otras especies se ha informado de cambios en el genoma durante el cultivo *in vitro*. Sin embargo, los resultados obtenidos en datil y en palma de aceite indican que al menos en estas dos especies el riesgo es mínimo (8, 14).

### Resumen

Se presenta una metodología para la propagación vegetativa del pejibaye (*Bactris gasipaes* H. B. K.) por cultivo de tejidos.

La producción de callos se logró por cultivo de ápices meristemáticos en un medio modificado de Murashige y Skoog en presencia del ácido 2,4-Diclorofenoxiacético y de la 6-Benzilaminopurina o del ácido  $\alpha$  naftalenacético y la cinetina a la oscuridad. La producción de plántulas se indujo a la luz y en un medio sin hormonas.

### Literatura citada

1. AMMAR, S. y BENBADIS, A. Multiplication végétative du palmier-dattier (*Phoenix dactylifera* L.) pour la culture de tissus de jeunes plantes issues de semis. Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences. Serie D: Sciences Naturelles 284:1 789-1792. 1977.
2. BLAAK, G. Vegetative propagation of pejibaye (*Bactris gasipaes* H. B. K.). Turrialba 30(3): 258-261. 1980.
3. EEUWEENS, C. J. Effects of organic nutrients and hormones on growth and development of tissue explants from coconut (*Cocos nucifera*) and date palms (*Phoenix dactylifera*) cultured *in vitro*. Physiologia Plantarum 42:173-178. 1978.
4. JONES, L. H. Propagation of clonal oil palms by tissue cultures. Oil Palm News 17:1-9. 1974.
5. MORA, J. y SOLIS, M. A. Polinización en *Bactris gasipaes* H. B. K. (palmae). Revista de Biología Tropical 28(1):153-174. 1980.
6. MORA, J. *et al.* El pejibaye. San José, Banco Nacional de Costa Rica, 1982. 18 p.

7. MURASHIGE, T. y SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15:473-497. 1962.
8. PANNETIER, C., ARTHUIS, P. y LIEVOUX, D. Neoformation de jeunes plantes d'*Elaeis guineensis* à partir de cals primaires obtenus sur fragments foliaires cultivés *in vitro*. *Oléagineux* 36(3):119-121. 1981.
9. RABECHAULT, H. Relation entre le comportement des embryons de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq) en culture *in vitro* et la teneur en eau des grains. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Sceances de l'Academie des Sciences. Serie D: Sciences Naturelles* 264:276-279. 1967.
10. RABECHAULT, H. y MARTIN, J. P. Multiplication végétative du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq) à l'aide de cultures de tissus foliaires. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Sceances de l'Academie des Sciences. Serie D: Sciences Naturelles* 283:1 735-1 737. 1976.
11. RHISS, A., POULAIN, C. y BEAUCHESNE. La culture *in vitro* appliquée à la multiplication végétative du palmier-dattier (*Phoenix dactylifera* L.) *Fruits* 34:551-554. 1979.
12. STARITSKY, G. Tissue culture of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) as tool for its vegetative propagation. *Euphytica* 19:288-292. 1970.
13. TISSERAT, B. Propagation of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) *in vitro*. *Journal of Experimental Botany* 30:1 275-1 283. 1979.
14. TISSERAT, B. Date palm tissue culture. U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1981. 50 p. (AAT-W-17).

## Reseña de libros

REINERT, J. and YEOMAN, M. M. Plant cell and tissue culture. A Laboratory Manual. Springer Verlag 1982. 83 p.

Las técnicas de cultivo de órganos, tejidos y células vegetales son de uso rutinario en muchos laboratorios de investigación a nivel mundial en estudios relacionados con la propagación de plantas, el saneamiento de plantas infectadas por virus, la producción de híbridos somáticos y la conservación de germoplasma.

A pesar de que existe una amplia gama de libros muy bien documentados que ilustran las bases teóricas sobre el tema, así como sus aplicaciones en ciencias biológicas, es difícil encontrar los detalles y procedimientos metodológicos para realizar con éxito el cultivo *in vitro* de tejidos y órganos vegetales.

En este manual de laboratorio, los autores describen 17 experimentos cuidadosamente seleccionados por su facilidad para reproducir y precisión en la toma de datos, que han sido escritos de una manera sencilla y muy bien ilustrados.

Los experimentos están agrupados siguiendo una secuencia lógica alrededor de seis temas principales: aislamiento de material vegetal — división celular y crecimiento, pruebas biológicas para citocininas, morfogénesis *in vitro*, liberación y cultivo de protoplastos, metabolismo de productos secundarios y cultivo de embriones.

Este manual es una excelente obra para uso de estudiantes universitarios que se inician en el campo del cultivo *in vitro* de tejidos y órganos vegetales, así como para el entrenamiento de personal de apoyo de laboratorio y como material de enseñanza en cursos cortos que se organicen sobre el tema.

OSCAR ARIAS MOREIRA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

DENT, D. y YOUNG, A. Soil survey and land evaluation. George Allen and Unwin. London, England. 1981. 278 p.

Los objetivos de este libro son: 1) resumir las técnicas y procedimientos usados por personal encargado de confeccionar mapas de suelos y evaluación de tierras; 2) proveer un texto básico para aquéllos que estudian esta profesión y 3) presentar el panorama de esta disciplina a planificadores, agrónomos, economistas y aquéllos que tengan que trabajar con información general de mapas de suelos. Es mi opinión que los objetivos del texto se cumplen a cabalidad.

Los primeros siete capítulos se relacionan con el reconocimiento de los suelos, los capítulos ocho y once cubren el material referente a la evaluación de las tierras y los restantes capítulos (12 a 15) tratan sobre comunes a ambos temas.

El material cubierto en el texto es de excelente calidad, ordenado adecuadamente y posible de reunir sólo por profesionales de amplia experiencia en este campo. Esta obra viene a llenar un vacío enorme existente en la literatura contemporánea, al proporcionar un material que tiene bases comunes tanto para el planificador, el especialista y el estudiante.

En el texto no se cubre en detalle metodologías específicas. Se menciona, sin embargo, las referencias más pertinentes para cada tópico. Quizá lo más sobresaliente es que los autores incluyen comentarios propios sobre la bondad o los inconvenientes que representa el emplear una u otra metodología.

Mención especial merecen los capítulos 11 y 12 que tratan sobre Aspectos Económicos de la Evaluación de Tierras y Manejo Automatizado de la Información, respectivamente. Estos dos tópicos se mencionan en muy contadas ocasiones en conferencias y cursos sobre el tema y se tratan con relativa profundidad.

El texto se recomienda a planificadores, cartógrafos y estudiantes y puede conseguirse a Allen & Unwin, Inc., 9 Winchester Terrace; Winchester, Massachusetts 01890 (Paper — \$ 16.95).

ALFREDO ALVARADO  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

EFFECTO DE DIFERENTES POBLACIONES DE MAIZ (*Zea mays*) EN LA PRODUCCION DE RAICES DE YUCA (*Manihot esculenta*) AL CULTIVARLOS EN ASOCIO.  
I. ASPECTOS AGRONOMICOS<sup>1</sup> /

---

ROGER MENESES\*  
RAUL A. MORENO\*

Summary

*Maize (cv. Tuxpeño PB-C7) was intercropped with cassava (cv. Valencia) to assess the effect of different maize populations on cassava root yield with two levels of fertilization*

*The experiment was conducted at Turrialba (9° 53' Lat. N and 83° 39' Long. W), Costa Rica at approximately 600 masl. The soils of the field plot area have been classified as in the rocky phase of the Institute soil series and in the Inceptisol order and Tropepts suborder. Drainage is moderate, pH = 5.2 and fertility is medium.*

*Maize populations were 0, 1, 2, 3, 4 and 5 plants m<sup>-2</sup>. Cassava density was kept constant at 1 plant m<sup>-2</sup>. Fertilization rates were 120-200-150 (high) and 90-200-75 (low) kg ha<sup>-1</sup> of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O respectively.*

*Total root weight, market size root weight, total number of roots, number of market size roots, number of roots/plant and average root weight were significantly reduced as maize planting density was increased. A maximum of 50% root yield reduction was registered in cassava associated with 5 maize plants m<sup>-2</sup>. Stem diameter, root length and root diameter decreased with increased maize competition but this reduction was registered in cassava associated with 5 maize plants m<sup>-2</sup>. Stem diameter, root length and root diameter decreased with increased maize competition but this reduction was not statistically significant.*

*Levels of fertilization did not significantly modify this tendency to decrease cassava yields as maize population increased. However total number of roots was higher at the low levels of fertilization as maize population increased from 1 up to 5 plants m<sup>-2</sup>.*

*Maize yield increased as a response to its planting density.*

*At the high level of fertilization and according with the Total Relative Yield Index, cassava intercropped with 5 plants m<sup>-2</sup> was the most efficient in terms of land use. At the low level of fertilization, cassava associated with 2 plants m<sup>-2</sup> was most efficient.*

---

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 30 de agosto de 1982.  
Este trabajo es parte de la tesis presentada por el autor principal a la Escuela de Graduados de la Universidad de Costa Rica como requisito parcial para optar el título de Magister Scientiae.

\* Especialista en Sistemas de Producción y Agrónomo respectivamente del Depto. Producción Vegetal, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE Turrialba.

### Introducción

**E**n agricultura de baja renta, la yuca se cultiva individualmente o en asociación con otras especies. Entre las plantas de ciclo anual que se intercultivan con la yuca, el maíz es muy frecuente, tanto en América Central como en América del Sur (8, 13). Se ha mencionado que el intercultivo de yuca y maíz tuvo su origen en la civilización maya que extendiera esta práctica agronómica hasta el este de Guatemala a partir de Veracruz y pasando por la península de Yucatán en México. En toda esta región, aquellas áreas de cultivo intenso de la yuca, coinciden con la distribución de tipos primitivos de maíz usados por los mayas (13).

Debido a las diferencias físico-biológicas y socio-económicas entre las regiones en que actualmente se intercultivan yuca y maíz en América Central, los arreglos espaciales y cronológicos entre estas especies también varían.

En algunas regiones en que el crecimiento de las malas hierbas es muy vigoroso, es común habilitar el terreno para la siembra del maíz y una vez que éste se encuentra próximo a madurez fisiológica, se deshierban los entresurcos e intercala la yuca (8). En otras regiones, se realiza la siembra simultánea de estas especies, cambiando las distancias de siembra de acuerdo principalmente con los caracteres de las variedades en uso. En cualquiera de estos casos, existe cierto grado de competencia interespecífica.

Para un agricultor que desea producir yuca, su intercultivo con maíz va a reducir el rendimiento de raíces, en forma teóricamente proporcional al grado de competencia por recursos que ejerza el maíz. El número de plantas de maíz intercultivadas por unidad de superficie, es uno de los factores más importantes que regulan este grado de competencia.

La mayoría de los ensayos realizados para estudiar estos cultivos en asocio, han empleado las mismas densidades de población que en los monocultivos. En estos casos, los rendimientos de yuca han demostrado reducciones entre 20 y 58% al compararse con su cultivo individual. El maíz también disminuye su rendimiento en asociación, pero los datos son menos consistentes y su rendimiento en asocio parece estar relacionado más bien con su velocidad de crecimiento inicial (2, 4, 8, 14).

El manejo, principalmente fertilización, es otro factor que se ha citado como importante para modificar el comportamiento de la asociación yuca-maíz. Se ha informado que con fertilizaciones relativamente altas, esta combinación es más eficiente que sus respectivos monocultivos (12).

Sin embargo en terrenos recién habilitados para la labranza no se encontró respuesta de la asociación yuca-maíz a la fertilización con N (11).

Este estudio se realizó con el propósito de conocer en parte el efecto que tienen poblaciones crecientes de maíz sobre el rendimiento en raíces de una población fija de yuca, cuando se asocian simultáneamente. Al mismo tiempo, se trata de establecer el efecto del manejo, determinado principalmente por el nivel de fertilización, sobre la competencia entre maíz y yuca.

### Materiales y métodos

El trabajo de campo se realizó en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica. Turrialba (9°52' 45" lat. N y 83°39' 28" long. O) se encuentra a una altitud de 602 m.s.n.m. El clima es caliente y húmedo y corresponde a la zona de vida Bosque Tropical muy húmedo premontano (6). La precipitación media anual es de 2673.8 mm, con un promedio de 251 días anuales con precipitación. Las lluvias se distribuyen en dos máximas que ocurren en junio y diciembre. Solo durante el periodo de febrero a marzo la evaporación supera la precipitación. La temperatura media anual es de 22°C (Figura 1).

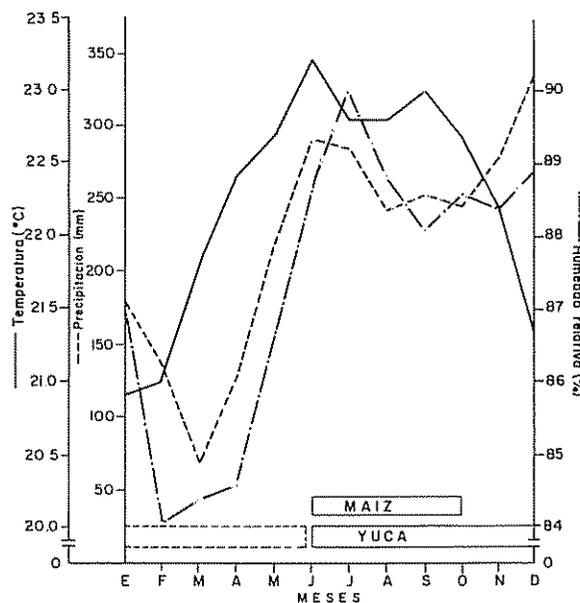


Fig. 1. Condiciones climáticas promedio de varios años de la zona experimental y época de siembra de maíz y yuca; temperatura °C (1958-1977); precipitación mm (1944-1977); humedad relativa % (1957-1977); Turrialba, Costa Rica.

Los suelos del área son de origen aluvial fluvio-lacustre y pertenecen a la Serie Instituto Arcilloso fase normal. El drenaje varía de normal a impedido y el nivel de fertilidad de mediano a bajo. De acuerdo con la Séptima Aproximación, corresponden al orden Inceptisol, Subgrupo Typic Dystropepts (1).

El experimento comprendió 12 tratamientos, que consistieron en 6 densidades de siembra y 2 niveles de fertilización. Las densidades de siembra (D0 . . . D5) de maíz (cv. Tuxpeño Crema Planta Baja C-7) corresponden a 0, 1, 2, 3, 4 y 5 plantas  $m^{-2}$  respectivamente, intercaladas entre hileras de yuca (cv. Valencia) a una planta  $m^{-2}$ . En la Figura 1 se representa la fecha de siembra y cosecha de yuca y maíz.

Los dos niveles de fertilización fueron: 90-200-75 y 120-200-150 kg de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$   $ha^{-1}$  respectivamente. La primera fertilización se hizo al momento de la emergencia del maíz y se emplearon 400 kg  $ha^{-1}$  de la fórmula completa conocida como 10-30-10. La segunda se hizo a los 45 días de la siembra y se emplearon materiales individuales de cada elemento. La aplicación del fertilizante tanto en el cultivo individual de yuca como en su asociación con maíz se hizo a 0.25 m del surco de siembra.

Se aplicó insecticida al suelo (Aldrin 2.5%, 50 kg  $ha^{-1}$ ) en el momento de la siembra y posteriormente al follaje del maíz Diazinon 50E, (1 lt  $ha^{-1}$ ) para controlar crisómidos y larvas de lepidópteros.

Los tratamientos se ordenaron en bloques al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de la parcela fue de 50  $m^2$ , siendo la parcela útil de yuca de 27  $m^2$  y la de maíz de 24 ó 28.5  $m^2$  según su densidad de siembra.

Para evaluar el efecto que tiene la interacción entre plantas sobre el rendimiento de los cultivos individuales componentes de una asociación, se empleó el criterio del Rendimiento Relativo Total (RRT). El Rendimiento Relativo es la proporción entre el rendimiento de la especie en la mezcla y el rendimiento de la especie en el cultivo individual a densidad óptima. El RRT es la suma de los rendimientos relativos de todas las especies que crecen simultáneamente y se calcula por la fórmula siguiente:

$$RRT = \sum_{i=1}^n \frac{R_{ci} M}{R_{ci} P} \quad \dots \quad \frac{R_{cn} M}{R_{cn} P}$$

donde:  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ;  $n$  = número de cultivos;  $M$  = mezcla de cultivos;  $P$  = cultivo puro;  $c$  = cultivo;  $R$  = rendimiento y  $T$  = total.

Debido a que entre los tratamientos no se incluye el monocultivo de maíz, se escogió como su equivalente el rendimiento de este cultivo en la asociación con 4 plantas  $m^{-2}$  de cada nivel de fertilización.

### Resultados y discusión

De acuerdo con los datos climáticos registrados durante el período experimental resumido en el Cuadro 1, la temperatura mínima promedio resultó igual o inferior a la señalada como crítica para el crecimiento y desarrollo de la yuca. La temperatura media, principalmente la del período diciembre-marzo, presentó también valores cercanos a los críticos. Cock (3) indica que con temperaturas medias menores de 18-20°C, el crecimiento se reduce y por lo tanto los rendimientos en raíces también bajan. Sin embargo, Bolhuis citado por Montaldo (7) considera como nivel crítico una temperatura mínima de 16°C. También durante este período (enero a marzo), la evaporación fue mayor que la precipitación. Este período de condiciones subóptimas para el desarrollo de la planta, tanto en temperatura como precipitación, probablemente detuvo el proceso de engrosamiento de las raíces, que según Montaldo (7) ocurre en su mayor parte a partir de los 8 meses. Frecuentemente, este tipo de condiciones ambientales influyen para que la planta entre en estado de latencia y consuma parte de los carbohidratos acumulados en el tallo y en las raíces para reiniciar el crecimiento, tan pronto se establecen mejores condiciones ambientales de crecimiento (3). Los bajos rendimientos encontrados en este estudio, incluso para el cultivo individual de la yuca (20 ton  $ha^{-1}$ ) en condiciones de manejo experimental, pueden ser explicados en parte por este fenómeno ambiental.

El rendimiento en peso de raíces de yuca disminuyó a medida que aumentó el número de plantas de maíz con que se encontraba asociada (Figura 2), indiferentemente del nivel de fertilización aplicado. Con el nivel más alto de fertilización, el cultivo individual de yuca rindió más peso de raíces que en todas sus asociaciones con maíz, dentro de ese nivel. Sin embargo, en el nivel más bajo de fertilización, en rendimiento en raíces que se obtuvo al asociar la yuca con 1 planta de maíz  $m^{-2}$  resultó superior al monocultivo.

Elevar el nivel de fertilización a una asociación de yuca con maíz parece favorecer el crecimiento de la gramínea, aumentando su capacidad competitiva en desmedro de la producción de raíces de yuca. Así, las asociaciones de yuca con 1 y 2 plantas  $m^{-2}$  de maíz en el nivel más alto de fertilización aplicado, produjeron menos peso en raíces que estas mismas asociaciones con el nivel más bajo de fertili-

Cuadro 1. Condiciones climáticas promedio durante el período experimental (junio 1978 a junio 1979). Turrialba, Costa Rica. 1979.

	1978							1979						
	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	
Temperatura °C $\bar{X}$ Máxima	27.4	27.5	27.3	27.5	27.4	27.0	27.0	26.5	26.3	27.6	26.9	28.2	27.8	
Mínima	18.6	18.6	18.7	18.6	18.6	18.8	17.0	15.8	16.5	17.0	19.5	19.2	19.2	
Media	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	22.9	22.0	21.2	21.4	22.3	23.2	23.7	23.5	
Precipitación (mm)	252.7	244.1	173.3	221.7	234.8	312.3	150.8	42.7	47.4	51.0	373.5	705.0	212.1	
Evaporación total mensual (mm) <sup>1</sup>	99.2	93.2	99.9	100.0	105.2	95.1	100.3	100.9	100.9	138.1	82.6	125.5	100.7	
Humedad relativa (%)	91	92	90	91	91	90	90	87	91	88	85	89	91	
Radiación														
Mensual cal/cm <sup>2</sup> /mes	11 370	11 160	12 222	12 228	12 561	11 032	11 682	12 069	12 749	13 842	10 200	13 431	8907(1-24) <sup>2</sup>	
Promedio diario cal/cm <sup>2</sup> /día	379	360	394.3	407.6	405.2	369.4	376.8	389.3	383.9	446.1	340.0	433.2	387.5	

Fuente: Estación meteorológica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Turrialba, Costa Rica

1 Evaporación del Tanque estándar tipo A

2 Valor correspondiente al período indicado

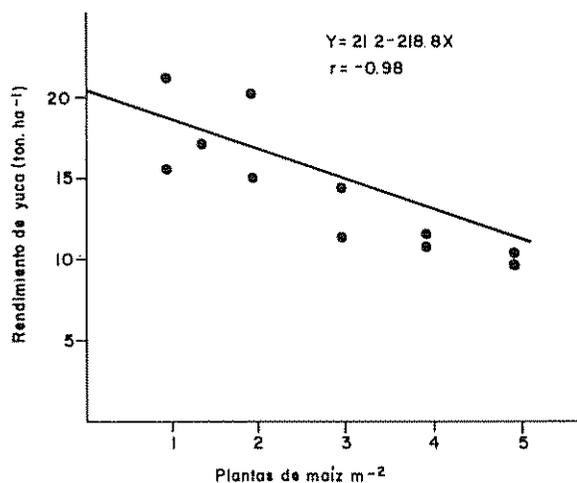


Fig 2 Relación entre el rendimiento de yuca y la densidad de plantas de maíz.

zación. En el nivel alto de fertilización, el porcentaje de disminución en rendimiento de raíces al agregar 1 planta de maíz  $m^{-2}$  a la yuca fue de 25% del rendimiento del monocultivo, mientras que en el nivel bajo de fertilización no hubo disminución. Por el contrario, se registró un ligero incremento, aunque no estadísticamente significativo. En el nivel más bajo de fertilización, solo con 4 plantas de maíz  $m^{-2}$  se registraron rendimientos de yuca comparables a los obtenidos con 3 plantas de maíz  $m^{-2}$  y el nivel más alto de fertilización (Cuadro 2).

Promediando los rendimientos de yuca asociada con 4 plantas de maíz  $m^{-2}$ , tanto en el nivel alto

como en el más bajo de fertilización, se observa una disminución de aproximadamente 40% con respecto al promedio de ambos niveles en el cultivo individual. Esta reducción es similar a la obtenida por otros investigadores (5, 14) y revela que el maíz es un fuerte competidor de la yuca cuando se siembran simultáneamente. La asociación de yuca a 1 planta  $m^{-2}$  y maíz con 4 plantas  $m^{-2}$  es de las más frecuentes.

La competencia con el maíz, aparentemente estimula el crecimiento de la parte aérea de la yuca durante la fase inicial del cultivo, en desmedro de la parte subterránea. Algo similar ocurre al incrementar el número de plantas de yuca en cultivo individual por unidad de superficie. Se cita que en este caso, el índice de cosecha, el tamaño de las raíces y el número de raíces de yuca por planta disminuyen (3).

Durante la fase de establecimiento de la yuca en el campo, cuando su índice de área foliar permanece aún bajo, existen recursos ambientales (suelo y radiación principalmente) disponibles para algún intercultivo (8). Esto parece aplicable más bien a especies de ciclo de vida más corto que el maíz y del tipo C-3 de fotosíntesis, tal como el frijol común o el camote (10). El intercultivo con maíz para cosechar en verde parece una excepción (5).

Al comparar el promedio general de los rendimientos de raíces de yuca en fertilización alta y en baja, éstos no resultaron estadísticamente diferentes, aunque se obtuvo un rendimiento mayor en el nivel bajo de fertilización. Sin embargo, el peso de raíces

Cuadro 2. Rendimientos de maíz en kg/ha de grano al 12% de humedad y de yuca en kg/ha de peso fresco de las raíces.

Densidad de maíz <sup>1</sup>	Nivel de fertilización <sup>2</sup>			
	Maíz		Yuca	
	Alto	Bajo	Alto	Bajo
0	0	0	22 055	19 509
1	657	421	16 527	22 361
2	2 278	1 958	15 023	20 648
3	2 564	2 336	12 972	14 046
4	3 294	3 185	12 037	12 981
5	3 759	3 342	10 203	10 787
Promedio	2 511	2 243	10 803	16 722

1 Plantas m<sup>-2</sup>.

2 Alto - 120-200-150 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O  
Bajo - 90-200-75 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O

no comerciales, es decir, aquellas muy pequeñas, muy grandes o fibrosas no aceptables en el mercado local, resultó significativamente mayor en el nivel bajo fertilización. Es decir, la fertilización más baja, aunque no incrementó el peso total, tuvo influencia positiva en la calidad relativa de las raíces de yuca que se encontraba asociada con maíz.

En general, el número total de raíces y el número de raíces por planta, fue mayor en el nivel de fertilización baja que en el alto. Dentro del nivel de fertilización alto, el cultivo individual de yuca superó en número de raíces a todas las asociaciones con diferentes densidades de maíz. En el nivel bajo, sólo la asociación de yuca con 1 planta m<sup>-2</sup> superó al monocultivo en número de raíces. Todas las otras asociaciones produjeron un número de raíces inferior al monocultivo. Santos (14) y Gerodetti (5) en Turrialba, también obtuvieron resultados similares. La disminución progresiva de los rendimientos en raíces de yuca compitiendo con densidades crecientes de maíz, puede estar ligada principalmente a una disminución en el número de raíces antes que en el peso individual de cada una de ellas. También debe considerarse que el período de formación de las raíces ocurre durante los primeros 90 días después de la siembra, período en que se espera la mayor competencia por parte del maíz ya que este se encuentra en su fase de crecimiento más acelerada.

El rendimiento en grano seco de maíz no fue aceptado por los niveles de fertilización estudiados, pero las densidades de maíz estudiadas si mostraron efectos en el rendimiento. Este fue significativamente mayor en las mayores densidades de siembra (Cuadro 2). Considerando los promedios de ambos niveles de fertilización, se observa que el

rendimiento en grano presenta una tendencia creciente en función del incremento en la densidad de plantas de maíz. Esta tendencia se inicia con 0.5 ton ha<sup>-1</sup> en la densidad de una planta m<sup>-2</sup> y alcanza 3.5 ton ha<sup>-1</sup> en la densidad de 5 plantas m<sup>-2</sup> (Figura 3). El mayor incremento en peso de grano seco se produjo cuando la densidad de maíz aumentó de 1 a 2 plantas m<sup>-2</sup> (1.6 ton ha<sup>-1</sup>). Al aumentarse a 3, 4 y 5 plantas m<sup>-2</sup> los incrementos en rendimiento alcanzaron solo un máximo de 0.8 ton ha<sup>-1</sup>. En la asociación con 4 plantas m<sup>-2</sup> que es la que comúnmente se emplea cuando estos cultivos se asocian, el rendimiento de maíz fue 3.2 ton ha<sup>-1</sup> (12% HOH) que es mayor al obtenido por otros investigadores.

El número total de mazorcas sanas y mazorcas enfermas no se afectó por el nivel de fertilización. Según aumentaba la densidad de siembra, el valor de estas variables fue incrementándose proporcionalmente.

La altura de la planta de maíz fue afectada significativamente por los niveles de fertilización alcanzando mayor altura las plantas que recibieron más fertilizante. Por el contrario, la altura de la planta de yuca fue mayor en el nivel bajo de fertilización. Esto demuestra que la altura que alcanzan estos componentes cultivados en asocio reflejan en parte el grado de competencia que se desarrolla entre ellos.

Existen varios criterios que permiten evaluar integralmente sistemas de producción de cultivos que comprenden asociaciones entre especies (9). Estos criterios se basan principalmente en los factores limitantes que ocurren en los diferentes tipos de agricultura. Sin embargo, algunos criterios evalúan los aspectos fi-

siológicos del intercultivo, como por ejemplo el índice del Rendimiento Relativo Total (RRT).

Empleando un método similar al del RRT, con los datos de rendimiento de la yuca y el maíz del Cuadro 2, se obtuvieron los valores que configuran el Cuadro 3. Para los datos de este cultivo se consideró como referencia el rendimiento del maíz en la asociación de yuca con 4 plantas  $m^{-2}$  de maíz de cada nivel de fertilización. Este rendimiento es similar al obtenido por otros investigadores en Turrialba cuando lo sembraron en monocultivo a la misma densidad (5, 14).

En las Figuras 4a y b se muestra el efecto del intercultivo sobre el rendimiento de los componentes del sistema, cuando se incrementa la densidad de uno de

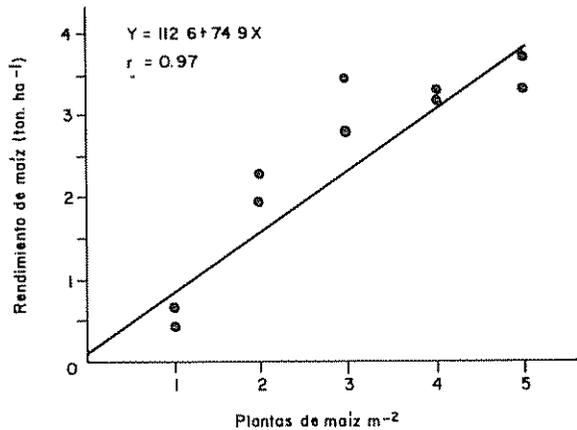


Fig. 3. Relación entre el rendimiento y la densidad de plantas de maíz.

ellos. Se observa que en el nivel alto de fertilización, la mejor combinación fue aquella en la que se asoció la mayor cantidad de maíz (5 plantas  $m^{-2}$ ) y le correspondió un RRT de 1.55 o sea que se necesitaría un 55% más de área para producir igual que una hectárea de la asociación con la combinación de 1.14 ha de maíz y 0.41 ha de yuca. Lo anterior quiere decir que el maíz es el cultivo más importante bajo este nivel de fertilización, dada su mayor contribución al valor del RRT.

Mientras tanto, en el nivel bajo de fertilización la mejor combinación fue la de yuca con 2 plantas  $m^{-2}$  de maíz. Es decir que, cuando se tiene una baja fertilidad en el suelo, lo mejor es tener poco maíz y a medida que aumenta la fertilidad se puede sembrar más maíz.

### Resumen

Se estudió el efecto de seis densidades diferentes de población de maíz (c.v. Tuxpeño C-7 PB) sobre el rendimiento de raíces de yuca (c.v. Valencia) en el cultivo asociado simultáneo de estas dos especies, bajo dos niveles de fertilización.

El experimento se realizó en Turrialba, Costa Rica ( $9^{\circ}53'$  latitud norte y  $83^{\circ}39'$  longitud oeste), a una elevación de 602 msnm. El suelo del sitio experimental se ha clasificado en el orden Inceptisol, suborden Tropepts, con drenaje moderado, pH = 5.2 y fertilidad regular.

Cuadro 3. Rendimiento relativo total (RRT) de seis sistemas de cultivo con yuca y maíz en dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica, 1979.

Tratamiento plantas $m^{-2}$	Fert. <sup>1</sup>	Rendim. maíz 12% ton $ha^{-1}$	Rendim. relativo de maíz %	Rendim. yuca comercial ton $ha^{-1}$	Rendim. relativo de yuca %	Rendim. relativo total %
0	A			20.23	1.00	1.00
1	A	0.66	0.20	14.72	0.73	0.93
2	A	2.28	0.69	12.85	0.64	1.33
3	A	2.56	0.78	11.07	0.55	1.33
4	A	3.29	1.00	10.05	0.50	1.50
5	A	3.76	1.14	8.38	0.41	1.55
0	B			16.25	1.00	1.00
1	B	0.42	0.13	19.77	1.22	1.35
2	B	1.96	0.61	17.73	1.09	1.70
3	B	2.34	0.73	11.80	0.73	1.46
4	B	3.19	0.96	10.67	0.66	1.62
5	B	3.34	1.05	8.43	0.52	1.57

<sup>1</sup> A = 120-200-150 kg  $ha^{-1}$  de N, P y K respectivamente y B = 90-200-75 kg  $ha^{-1}$  de NPK respectivamente

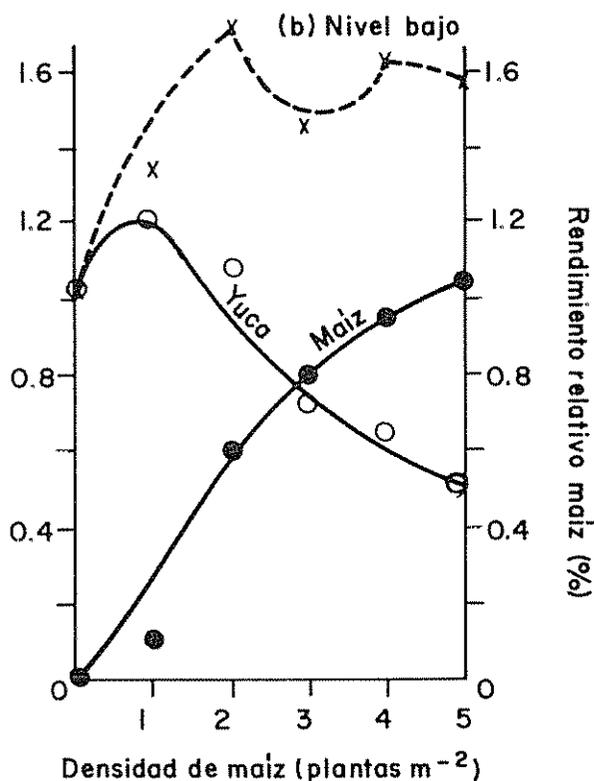
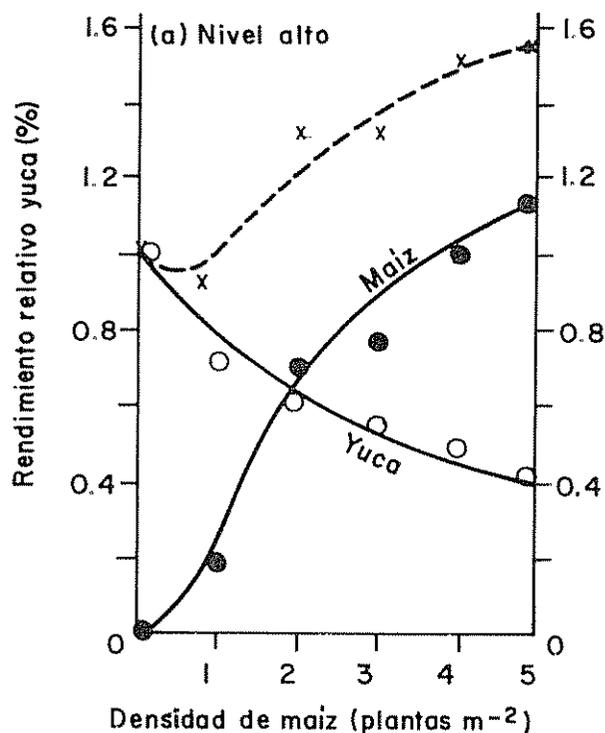


Fig. 4. Rendimiento relativo total (RRT) de seis combinaciones de yuca y maíz bajo dos niveles de fertilización: (a) = alto y (b) = bajo. Las líneas sólidas son los rendimientos de los componentes y la línea interrumpida es el rendimiento relativo total del sistema.

Las densidades de maíz empleadas fueron 0, 1, 2, 3, 4 y 5 plantas  $m^{-2}$ . La densidad de yuca se mantuvo constante en una planta  $m^{-2}$ . Los niveles de fertilización fueron 120-200-150 (nivel alto) y 90-200-75 (nivel bajo)  $kg\ ha^{-1}$  de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  respectivamente.

Los rendimientos de grano de maíz, aumentaron según aumentó su densidad de siembra.

El rendimiento en peso total de raíces y de raíces comerciales de la yuca disminuyó linealmente a medida que aumentó la densidad del maíz con que estaba asociada, hasta una disminución máxima de 50% con la densidad de 5 plantas  $m^{-2}$  de maíz. También el número total de raíces, el de raíces comerciales y el de raíces por planta, disminuyeron significativamente al incrementar la población de maíz. El peso promedio de las raíces también disminuyó en la misma forma. La altura total de las plantas de yuca y su altura a la época de la primera fertilización aumentaron a medida que aumentó la densidad de maíz.

Los niveles de fertilización empleada no modificaron significativamente estas tendencias a disminuir o aumentar.

#### Literatura citada

1. AGUIRRE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 138 p.
2. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe anual 1970. Cali, Colombia, CIAT, 1971. 75 p.
3. COCK, J. H. La adaptabilidad de la yuca. In Curso sobre producción de yuca. Cali, Colombia, CIAT, 1978. pp. 42-49.
4. GALLEGOS, R. Evaluación de producción agronómica y biomasa en sistemas de producción que incluyen yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1976. 122 p.
5. GERODETTI, M. Efectos de la poda y laboreo del suelo sobre el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), asociada con maíz (*Zea mays* L.) y vainita (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, 1979. 93 p.

6. HOLDRIDGE, L. Ecología basada en zonas de vida. Trad. al español por Humberto Jiménez S. San José, Costa Rica, IICA, 1978. 216 p.
7. MONTALDO, A. La yuca o mandioca. San José Costa Rica, IICA. 1979. pp. 76-100.
8. MORENO, R. A. y HART, R. D. Intercropping with cassava in Central America, In Proceedings of an International Workshop, Trivandrum, India, 1978. Intercropping with cassava. Ottawa, International Development Research Centre, 1979. pp. 17-24. (IDRC-142 e).
9. MORENO, R. Algunos criterios para evaluar sistemas de producción de cultivos de pequeños agricultores. In Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Metodología para el desarrollo de alternativas tecnológicas en sistemas de cultivos Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1980. pp. 223-257.
10. MORENO, R. Intercropping with sweet potato in Central America. In Proceedings of the International Symposium on Sweet Potato held at Taiwan Agricultural Research Institute. Taichung, Taiwan. 1981. (en prensa).
11. OESLIGLE, D., MENESES, R. y McCOLLUM, R. E. Nitrogen response by a corn cassava intercropped system in the Atlantic coast of Costa Rica. In Agronomic - Economic Research on Tropical Soils. Raleigh, North Carolina State University, 1975. pp. 197-220.
12. PARIJS, A. V. Rotations des plantes vivrières dans la région de Nioka (Haut-Itari). Bulletin Agricole du Congo Belge 48(6):1515-1544. 1957.
13. ROGERS, D. Some botanical and technological considerations of *Manihot esculenta*. Economic Botany 19:369-377. 1965.
14. SANTOS, M. A. DOS. Evaluación biológica de agrosistemas basados en el cultivo de yuca, (*Manihot esculenta* Crantz) y su rentabilidad económica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1976. 172 p.
15. SORIA, J., PINCHINAT, A. M., PAEZ, G., MATEO, N., MORENO, R., FARGAS, J., y FORSYTHE, W. Investigación sobre sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor del trópico Turrialba 25(3): 283-293. 1975.

RENDIMIENTO DE PASTO LLORON, *Eragrostis curvula* (Nees) cv. Ermelo,  
EN FUNCION DE ALGUNAS PROPIEDADES EDAFICAS<sup>1</sup> /

---

C.A. MERINO\*  
R.A. ROSELL\*\*  
A.O. GARGANO\*\*

### Summary

*The relationship between the yield of weeping lovegrass and some edaphic properties of 18 soils in a large area which includes the districts of Bahía Blanca, Villarino, Puan and Saavedra in the province of Buenos Aires and the district of Hucal in the province of La Pampa, Argentina, was studied.*

*Work was carried out in pots with a net content of 2.5 to 3.5 kg of soil and 3 plants per pot in a randomized block design with 3 repetitions. Three cuts were made, with a span of 75 days between each, and the yield of dry matter in grams per pot was determined.*

*The properties of the soils analyzed were total nitrogen, organic carbon, organic matter, exchangeable calcium, magnesium, potassium and sodium, percent of exchangeable sodium (PSI), sodium adsorption ratio (RAS), cation exchange capacity, available phosphorus, nitrate nitrogen, carbon-nitrogen ratio, texture, pH, equivalent humidity and electrical conductivity. The incidence of these properties on the crop yield was analyzed by means of stepwise multiple regression.*

*The edaphic properties significantly associated with the total aerial biomass in multiple correlations, in order of importance, were: total nitrogen, nitrate nitrogen, percent of exchangeable sodium, exchangeable magnesium, equivalent humidity, clay content, organic carbon content, carbon-nitrogen ratio, sand content, pH, calcium and potassium ( $R = 0.95$ ). The exchangeable magnesium was included due to the effect caused by soil number 16 which presented a higher content of this cation than other soils. A new multiple regression analysis without this soil gave the following variable sequence: total nitrogen, nitrate nitrogen, electrical conductivity, clay, silt, organic matter, carbon-nitrogen ratio, percent of exchangeable sodium and sodium adsorption ratio ( $R = 0.97$ ).*

*To predict crop responses it is recommended that only the first 4 variables in the equation which includes all soils and the first 3 variables in the equation excluding soil number 16 be considered.*

---

1 Recibido para publicación el 12 de setiembre de 1982.  
Trabajo financiado por: Comisión de Investigaciones Científicas (SIC) de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Proyecto "Aprovechamiento de Recursos (Bióticos de Importancia Económica en Zonas Áridas, Semiáridas y otras Zonas Críticas)" (SECYT-OEA).  
Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología (SECYT), Argentina.  
Laboratorio de Humus y Biodinámica del Suelo (LAHBIS) de la UNS.  
Se agradece a los ingenieros José A. Porrás y Jorge E.

Gatica de la Planta Piloto de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Sur por la ejecución del análisis de regresión múltiple.

\* Ingeniero Agrónomo, ex-becario de CIC. Actualmente becario en el Centro Nacional Patagónico, 9120 Puerto Madryn, Argentina.

\*\* Doctor en Química y en Ciencia del Suelo e Ingeniero Agrónomo, respectivamente, profesores del Departamento de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Sur, 8 000 BAHIA BLANCA, ARGENTINA.



Cuadro 1. Clasificación de algunos suelos de la región semiárida bonaerense a nivel de subgrupo (22).

Suelo y Partido	Clasificación a nivel Subgrupo según mapa de suelos INTA 1: 500 000	Textura	Ubicación aproximada
1. Villarino	Ustifluent cumúlico Serie Argerich	Franco-Arenoso	Campo UNS (Argerich)
2. Villarino	Ustipsament típico Serie Ombucta	Arenoso	Sobre ruta 3 Sur, mojón 774
3. Villarino	Ustipsament típico Serie Médanos	Franco	A 7 km de Médanos sobre camino vecinal entre ruta 3 Sur y Médanos
4. Villarino	Ustipsament típico Serie Médanos	Franco-Arenoso	Sobre ruta 22, Cruce a Chapalcó
5. Villarino	Ustipsament típico Serie Médanos	Areno-Franco	Sobre ruta 22, Cruce a Chapalcó
6. Puán	Haplustol petrocálcico	Areno-Franco	A 9 km al N.E. de Chasicó sobre ruta 35
7. Puán	Ustortent típico	Areno-Franco	INTA Bordenave. Lote molino
8. Puán	Ustortent típico	Franco-Arenoso	INTA Bordenave. Lote bajo
9. Puán	Haplustol éntico	Franco	INTA Bordenave. Lote rotación
10. Puán	Haplustol éntico	Franco	Camino vecinal entre Bordenave y J. Arauz, sobre paraje "La Angelita"
11. Puán	Ustortent típico	Areno-Franco	Camino entre Bordenave y J. Arauz
12. Hucal	Ustortent típico	Franco-Arenoso	Cruce entre J. Arauz y ruta 35
13. Torquinst	Haplustol típico	Franco-Arenoso	A 18 km al N.O. de Torquinst, sobre Sauce Chico (paraje Frapal)
14. Saavedra	Haplustol petrocálcico	Arenoso	Sobre Club de Pesca Torquinst
15. Torquinst	Haplustol típico	Franco-Arenoso	Sobre camino a Chasicó, a 6 km de ruta 33
16. Bahía Blanca	Argiustol típico	Franco-Arenoso	Sobre km 47, ruta 33
17. Bahía Blanca	Haplustol éntico	Franco-Arenoso	Sobre km 30, ruta 33
18. Bahía Blanca	Ustipsament petrocálcico Serie Bahía Blanca	Areno-Franco	Campo Palihue UNS (Bahía Blanca)
19. Villarino	Ustipsament típico Serie Ombucta	Arenoso	Campo Argerich UNS
20. Villarino	Ustipsament petrocálcico Asoc. de series, Salitral de la Vidriera y la Bahía Blanca	Arenoso	Sobre ruta 22, frente campo Argerich UNS
21. Villarino	Ustipsament típico Serie Ombucta	Arenoso	A 13 km al S.O. de Origone
22. Villarino	Ustipsament típico Serie Ombucta	Arenoso	A 2.5 km de Ombucta sobre camino vecinal entre ruta 3 y Médanos
23. Villarino	Ustipsament petrocálcico	Arenoso	Sobre mojón 765, ruta 22
24. Puán	Ustortent típico	Arenoso	Frente al campo Chasicó UNS
25. Puán	Haplustol típico	Franco-Arenoso	A 9 km N.E. de Chasicó

y arcilla se determinaron por el método de Bouyoucos (9) utilizando hexametáfosfato de sodio como dispersante.

En el Cuadro 2 se presentan los valores de las propiedades edafológicas de los 18 suelos incluidos en la experiencia.

#### Desarrollo experimental

Los suelos fueron colocados en macetas cuyo contenido osciló entre 2.5 y 3.5 kg. El volumen fue el mismo para todos los suelos. Para evitar la eventual pérdida de la solución del suelo se colocó una bolsa de polietileno en el interior de las macetas.

Se empleó un diseño de bloques al azar con 18 tratamientos y 3 repeticiones.

Se utilizaron semillas de la variedad Ermelo, las cuales se sembraron previamente en almácigos de arena estéril y luego de aproximadamente 10 días se transplantaron en número de 3 por maceta.

El período experimental, una vez efectuado el trasplante se inició el día 10 de setiembre de 1979. Durante 1 mes el experimento se condujo en inverna-

dero hasta que las plantas lograron arraigar en forma satisfactoria. Luego, las macetas se llevaron a condiciones naturales aunque protegidas con una cubierta de nylon para controlar la humedad en los suelos, la cual se mantuvo entre un 50 y 80% de la capacidad de campo. El riego se hizo con agua destilada y el control mediante pesadas periódicas de las macetas.

Se efectuaron 3 cortes con un lapso de 75 días entre sí, dejándose un remanente de 5 cm sobre el nivel del suelo.

Previamente a cada corte se midió la altura modal de las 3 plantas de cada maceta. La biomasa cosechada se secó en estufa a 70°C durante 48 horas y los rendimientos se expresaron en gramos de materia seca por maceta. La suma de los 3 cortes más la biomasa de los 5 cm basales constituyó la biomasa aérea total.

La incidencia de las diferentes variables edáficas sobre la producción de materia seca se analizó mediante regresión multiparamétrica, método "Forward Stepwise", descrito por Draper y Smith (4), y se efectuó en una computadora digital PDP 11/70E en el Centro de Computación de la Planta Piloto de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Sur, Argentina.

Cuadro 2. Propiedades edáficas de los 18 suelos utilizados (1).

Suelo y partido	N total	NO <sub>3</sub> -N	M.O.	Humedad equivalente		Propiedades intercambiables, me/100 g					PSI	C.E. mmho/cm	Pasimilable	Arena	Limo	Arcilla	
				%	%	pH	CIC	Ca	Mg	K							Na
1. Villarino	0.21	107.5	4.61	26.82	7.1	24	12.40	3.40	6.92	0.78	3.30	0.75	8	58	28	14	
13. Torquinst	0.14	6.5	2.53	16.20	6.4	11	4.70	1.15	4.61	0.53	1.18	1.5	11	60	28	12	
14. Saavedra	0.13	2.0	2.08	8.82	6.4	6	3.80	0.85	1.53	0.09	1.50	1.8	4	89	7	4	
17. Bahía Blanca	0.12	3.2	2.25	25.53	7.2	32	23.20	3.90	4.69	0.13	0.40	0.7	15	70	20	10	
9. Puán	0.11	33.1	2.81	22.01	6.3	14	8.50	1.70	3.33	0.39	2.78	0.6	13	49	33	18	
10. Puán	0.11	9.0	2.87	22.16	6.3	16	10.50	1.80	2.82	0.43	2.68	0.05	6	51	34	15	
15. Torquinst	0.11	6.2	2.44	23.16	6.4	14	9.10	3.00	2.30	0.13	0.92	0.6	8	57	31	12	
7. Puán	0.10	3.5	2.35	11.15	6.2	7	4.35	1.10	1.02	0.21	3.00	1.7	4	81	12	7	
8. Puán	0.10	2.0	2.37	17.67	6.3	10	6.00	1.20	2.30	0.05	0.50	1.5	6	62	25	13	
16. Bahía Blanca	0.10	2.0	2.04	21.87	8.2	24	18.70	11.50	3.79	0.17	0.70	0.6	15	65	28	7	
2. Villarino	0.09	3.9	2.15	6.76	7.3	4	1.95	0.75	1.02	0.26	6.50	2.5	38	95	3	2	
6. Puán	0.08	4.4	2.14	22.91	7.0	14	7.60	2.10	3.58	0.34	2.40	0.70	14	85	10	5	
3. Villarino	0.07	6.0	0.88	9.65	7.5	8	3.65	1.50	2.20	0.08	1.00	1.2	21	80	11	9	
4. Villarino	0.07	2.8	0.97	12.06	8.7	8	2.10	1.30	2.72	1.73	22.00	2.01	15	75	15	10	
18. Bahía Blanca	0.07	2.7	1.13	9.40	7.1	10	4.60	1.90	3.53	0.34	3.40	1.2	10	87	8	5	
11. Puán	0.06	2.0	1.12	9.52	6.4	9	4.50	0.95	3.07	0.13	1.43	1.6	9	86	10	4	
12. Hucal	0.04	16.8	0.73	14.00	9.5	26	9.70	3.15	3.53	10.00	38.00	3.5	11	70	20	10	
5. Villarino	0.03	2.9	0.66	8.47	8.0	7	2.50	0.80	1.02	2.08	36.00	2.6	25	83	10	7	

(1) Análisis realizados en el Laboratorio de Humus y Biodinámica del Suelo, Departamento de Ciencias Agrarias - U.N.S.

## Resultados y discusión

## Rendimientos parciales y totales

Los rendimientos parciales obtenidos a través del tiempo fueron sometidos a un análisis de varianza, mostrando diferencias significativas entre suelos, entre cortes y entre ambas fuentes de variación.

En el Cuadro 3 se ordenaron los rendimientos de los cortes parciales según los valores decrecientes de su biomasa total. Los rendimientos totales variaron significativamente. Si se asigna 100% al mayor rendimiento en el suelo 1, solo le corresponde el 20% al suelo 4 cuyo rendimiento fue el menor. La producción del suelo 1 fue la más alta y significativamente diferente del resto. A partir del segundo corte la variación fue menor y esto determinó diferencias entre grupos de suelos.

El mayor rendimiento se produjo en el segundo corte, siendo este comportamiento uniforme en todos los suelos. Debido a esto se observan más suelos con rendimientos que difieren significativamente entre sí. Esta diferencia es casi nula en el primer corte; en el tercero se presenta sólo en los suelos de rendimientos

extremos. Los más bajos rendimientos del primer corte con respecto al segundo puede atribuirse a que en el primer período las plántulas iniciaron su crecimiento y desarrollo. El menor rendimiento del tercer corte con respecto al segundo respondería a una combinación de factores. Por un lado, en el período correspondiente (marzo-abril), el crecimiento tiende a disminuir, y por el otro, una eventual baja del nivel de fertilidad del suelo.

El 83% de los suelos presentaron diferencias significativas entre el segundo y primer corte, mientras que el 67% las tuvo entre el segundo y el tercero. Los rendimientos del primer y tercer corte no presentaron diferencias significativas salvo en los suelos 1, 12 y 16.

Los suelos 12 y 16 no registran rendimientos en el primer corte ya que no superaron los 5 cm de altura. Estos suelos poseían un alto porcentaje de sodio y magnesio intercambiable, respectivamente.

## Relaciones entre biomasa total y variables de suelo

Para la predicción de los rendimientos, las variables edáficas más importantes fueron aquellas selecciona-

Cuadro 3. Comparación de la biomasa aérea parcial entre cortes y entre suelos, y de la biomasa aérea total entre suelos, mediante el Test de Duncan ( $P \geq 0.01$ ).

Suelo y partido	Biomasa aérea cortes parciales (1) (g mat. seca/maceta)			Biomasa aérea Total (2) (g mat. seca/maceta)
	25 Nov. 1979	5 Feb. 1980	18 Abr. 1980	
1. Villarino	a 1.53 a b	b 14.1 a	c 5.43 a	42.81 a
15. Tornquist	a 1.28 a b c	b 7.9 b	a 2.3 b	24.43 b
9. Puán	a 2.58 a	b 6.46 b c	a 1.43 b c	23.35 b
17. Bahía Blanca	a 1.70 a b	b 6.43 b c	a 1.61 b c	20.57 b c
13. Tornquist	a 2.09 a b	b 4.83 c d e f	a 1.77 b c	20.40 b c
6. Puán	a 1.53 a b	b 5.56 c d	a 2.01 b c	20.17 b c
18. Bahía Blanca	a 1.26 a b c	b 5.23 c d e	a 1.86 b c	18.08 c d
14. Saavedra	a 1.90 a b	b 4.76 c d e f	a 1.34 b c	16.87 c d e
11. Puán	a 1.33 a b c	b 3.66 e f a	a 1.45 b c	15.26 d e
8. Puán	a 1.44 a b c	b 4.13 d e f	a 1.51 b c	15.21 d e
7. Puán	a 1.14 a b c	b 3.30 f g h	a 1.55 b c	14.18 d e
10. Puán	a 0.85	b 3.40 f g h	a 1.63 b c	14.05 d e
2. Villarino	a 1.83 a b	b 3.30 f g h	a 0.89 b c	13.21 e f
3. Villarino	a 1.14 a b c	b 3.43 f g h	a 1.03 b c	13.08 e f
16. Bahía Blanca	a 0.00 c	b 2.03 h i	b 2.05 b c	9.82 f g
12. Hucal	a 0.00 c	b 2.23 g h i	b 2.11 b c	8.46 g
5. Villarino	a 0.82 b c	a 1.70 i	a 0.68 c	8.24 g
4. Villarino	a 0.72 b c	a 1.73 i	a 0.63 c	8.23 g

1 Cortes parciales realizados sobre 5 cm de altura. Las letras del lado derecho comparan verticalmente los suelos entre sí. Las del lado izquierdo horizontalmente los cortes dentro de cada suelo.

2 Sumatoria de los tres cortes parciales y los 5 cm basales.

— Dentro de las comparaciones los promedios con letras distintas son significativamente diferentes.

das en los primeros lugares con correlaciones múltiples altas. La determinación de algunas correlaciones simples entre variables independientes y de éstas con variables dependientes coadyuvaron a interpretar algunos resultados.

Se realizaron varios análisis de regresión múltiple entre los que se seleccionaron dos. Uno incluye todos los suelos y la secuencia de variables fue: nitrógeno total, nitrógeno de nitratos, porcentaje de sodio intercambiable, magnesio intercambiable, humedad equivalente, arcilla, carbono orgánico, relación C/N, arena, pH, calcio y potasio ( $R = 0.95$ ). Debido a la presencia del magnesio y para determinar si la misma se debía al efecto provocado por el suelo 16 que presentó un nivel muy superior de ese catión con respecto al de otros suelos, se realizó otro análisis sin ese suelo obteniéndose la siguiente secuencia de variables: nitrógeno total, nitrógeno de nitratos, conductividad eléctrica, arcilla, limo, relación C/N, porcentaje de sodio intercambiable, pH, carbono orgánico, sodio, relación de absorción de sodio y humedad equivalente ( $R = 0.97$ ). La exclusión del magnesio apoya la hipótesis anterior.

A continuación se discuten las relaciones encontradas entre la biomasa total y las variables edáficas en el análisis que incluye todos los suelos.

### 1. Nitrógeno total

Los suelos incluidos en esta experiencia tuvieron niveles de nitrógeno total, considerados medios y bajos en la región, ya que el suelo 1 presentó el mayor contenido con 0.21% y el suelo 5 el menor con 0.03% (Cuadro 2).

En el Cuadro 4 puede observarse que esta variable fue la más importante en correlaciones múltiples. Esto corrobora la importancia del nitrógeno sobre el rendimiento del pasto llorón, determinado anteriormente en otros estudios (15, 25). Por otra parte el nitrógeno total tuvo en los 18 suelos estudiados un menor coeficiente de variación con respecto a las otras propiedades estudiadas.

El suelo 1 presentó un contenido de nitrógeno total muy superior al resto de los suelos y su rendimiento fue prácticamente el doble al del suelo 15, que le siguió en importancia.

En el Cuadro 5 se observa que durante el primer corte se produce la correlación simple más baja entre rendimiento y nitrógeno total. La variable mejor correlacionada con el rendimiento de este corte fue el pH ( $r = 0.70$ ) significativa al nivel del 1% de probabilidad. Durante el segundo corte la producción de ma-

Cuadro 4. Correlaciones múltiples entre la biomasa aérea total y las variables significativas de suelos ( $P \geq 0.05$ ).

Orden de selección de variables	Biomasa aérea total		(g mat. seca/maceta)	
	con todos los suelos		sin suelo No. 16	
	Variable	R	Variable	R
1°	Nt	0.67	Nt	0.71
2°	NO <sub>3</sub> -N	0.78	NO <sub>3</sub> -N	0.80
3°	PSI	0.82	CE	0.87
4°	Mg	0.84	Arc.	0.89
5°	HE	0.87	Limo	0.91
6°	Arc.	0.90	C/N	0.93
7°	CO	0.91	PSI	0.94
8°	C/N	0.92	pH	0.94
9°	Arena	0.93	CO	0.95
10°	pH	0.94	Na	0.96
11°	Ca	0.94	RAS	0.96
12°	K	0.95	HE	0.97

Biomasa aérea total (con todos los suelos)

$$y = 31.31 + 499.1 (Nt) + 0.37 (NO_3-N) - 0.58 (PSI) - 3.47 (Mg) + 0.65 (HE) - 2.56 (Arcilla) - 47.55 (CO) + 3.60 (C/N) - 0.86 (Arena) + 4.88 (pH) + 0.35 (Ca) - 1.40 (k)$$

$$R = 0.95$$

Biomasa aérea total (sin suelo No. 16)

$$y = -56.44 + 590.4 (Nt) + 0.24 (NO_3-N) - 5.57 (CE) - 1.31 (Arcilla) + 0.71 (Limo) + 4.48 (C/N) - 0.11 (PSI) + 4.43 (pH) - 48.88 (CO) + 2.53 (Na) - 7.17 (RAS) - 0.24 (HE)$$

$$R = 0.97$$

Cuadro 5. Coeficientes de correlación simple entre Nt y NO<sub>3</sub>-N con la biomasa aérea total y parcial.

Biomasa	Nt (%)	NO <sub>3</sub> -N
Aérea total (1)	0.83 (P ≥ 0.01)	0.81 (P ≥ 0.01)
Aérea parcial a los: (2)		
75 días	0.48 (P ≥ 0.05)	0.18 N.S. (x)
150 días	0.80 (P ≥ 0.01)	0.81 (P ≥ 0.01)
225 días	0.71 (P ≥ 0.01)	0.86 (P ≥ 0.01)

1 Rendimiento acumulado de los tres cortes más 5 cm bases.

2 Edad de las plantas en las que se efectuaron cortes sobre los 5 cm de altura.

(x) N.S. No significativo.

teria seca fue la más alta del ensayo y se produjo la mayor correlación simple del rendimiento parcial con el nitrógeno total. Durante el tercero la correlación disminuye. Esto podría explicarse por el agotamiento del nitrógeno de los suelos.

## 2. Nitrógeno de nitratos

Esta fue la segunda variable seleccionada en correlaciones múltiples. Tanto el nitrato como el amonio tienen marcada importancia en la nutrición vegetal. En general las plantas utilizan el nitrógeno en forma de nitratos ya que este puede ser acumulado sin efectos perjudiciales, aunque esto se ve afectado por otras variables como por ejemplo pH (2).

A su vez, Grossman y Gresswell (12) encontraron que la cantidad de dióxido de carbono asimilado por pasto llorón era mayor en presencia de nitratos que de amonio.

La correlación simple encontrada entre el nitrógeno total y el nitrógeno de nitrato ( $r = 0.67$ ), significativa al nivel del 1% de probabilidad, explicaría en parte la inclusión de esta variable en la ecuación de regresión.

En el Cuadro 5 se observa que las correlaciones simples entre nitrógeno de nitrato y los rendimientos aéreos parciales y totales fueron similares a los obtenidos con nitrógeno total.

El contenido de nitratos en los suelos de este experimento presentó gran variación, como puede apreciarse en el Cuadro 2. Es posible que ello haya dismi-

nuido su correlación con nitrógeno total y con los rendimientos, pero su inclusión en la ecuación ratifica su importancia.

## 3. Porcentaje de sodio intercambiable

Es conocido el efecto negativo del alto porcentaje de sodio intercambiable en la productividad de los distintos cultivos. El exceso de sodio provoca deficiencia de otros cationes, entre ellos calcio y magnesio (1).

En el presente ensayo los suelos 4, 5 y 12 presentaron un alto porcentaje de sodio intercambiable y sus rendimientos fueron los más bajos del experimento. De esta forma se confirma la poca tolerancia de esta especie a los altos valores de sodio intercambiable (4, 18).

## 4. Magnesio intercambiable

Esta variable provocó un pequeño aumento en el coeficiente de correlación múltiple.

Es conocido que la presencia de sales de magnesio en substrato produce una mayor toxicidad que la concentración de otras sales solubles (5).

Black (1) señala que el magnesio presenta un efecto perjudicial específico que no comparten ni el sodio ni el calcio, y que la presencia de sales de magnesio induce un menor rendimiento por parte de las especies estudiadas.

El suelo No. 16 presentó un contenido de magnesio muy superior a los restantes suelos. Esto pudo ser la causa de su pobre rendimiento, uno de los menores del ensayo.

## 5. Humedad equivalente

El efecto de esta propiedad, que representa la fracción de agua útil para las plantas, fue limitado ya que seleccionada en quinto lugar en correlaciones múltiples provocó un pequeño aumento en el coeficiente de correlación.

Farrington (8), en un estudio realizado en pasto llorón, concluyeron que el rendimiento de este está fuertemente correlacionado con la altura de la napa freática. La escasa importancia de esta variable en el presente ensayo se explica porque el agua no fue limitante.

## 6. Arcilla

En zonas áridas y semiáridas los suelos de textura gruesa presentan mejores condiciones físicas para el

desarrollo de las plantas que los suelos de textura fina porque estos poseen una mayor capacidad de retención hídrica (28)

El porcentaje de arcilla, incluida en sexto lugar en la correlación múltiple, tuvo poca influencia en el coeficiente de correlación, siendo su signo negativo.

#### **Análisis de regresión múltiple sin el suelo No. 16**

Cuando se realizó una nueva corrida sin el suelo No. 16, el magnesio fue reemplazado por arcilla, obteniéndose la ecuación indicada en el Cuadro 4.

La alta concentración de sales solubles, medida como conductividad eléctrica, presenta un efecto similar al alto contenido de sodio intercambiable sobre el rendimiento de los cultivos. Es conocido que las sales solubles producen efectos tóxicos en las plantas al aumentar su contenido en la solución del suelo y el grado de saturación de los materiales intercambiables del suelo con sodio intercambiable. Es decir que tanto los suelos salinos como los sódicos afectan la productividad de igual manera (5). Por ello y por el alto coeficiente de correlación simple ( $r = 0.80$ ), significativo al nivel del 1% de probabilidad, de sodio intercambiable y conductividad eléctrica podría explicarse la substitución de una variable por otra en esta segunda ecuación.

En el Cuadro 4 puede apreciarse que las variables restantes han tenido un reducido efecto sobre el coeficiente de correlación múltiple.

#### **Ecuaciones de regresión múltiple para la biomasa aérea total**

En el Cuadro 4 se observa que las variables incluidas en ambas ecuaciones varían muy poco y que los coeficientes de correlación múltiple acumulados son prácticamente iguales, con un ajuste levemente superior en la ecuación sin el suelo No. 16.

La variación de los coeficientes a partir de la tercera o cuarta variable son de poca trascendencia dado su escaso aporte predictivo.

Debido a que la determinación de algunas variables presenta una metodología compleja y además teniendo en cuenta el alto costo de los reactivos y el tiempo que implica la medición de las mismas, a los fines prácticos no se justifica considerar más que las primeras 4 variables en la ecuación que incluye a todos los suelos y de las 3 primeras en la ecuación sin el suelo No. 16.

#### **1. Ecuación con todos los suelos**

$$\begin{aligned} \text{Biomasa aérea total (g. mat. seca)} = \\ 12.76 + 46.36 (\text{Nt}) + 0.212 (\text{NO}_3 - \text{N}) - 0.120 (\text{PSI}) \\ - 0.467 (\text{Mg}) \quad R = 0.84 \end{aligned}$$

El porcentaje de sodio intercambiable y el magnesio intercambiable revelan por su signo el efecto negativo que ambos cationes tienen sobre el rendimiento.

#### **2. Ecuación sin el suelo 16**

$$\begin{aligned} \text{Biomasa aérea total (g. mat. seca)} = \\ 17.65 + 66.98 (\text{Nt}) + 0.157 (\text{NO}_3 - \text{N}) \\ - 3.016 (\text{C.E.}) \quad R = 0.87 \end{aligned}$$

En este caso la conductividad eléctrica fue incluida con signo negativo confirmando el efecto depresivo que el exceso de sales tiene sobre el rendimiento del pasto llorón.

Las ecuaciones de estimación de rendimiento son aplicables en suelos cuyas propiedades edafológicas posean valores del orden de magnitud de los estudiados. De esta manera, los rendimientos calculados serán comparables con los obtenidos en el presente ensayo.

#### **Correlaciones simples entre altura de las plantas y rendimientos**

La mayor correlación entre el rendimiento y altura de las plantas (Cuadro 6) se encontró en el primer corte ( $r = 0.89$ ). En los restantes cortes la correlación disminuyó, obteniéndose para el segundo y tercer corte valores de  $r = 0.69$  y  $r = 0.58$ , significativos al nivel de 1% y 5% de probabilidad respectivamente.

Esta correlación decreciente responde a la capacidad de macollaje del pasto llorón, ya que luego de efectuados los cortes se favoreció el crecimiento lateral en detrimento del vertical.

Por último, la correlación entre altura al primer corte y rendimiento total fue baja ( $r = 0.40$ ), no significativa al nivel de 5% de probabilidad.

Estos resultados sugieren que en pasto llorón la altura, el primer corte no es un buen estimador de los rendimientos finales, como en cambio se determinó en algunas forrajeras arbustivas (12, 17).

#### **Biomasa aérea total observada y calculada**

Los rendimientos observados y calculados con las ecuaciones que incluyen todos los suelos y la que

Cuadro 6. Altura promedio de los tres cortes.

Suelo y partido	Altura parcial en cada corte (cm)		
	25 Nov. 1979	5 Feb. 1980	18 Abr. 1980
1. Villarino	13.12	30.00	31.00
2. Villarino	18.44	25.00	23.00
3. Villarino	15.26	21.00	26.60
4. Villarino	10.63	22.20	23.30
5. Villarino	12.63	21.40	23.00
6. Puán	16.10	26.80	29.30
7. Puán	16.73	23.90	24.60
8. Puán	16.06	24.00	24.00
9. Puán	19.63	26.20	20.30
10. Puán	16.10	20.00	28.30
11. Puán	16.53	24.50	28.60
12. Hucal	5.00	23.30	29.00
13. Torquinst	18.96	24.30	27.60
14. Saavedra	16.53	25.20	28.60
15. Torquinst	15.30	25.70	26.60
16. Bahía Blanca	4.40	26.60	28.60
17. Bahía Blanca	17.63	24.10	22.60
18. Bahía Blanca	16.33	27.20	29.60

omite el suelo No. 16 se encuentra en los Cuadros 7 y 8, respectivamente. En ambos se comparan los rendimientos de la biomasa aérea total observados y calculados con las ecuaciones respectivas, a los efectos de determinar el grado de ajuste entre ambos rendimientos.

El coeficiente de correlación múltiple del Cuadro 8 es sólo ligeramente más alto que el del Cuadro 7 pero igualmente se puede observar que, en general y como era de esperar, en aquel hay mejor ajuste entre valores observados y calculados. El porcentaje de error relativo es un índice del grado de precisión con que se puede calcular el rendimiento total en cada suelo.

### Conclusiones

En las ecuaciones de regresión múltiple la inclusión de nitrógeno total y nitrógeno de nitratos en primero y segundo lugar, respectivamente, ratifica la importancia que tiene ese nutrimento sobre el rendimiento del pasto llorón.

Por el contrario, el porcentaje de sodio intercambiable y el magnesio intercambiable, seleccionados en tercer y cuarto lugar en la ecuación que incluye todos los suelos, deprimen los rendimientos. Una influencia también negativa sobre los rendimientos tiene la conductividad eléctrica, que aparece en tercer lugar en la ecuación sin el suelo No. 16.

Debido al escaso incremento del coeficiente de regresión múltiple a partir de la cuarta variable selección

Cuadro 7. Rendimientos de la biomasa aérea total (g de mat. seca) observados y calculados (todos los suelos).

Suelo No.	Biomasa total		Error relativo %
	Observada	Calculada (1)	
1	42.81	42.88	0.16
15	24.43	17.48	-28.44
9	23.35	23.38	0.12
17	20.57	17.00	-17.35
13	20.40	19.65	-3.67
6	20.17	15.80	-21.66
18	18.08	15.13	-16.31
14	16.87	18.39	9.01
11	15.26	15.12	-0.91
8	15.21	17.06	12.16
7	14.18	16.79	18.40
10	14.05	17.78	25.54
2	13.21	15.89	20.28
3	13.08	16.27	24.38
16	9.82	12.21	24.33
12	8.46	8.23	-2.72
5	8.24	6.36	-22.82
4	8.23	11.05	34.26

$$1 Y = 12.76 + 46.36 (Nt) + 0.212 (NO_3-N - 0.220 (PSI) - 0.467 (Mg) R = 0.84.$$

Cuadro 8. Rendimientos de la biomasa aérea total (g de mat. seca) observados y calculados. (Sin suelo No. 16).

Suelo No.	Biomasa total		Error relativo %
	Observada	Calculada (2)	
1	42.81	42.45	-0.84
15	24.43	19.99	-18.17
9	23.35	24.21	3.68
17	20.57	19.92	-3.16
13	20.40	19.36	-5.10
6	20.17	17.30	-14.22
18	18.08	14.82	-18.03
14	16.87	17.11	1.42
11	15.26	12.80	-16.12
8	15.21	17.21	13.15
7	14.18	15.48	9.17
10	14.05	20.03	42.56
2	13.21	12.49	-5.45
3	13.08	15.34	17.28
12	8.46	7.99	-5.56
5	8.24	7.82	-5.10
4	8.23	12.39	50.55

$$2 Y = 17.65 + 66.98 (Nt) + 0.157 (NO_3-N) - 3.016 (CE) \\ R = 0.87$$

nada en el análisis que incluyó todos los suelos, y de la tercera variable en la ecuación sin el suelo No. 16, además de razones de orden práctico y económico que implican los análisis adicionales, se aconseja la inclusión de las primeras cuatro variables seleccionadas para la ecuación que incluyó todos los suelos y las tres primeras en la ecuación sin el suelo No. 16.

Las ecuaciones obtenidas se podrán utilizar solamente en aquellos casos en que las propiedades de los suelos a estudiar presenten valores comprendidos dentro del intervalo de los analizados en este ensayo.

La altura de las plantas al primer corte, a los 75 días de crecimiento, no fue un buen estimador de los rendimientos relativos entre distintos suelos.

### Resumen

En el presente experimento se estudiaron las relaciones entre el rendimiento del pasto llorón y las más importantes propiedades edáficas de 18 suelos de una amplia zona que comprende los partidos de Bahía Blanca, Villarino, Puán y Saavedra en la provincia de Buenos Aires, y el departamento de Hucal en la provincia de La Pampa.

Se trabajó en macetas con un contenido neto de suelo de 1.5 a 3.5 kg y 3 plantas en cada una. El diseño empleado fue en bloques al azar con tres repeticiones. Se realizaron tres cortes con un lapso de 75 días entre cortes y se determinó el rendimiento de materia seca en gramos por maceta.

Las propiedades de suelos analizadas fueron: nitrógeno total, carbono orgánico, materia orgánica, calcio, magnesio, potasio y sodio intercambiables, porcentaje de sodio intercambiable, relación de absorción de sodio, capacidad de intercambio catiónico, fósforo asimilable, nitrógeno de nitratos, relación carbono nitrógeno, textura, pH, humedad equivalente y conductividad eléctrica. La incidencia de estas variables sobre el rendimiento se analizó mediante regresión múltiple paso a paso.

Las variables edáficas significativamente asociadas con la biomasa aérea total en correlaciones múltiples en orden de importancia fueron: nitrógeno total, nitrógeno de nitratos, porcentaje de sodio intercambiable, magnesio intercambiable, humedad equivalente, arcilla, carbono orgánico, relación carbono nitrógeno, arena, pH, calcio y potasio ( $R = 0.95$ ). El magnesio intercambiable fue incluido debido al efecto provocado por el suelo No. 16 que presentó un contenido de este catión muy superior al del resto de los suelos. Realizado un nuevo análisis de regresión múltiple sin ese suelo se obtuvo la siguiente secuencia de variables: nitrógeno total, nitrógeno de nitratos, conductividad eléctrica, arcilla, limo, materia orgánica, relación carbono nitrógeno, porcentaje de sodio intercambiable, y relación de absorción de sodio ( $R = 0.97$ ).

Con fines predictivos se recomienda considerar sólo las primeras cuatro variables en la ecuación que incluye todos los suelos y las tres primeras en la ecuación sin el suelo No. 16.

### Literatura citada

1. BLACK, C. A. Soil-plant relationships. 2ed. New York, Wiley, 1968. 792 p.
2. BREMMER, J. M. Soil nitrogen. In Black, C. A., ed. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 1 149-1 178.
3. DALRYMPLE, R. L. Weeping lovegrass management. Ardmore, Oklahoma, The Noble Foundation, 1969. 39 p.
4. DRAPER, N. R. y SMITH, H. Selecting the "best" regression equation. In

- Applied regression analysis New York, Wiley, 1966. Chapter 6.
5. FAGIOLI, M. Modalidades de utilización del agua profunda por un cultivo de pasto llorón (*Eragrostis curvula* Nees) en un suelo regosol de la región semiárida pampeana. Revista de Investigaciones Agropecuarias. Serie 3: Clima y Suelo (Argentina) 9(2): 61-70. 1972.
  6. FARRINGTON, P. y CAMPBELL, N. A. Properties of deep sandy soils and the growth of lovegrass (*Eragrostis curvula* (Schrad) Nees). Australian Journal of Soil Research 8:123-132. 1970.
  7. FARRINGTON, P. The seasonal growth of lovegrass (*Eragrostis curvula*) on deep sandy soil in a semi-arid environment. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 13:282-288. 1973.
  8. FARRINGTON, P. Effects of nutrient supply on the seasonal growth of *Eragrostis curvula* on deep sandy soils in semi-arid environment. CSIRO. Field Station Report. Division of Plant Industries 12:55-64. 1973.
  9. FORSYTHE, W. Física de suelos. San José, Costa Rica, IICA, 1975. pp. 46-49. (IICA. Libros y Materiales Educativos No. 25)
  10. GARGANO, A. Influencia de algunas variables de suelos del Norte Chico, en el crecimiento inicial de *Atriplex repanda* (Phil). Tesis Mag. Sc. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Agronomía, 1978. 73 p.
  11. GLAVE, A. Balance de agua en la región semiárida de la provincia de Buenos Aires. Bordenave, Argentina. Estación Experimental Agropecuaria. Comunicación 1972.
  12. GROSSMAN, D y GRESSWELL, C. The influence of nitrate and ammonia nitrogen on the photosynthetic and photorespiratory activity of selected highveld grasses exhibiting C-4 photosynthesis. Proceedings of the Grassland Society of Southern Africa 9:89-94. 1974.
  13. HOLT, E. y DALRYMPLE, R. Seasonal patterns of forage quality of weeping lovegrass cultivars. Agronomy Journal 71:59-62. 1979.
  14. KRUGER, J. A. The effect of winter burning and mowing on seasonal herbage yield of *Eragrostis curvula* (Schrad) Nees. Proceedings of the Grassland Society of Southern Africa 9:117-122. 1974.
  15. LAILHACAR KIND, E. S. Effect of soil parameters on the components of biomass production in *Atriplex polycarpa* (Torr.), Wats., and *Atriplex repanda* Phil. Ph.D. Tesis. Davis, University of California, 1976. 57 p.
  16. LAVADO, R., PASCUALI, J., HEVIA, R. y FRIGERIO, F. Contribución al conocimiento de la tolerancia a las sales de algunas especies cultivares de pasto llorón. IDIA (Argentina) Suplemento No. 33:693-695. 1976.
  17. LAYA, H. y BARNES, R. Cartografía de suelos y sus relaciones genéticas. Areas de médanos (Buenos Aires). In V Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Santa Fe, Argentina, 1979. pp. 286-294.
  18. LAYA, H. Gira para el reconocimiento de suelos en los partidos de Bahía Blanca, Tornquist y Coronel Pringles. Bahía Blanca, Argentina, Universidad Nacional del Sur, Departamento de Agronomía, Instituto de Edafología e Hidrología, 1973. (Tirada interna).
  19. LUQUE, J. A. y PAOLONI, J. D. Manual de operación de riego. Buenos Aires, Argentina, Ed. Riagro, 1974. 160 p.
  20. MAHENDRAPP, M. K. Determination of nitrate nitrogen in soil extracts using a specific ion activity electrode. Soil Science 108:132-136. 1969.
  21. OLSEN, S. R. y DEAN, L. A. Phosphorus. In Black, C. A., ed. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. Part 2, pp. 1 035-1 049.
  22. RICHARDS, L. A., ed. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Trad. U.S. Department of Agriculture. Manual No. 60. 1954. 172 p.
  23. SCOPPA, C. y ZALAZAR LEA PLAZA, J. Centro de Investigación de Recursos Naturales (Sección Suelos). Castelar, Argentina, INTA, 1979. (Comunicación personal).

24. STUBBIENDIECK, J. Effect of pH on germination of three grass species. *Journal of Range Management* 27:78-79. 1974.
25. VERA, R., TORREA, M. B., PAPIER, U. M., MENVIELLE, E. E. y TEMPLETON, W. C. Respuesta del pasto llorón (*Eragrostis curvula* (Schrad) Nees a la fertilización. II. Digestibilidad *in vitro* y rendimiento de materia seca digestible. *Revista de Investigaciones Agropecuarias. Serie 2: Biología y Producción Vegetal* (Argentina) 10(3):83-88. 1973.
26. WALKLEY-BLACK. Materia oxidable mediante el ácido crómico con  $H_2SO_4$ . In Jackson, M. L. *Análisis químico de suelos*. Barcelona, Omega, 1964. pp. 300-304.
27. WRIGHT, D. L., BLASER, R. E. y WOODRUFF, I. M. Seedling emergence as related to temperature and moisture tension. *Agronomy Journal* 70(5):709-712. 1978.
28. YANKOVITCH, L. y BERTHELOT, P. Enracinement de l'olive et des autres arbres fruitiers dans le sud de la Tunisie. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie d'Agriculture de France* 34:774-776. 1948.

UNA METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION DE PROBABILIDADES DE LLUVIA POR  
PROCEDIMIENTOS CUANTITATIVOS, EN PUNTOS CARENTES DE REGISTROS, SIN EL  
ANALISIS ESPACIAL TRADICIONAL. ESTUDIO DE UN CASO:  
ESTADO FALCON, VENEZUELA<sup>1</sup> /

JAVIER GARCIA BENAVIDES\*

Summary

*This article includes a method to estimate rain probabilities in points in Falcon State, Venezuela, defined by its geographical coordinates using a desk micro-computer.*

*The steps are as follows. selection of the best fit probability distribution, correction of parameters in function of the length of the historical series, error studies in short series, selection of empirical models to make estimations, statistical tests to validate the system, comparisons between historical and simulated series, and others. An important step during validation and verification is the comparison of the results with those calculated by conventional techniques of isolines. This model substitutes the equivalent to 132 conventional maps of rain probability with acceptable precision.*

Introducción

**E**l conocimiento de las probabilidades de obtener niveles prefijados de precipitación, o de saber que niveles de lluvia corresponden a una probabilidad, dada son elementos indispensables en la toma de decisiones racionales y en la planeación de múltiples actividades. En el caso de la ecología aplicada a las actividades agrícolas, las técnicas y procedimientos modernos para la construcción de modelos de predicción de cosechas, el estudio de los riesgos de la producción y otros contemplan la introducción de las componentes estocásticas del proceso productivo. De estas componentes, juega un papel prioritario en regiones tropicales la precipitación (2, 5).

Bajo una situación de escasos recursos (logística y personal) un análisis espacial de isolíneas para la estimación de las probabilidades de lluvia, en puntos carentes de información, se presenta como complejo, dilatado y deficientemente manejable por la gran cantidad de mapas necesarios.

Se pretende en esta ocasión ampliar trabajos anteriores (2, 4), donde el análisis espacial se refería no ya a las isolíneas de probabilidad, las cuales pueden eliminarse, sino a isolíneas de los parámetros de una distribución de probabilidad de mejor ajuste. La ampliación pretendida, trata de eliminar también este último análisis espacial de parámetros, mediante procedimientos cuantitativos manejables en un micro-computador de mesa. De esta manera si consideramos 11 niveles de probabilidad (5, 10, 20, . . . 90, 95%) mensual, representarían  $11 \times 22 = 132$  mapas de isolíneas para estimar los niveles de lluvia correspondientes a estas probabilidades, en puntos carentes de registros, en función de una red de estaciones existente. El número de mapas necesario (132) puede reducirse a 36 (3 parámetros x 12 meses), en el caso de una distribución gamma (2, 4). Este volumen muy poco práctico de mapas es el que se pretende sustituir por mecanismos más ágiles y que traten en lo posible de imitar a la realidad, usando el criterio de distintos analistas (analizadores de mapas) como comparadores. Los procedimientos cuantitativos deben ir aparejados a la determinación de la mejor distribución de probabilidad que ajuste las series históricas, el error en series cortas de precipitación, la variabilidad interanalistas, gradientes topoclimáticos y otros. Lo anterior se efectúa para conformar una estructura metodológica eficiente y precisa,

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 28 de mayo de 1982.

\* Centro de Ecología y Zonas Áridas Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda". Coro, Venezuela.

o al menos bien ajustada, a la información histórica de la red de estaciones disponibles y que dicha estructura pueda ser utilizada en situaciones de recursos escasos (logística y personal), tanto a nivel de servicio como de investigación.

### Materiales y métodos

#### Datos

Los datos mensuales de las series históricas de precipitación de 73 estaciones climatológicas ubicadas en el Estado Falcón, Venezuela ( $10^{\circ} 30'$  y  $12^{\circ} 15'$  N y entre los  $68^{\circ} 15'$  y  $71^{\circ} 15'$  O) fueron facilitados por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Dichas estaciones presentan longitudes de serie entre 9 y 60 años de observación. En la evaluación se empleó un microcomputador de mesa de 16 k de memoria básica.

#### Etapas de la estructura metodológica

- a) Estudio del error en series cortas de precipitación.
- b) Estudio de las distribuciones continuas de probabilidad que presentan mejor ajuste.
- c) Cálculo para las estaciones del área de los parámetros de la distribución de mejor ajuste.
- d) Establecimiento de los métodos de interpolación para la estimación de los parámetros de la distribución de mejor ajuste para cualquier punto del área.
- e) Determinación del mejor método de interpolación, mediante la comparación con el análisis de isolinneas a través de varias pruebas estadísticas.
- f) Construcción del modelo computarizado para la estimación de las probabilidades de lluvia en cualquier punto del área.
- g) Comparación entre valores de precipitación a distintos niveles de probabilidad observados y calculados. Verificación y validación del modelo.

#### Distribuciones continuas de probabilidad

Los datos mensuales de precipitación fueron ajustados a 3 distribuciones probabilísticas: Normal, Log-Normal (Galton) y Gamma incompleta-truncada.

Estas distribuciones son las más comunes en cuanto a su aplicabilidad. La experiencia del uso y ajuste de tales distribuciones a distintas series de precipitación indica que la elección depende entre otros

factores del: a) régimen de lluvia; la b) longitud de la serie y c) el intervalo de tiempo considerado.

El intervalo de tiempo considerado (días, meses, etc.) es fundamental en una selección *a priori* de las distribuciones de ajuste. En general cuando existen ceros en la serie, ( $F(0) \neq 0$ ) suele ser conveniente el uso de una función gamma. Lo anterior ocurre para datos diarios de precipitación y aún semanales. A medida que el intervalo aumenta, un acercamiento a la normal es más evidente. Todo lo anterior dentro de un mismo régimen de lluvias; si este varía, también variará el patrón de comportamiento de las precipitaciones. Regímenes secos o meses secos dentro de regímenes húmedos presentan por lo general un mejor ajuste a la distribución gamma. Regímenes húmedos o meses lluviosos en regímenes secos evidenciarán por lo general un acercamiento a la normal.

Es conveniente aplicar la distribución de Galton cuando entre la variable y sus fluctuaciones existe una relación de proporcionalidad, ya que considera no variaciones absolutas sino relativas, es decir las variaciones de su logaritmo.

La transformación de Galton es:

$$z = b_0 + b_1 \log P_i$$

donde:  $P_i$  = precipitación,  $z$  = valor transformado de precipitación. A una curva simétrica en  $z$  le corresponde entonces una disimétrica en  $P_i$ ;  $z$  sigue la distribución normal y se calcula:

$$z = \frac{\log P_i / G}{\log \sigma_G}$$

donde:  $\log G = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log P_i$ ;  $G$  = media geométrica

$$\log \sigma_G = \sqrt{\frac{(\log P_i - \log G)^2}{n}}$$

Todas las operaciones posteriores se realizan como una distribución normal.

La distribución gamma incompleta-truncada utilizada tiene la siguiente función de repartición:

$$P(P \leq P_i) = F_0 + (1 - F_0) \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{P_i} x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad [1]$$

donde:  $\alpha$  = parámetro de forma  
 $\beta$  = parámetro de escala  
 $F_0$  = frecuencia empírica de valores igual a 0 en la serie  
 $P_s$  = valor estandarizado =  $\frac{P_i}{\beta}$   
 $P_i$  = valor de precipitación cuyo nivel de probabilidad se desea conocer

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx$$

$$\hat{\alpha} = \frac{1 + \sqrt{1 + (4/3)D}}{4D} \quad [2]$$

$$\alpha = (\hat{\alpha} - \Delta \hat{\alpha}) - E(\hat{\alpha} - \alpha)$$

$$D = \ln \frac{\bar{P} - 1}{n} \sum_{i=1}^n \ln P_i$$

$$\beta = \frac{\bar{P}}{\alpha}$$

$\Delta \hat{\alpha}$  y  $E(\hat{\alpha} - \alpha)$  = correcciones

**Correcciones al parámetro  $\alpha$**

El parámetro de forma  $\alpha$  se estimó con mayor precisión a través de dos correcciones:

$\Delta \hat{\alpha}$  = corrección debida al truncamiento que proviene de estimar  $\hat{\alpha}$  (2). Esta estimación se basa en el estudio del truncamiento en series de expansión (7, 11).

Dicha corrección es pequeña y presenta mayor importancia en valores pequeños de  $\alpha$ , estas correcciones ( $\Delta \hat{\alpha}$ ) son: 0.034, 0.025, 0.017, 0.012, 0.009, 0.005, 0.003 y 0 para  $\hat{\alpha} = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0$  y 5.6 respectivamente.

Corrección para eliminar el sesgo asintótico en función de la longitud de la serie  $E(\hat{\alpha} - \alpha)$  según León (7).

Este sesgo puede ser considerable en series de precipitación donde  $n < 10$ ; para valores de  $n > 25$ , el sesgo asintótico suele ser pequeño

$$E(\hat{\alpha} - \alpha) \approx (3\alpha - 0.677 + 0.11/\alpha + 0.032/\alpha^3)/(n-3) \quad [3]$$

para  $n \geq 4$  y  $\alpha \geq 1$

donde  $\alpha$  = parámetro de forma de la población y  $\hat{\alpha}$  = parámetro de forma estimado sin corrección.

Como  $\alpha$  no es conocido,  $E(\hat{\alpha} - \alpha)$ , se puede estimar aproximadamente:

$$E(\hat{\alpha} - \alpha) = 3\hat{\alpha}/n \quad [4]$$

así, para  $\hat{\alpha} = 2.0$  y  $n = 15$  se tendría,

$$\alpha = 2.0.003 - \frac{3 \times 2}{15} = 1.597$$

Si se sustituyen  $\alpha$  y  $n$  por sus valores en la ecuación [3] el valor de  $E(\hat{\alpha} - \alpha)$  encontrado, debería ser cercano al obtenido en la ecuación [4].

**Prueba de bondad de ajuste**

Es común usar la prueba de  $\chi^2$  para el establecimiento de la bondad de ajuste, sin embargo, esta prueba no es conveniente en muestras pequeñas (series), puesto que al dividir las en clases y efectuar el agrupamiento hay pérdida de información, disminuyendo la calidad de la comprobación entre valores observados y calculados. En el caso de muestras pequeñas, como pueden considerarse a las series de precipitación, debería tratarse de trabajar con los valores individuales. Una prueba que incluye lo anterior, es decir todas las observaciones, es la denominada *omega cuadrada* ( $\omega^2$ ) de Smirnov (2, 8). El estadístico está definido por:

$$\omega^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} [W(P) - F(P)]^2 dF(P) \quad [5]$$

con su fórmula de trabajo:

$$n\omega^2 = \frac{1}{12n} + \sum_{k=1}^n [F(P) - \frac{2k-1}{2n}]^2 \quad [6]$$

donde: P = valores de lluvia; F(P) = probabilidad acumulativa correspondiente a la distribución ajustada;  $W(P) = \frac{2k-1}{2n}$  = probabilidad empírica de la distribución acumulada y k = número de orden (1, 2, 3 ...) de una serie de n valores ordenada crecientemente.

La distribución de  $\omega^2$  es compleja (8, 9). Para el caso en que n sea suficientemente grande (> 40), su distribución es asintótica con valores críticos:

Prob	$n\omega^2$
0.5	0.1184
0.4	0.1467
0.3	0.1843
0.2	0.2412
0.1	0.3473
0.05	0.4614
0.01	0.7435

Es común usar el valor  $n\omega^2 = 0.166$  ( $\approx 35\%$ ) como límite para rechazar o aceptar la hipótesis de que una distribución  $F(P)$  se ajuste a la distribución empírica observada. Si  $n\omega^2 > 0.166$  se rechaza, es decir, no se obtuvo un buen ajuste con la distribución elegida y se acepta si  $n\omega^2 < 0.166$ .

### Error en series cortas de precipitación

El error en series cortas de precipitación en función de una serie larga se puede calcular:

$$e_k = \frac{\bar{P}_i - \bar{P}_n}{\bar{P}_n} \times 100$$

donde:  $e_k$  = error en porcentaje de la serie  $k$ ;  $\bar{P}_i$  = promedio de precipitación en una serie de  $i$  años y  $\bar{P}_n$  = total promedio normal.

asimismo,

$$\bar{e}_i = \frac{\sum_{k=1}^{nc} e_k}{nc}$$

donde:  $nc = n - (i - 1)$ ;  $\bar{e}_i$  = error promedio en % de todas las combinaciones posibles y consecutivas de series de  $i$  años dentro de la serie larga y  $n_c$  = número de combinaciones de  $i$  años en una serie larga.

La determinación de  $\bar{e}_i$  y de  $\sigma\bar{e}_i$ , permite establecer con criterio la aceptación o rechazo de una longitud de serie dada.

Algunas inferencias sobre la magnitud del error de la desviación estandar del mismo, en función del número de años de la serie corta, fueron hechas trabajando con la distribución empírica obtenida de los datos observados (serie larga).

Dentro de este aparte puede incluirse, la comprobación empírica de las correcciones indicadas en la prueba de bondad de ajuste. Dicha comprobación se realizó también en función de la distribución empírica de los datos observados en la serie larga.

### Preparación de cuadros

La tendencia común de presentar los niveles de lluvia y sus probabilidades de ocurrencia suele ser, mostrar por estación los valores de la lluvia observados con los niveles de probabilidad correspondientes. El cálculo de esos niveles de probabilidad se realiza con la expresión [1] y cualquier programa construido para la solución de integrales puede adaptarse incluyendo  $\Gamma(\alpha)$ . Sin embargo resulta casi siempre más práctico fijar niveles de probabilidad (5, 10, 20%, etc.) e indicar que valores de lluvia corresponden a esos niveles.

Para la distribución [1] no es posible resolver la ecuación por  $P(P \leq P_i)$ , ya que no se puede encontrar una transformación analítica inversa. Por lo tanto el cálculo de los niveles de lluvia que corresponden a una probabilidad dada pueden obtenerse, bien por interpolaciones sucesivas en [1] o con cuadros.

Con objeto de simplificar los cuadros originales (10), se construyeron, operando con [1], otros para los valores de  $\alpha$  de 0.3, 0.4, 0.5, ..., 1.5, 1.7, 1.9, ..., 2.5, 2.8, 3.1, ..., 4.0, 4.5, 5.0, ..., 8, 9, 10, ..., 15, los cuales denominaremos  $\alpha t$ .

Los cuadros indican los valores de los multiplicadores  $M$  correspondientes a los niveles de probabilidad del 5, 10, 20, 30, ..., 90, 95%.

Si se hace  $\alpha \approx \alpha t$ , es decir que seleccionada en el cuadro el valor más cercano al  $\alpha$  original se puede calcular:

$$\beta t = \frac{\alpha x \beta}{\alpha t}$$

Trabajando con  $\alpha t$  y  $\beta t$  en sustitución de  $\alpha$  y  $\beta$  los resultados son muy similares (1, 6).

El cálculo del nivel de lluvia correspondiente a una probabilidad dada y para un  $\alpha t$  dado, se efectúa:

$$P(0.5) = M(0.5) \times \beta t$$

donde por ejemplo  $P(0.5)$  y  $M(0.5)$  son la precipitación y el multiplicador correspondientes a un nivel de probabilidad del 50%.

De la misma manera un programa simple para la interpolación lineal aproximada entre los niveles sucesivos de probabilidad, también fue incorporado al modelo.

### Métodos de interpolación

Se utilizaron métodos de interpolación empíricos a 3 y 4 estaciones y la interpolación geométrica con isolíneas rectilíneas.

El método empírico de interpolación considera que los parámetros de un punto seleccionado son función de aquellos parámetros de las 2, 3, 4, etc., estaciones más cercanas y de las distancias entre el punto y dichas estaciones, su relación tiene la expresión:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n (\sum d/di \times pi)}{\sum_{i=1}^n (\sum d/di)} \quad [7]$$

donde:  $x$  = parámetro estimado del punto seleccionado;  $p_i$  = parámetro de la estación  $i$  ( $\alpha, \beta, F_{00}$ );  $n$  = número de estaciones utilizadas;  $d_i$  = distancia del punto a la estación  $i$  y  $\Sigma d$  = sumatoria de los  $d_i$ .

El procedimiento empírico anterior, tendrá una mayor solvencia estimativa si las estaciones que rodean al punto a estimar están bien distribuidas; es decir, de elegir 4 estaciones lo deseable sería que cada una ocupase un cuadrante distinto, considerando al punto como origen de coordenadas. De no ser así, aumentar o disminuir el número de estaciones empleadas en la estimación, parece como más lógico y conveniente. Para ayudar en esta decisión y visualizar la posición de las estaciones alrededor del punto se incluyó también en el modelo un programa simple para calcular el azimut entre el punto y cada una de las estaciones.

La interpolación geométrica se refiere al sistema tradicional de interpolaciones entre isolinéas rectilíneas que se configuran a partir de la unión de las estaciones entre sí, mediante líneas.

#### Análisis de isolinéas, comparación de resultados y verificación-validación

El análisis de isolinéas se llevó a cabo por procedimientos tradicionales de laboratorio sinóptico, para el trazado de cartas de tiempo. Para tal fin se seleccionaron dos áreas de 10.00 km<sup>2</sup> (escala 1:250.000) y un determinado mes. Las áreas presentan, una gradiente climatológica bien definida con regular a buena densidad de estaciones y otra una gradiente más difusa con baja densidad. Las áreas se parametrizaron en "puntos", cada punto corresponde a un cuadrado de 6' de lado ( $\approx 11$  km). El parámetro a analizar fue  $\alpha$ . Las cartas fueron enviadas a 5 profesionales con licenciatura en Meteorología y/o Agricultura y postgrado en Agroclimatología, Climatología y/o Ecología, todos con conocimientos de trazado de isolinéas, pero este no es su trabajo más frecuente. El objeto de seleccionar como analistas a profesionales que no tienen esta actividad como frecuente se debe a que se consideró a tipo de profesional como el más común en universidades e instituciones de investigación dentro de las especialidades de climatología y ecología en regiones donde imperan recursos escasos (logística y personal). Dentro de las cartas analizadas se obtuvo por interpolación de isolinéas los valores de  $\alpha$  estimados para distintos puntos tomados al azar en las 2 áreas. La variabilidad interanalistas, así como diferencias entre métodos de interpolación y analistas. La capacidad estimativa de los métodos, se calculó por procedimientos estadísticos, como la diferencias entre parejas de valores de  $\alpha$  (datos apareados), prueba de  $t$ , coeficiente de corre-

lación, diferencias entre valores de precipitación observados y estimados, diferencias entre coeficientes de regresión y ordenadas en el origen de las rectas ajustadas, entre valores observados y estimados, diferencias promedio entre los niveles de probabilidad observados y aquellos estimados, diferencias entre series históricas y aquellas simuladas en función de los parámetros estimados.

Esta última consiste en comparar por algún estadístico adecuado, la bondad de ajuste existente entre una serie histórica y su correspondiente simulada. Para ello se utilizó la ecuación [5], pero con las variantes:

$W(P)$  = Probabilidad acumulada proveniente de una distribución gamma ajustada con la serie simulada a partir de los parámetros de la función gamma estimados por [7].

$F(P)$  = Probabilidad acumulada proveniente de una distribución gamma ajustada con la serie histórica.

Esta prueba considera que la serie histórica se ajusta sin error a una distribución probabilística dada.

La simulación de valores pertenecientes a una función gamma que tenga por parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  estimados por un método de interpolación, puede ser:

$$S1 = \mu_1^{1/\alpha}$$

$$S2 = \mu_2^{1/(1-\alpha)}$$

si se cumple  $S1 + S2 \leq 1$  entonces:

$$\begin{aligned} Z &= S1 / (S1 + S2) \\ Y &= Z \ln(\mu_3) / \beta \end{aligned} \quad [8]$$

donde:  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  = números aleatorios independientes en el intervalo (0,1) y  $Y$  = número proveniente de una función gamma de parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  en este caso  $\beta = \alpha/\bar{x}$ . Si se cumple que  $S1 + S2 > 1$ , se comienza otra vez. Lo anterior es válido para  $\alpha \leq 1$ ; si  $\alpha > 1$  y entero, los valores simulados se calculan:

$$Y' = -\sum_{i=1}^{\alpha} \ln(\mu_i) / \beta \quad [9]$$

En el caso más frecuente que  $\alpha$  no sea entero y mayor que 1. Los valores simulados ( $Y$ ) se encuentran por adición de [8] y [9]. Por ejemplo, si  $\alpha = 5.2$ ; puede simularse la serie trabajando con  $\alpha = 5$  en [9] y  $\alpha = 0.2$  en [8], para el mismo valor de  $\beta$ . Los valores  $Y$  e  $Y'$  se suman (7).

El modelo de estimación

En la Figura 1 puede observarse el diagrama del modelo generado, para la estimación de probabilidades de lluvia en cualquier punto del área. El modelo precisa conocer la latitud y la longitud del punto deseado. Con estos valores y el archivo de datos básicos (73 estaciones + 2 puntos auxiliares) calcula las distancias del punto a todas las estaciones y las ordena de menor a mayor; asimismo, calcula los azimuts de cada estación considerando al punto como origen de coordenadas. De estos resultados se infiere que método de interpolación a seguir, es decir, cuantas estaciones (2, 3 ó 4) intervendrán en la estimación de  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $F(o)$ . Una vez conocidos los parámetros anteriores, la distribución probabilística puede definirse y por lo tanto calcular los niveles de lluvia correspondientes a probabilidades prefijadas. Esto último puede realizarse a través de la función de repartición o de cuadros contenidos en el archivo. Más detalles acerca del modelo se indican en la presentación de resultados.

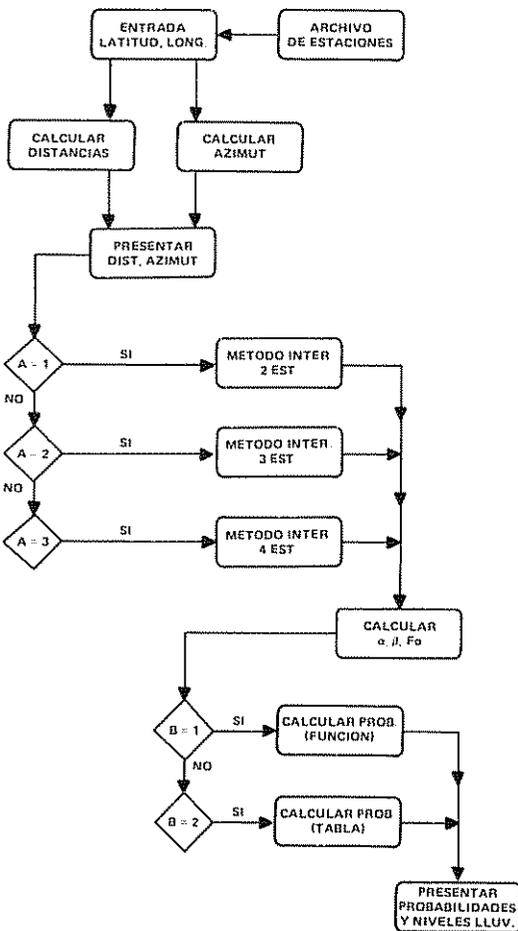


Fig. 1. Diagrama del modelo de estimación.

Resultados y discusión

Distribución probabilística de mejor ajuste

Considerando la población total (12 meses y 73 estaciones), se observa que la distribución gamma utilizada, presenta (Cuadro 1) el valor promedio más bajo (mejor ajuste) para el estadístico de Smirnov (0.051), una desviación estandar aceptable (0.066) y sólo en el 4.2% de los casos la bondad del ajuste se rechaza ( $n\omega^2 \geq 0.166$ ). En Falcón, a pesar de existir zonas subhúmedas y húmedas, éstas son inferiores en extensión a la áridas y semiáridas; por lo tanto, en conjunto, un mejor ajuste de la función gamma, aún a nivel mensual, se presenta como lógico. La distribución normal presenta un alto número relativo de casos donde el rechazo es evidente (12.86%).

La transformación logarítmica de Galton presentó valores intermedios. La distribución gamma debe entonces seleccionarse.

Comparación de las series largas contra series cortas

Error promedio y límites de significación de series cortas.

Como ilustración, para resumir los resultados se presentan algunos valores obtenidos en la comparación de series cortas y largas. Utilizando como patrón a la estación Coro, la cual posee una serie de 60 años de observación y está situada en un área de escasas precipitaciones ( $\approx 420$  mm/año).

En el Cuadro 2 (a) se indican como ejemplo (Coro, noviembre) los valores del error promedio en valor absoluto ( $|\bar{e}|$ ) y de la desviación de dichos errores ( $\sigma_e$ ) de una serie de  $i$  años, comparándola con la serie normal (60 años). Un buen modelo de ajuste es:

$$|\bar{e}| = 49.041 - 11.166 \ln i \quad r^2 = 0.979$$

Así una serie de 10 años presenta un error del 23.4%. Estos valores, por la condición árida de Coro,

Cuadro 1. Valores promedio y desviación estándar del estadístico de Smirnov y % de casos de rechazo para las tres distribuciones en juego, considerando 12 meses y 73 estaciones.

	L	LN	$\gamma$
$n\omega^2$	0.102	0.066	0.051
$\sigma n\omega^2$	0.094	0.063	0.066
$n\omega^2 \geq 0.166$	12.86	8.52	4.20 %

son más altos que los que se encuentran generalmente en estaciones con regímenes húmedos y subhúmedos, los cuales se sitúan alrededor de 7% en Venezuela (3). Los intervalos cortos de series históricas en regiones áridas y semiáridas sesga las inferencias derivadas de ellas, con mayor intensidad que aquellas de regiones húmedas y subhúmedas.

En el Cuadro 2 (b) se indican las probabilidades de que una serie de  $i$  años, al azar, tenga un error mayor que uno considerado como límite. Para una serie de 10 años y fijando un error de  $\pm 15\%$ , se encuentra que en el 58.5% de los casos, el error es  $> 15\%$  y  $< -15\%$ , por lo tanto en un 41.5% de los casos, se detectará un error dentro de los límites escogidos ( $\pm 15\%$ ).

Los límites de significación aproximados pueden extractarse del Cuadro 1 y se presentan en la parte c del Cuadro 2. De esta manera se podría indicar que una serie de 40.6 años ( $\approx 41$ ) es significativa al 0.05% de probabilidad para un error de  $\pm 10\%$  comparada con una serie normal; es decir, que sólo en el 5% de los casos una serie de 41 años presentará por azar errores superiores a  $\pm 10\%$ . En el 95% de los casos, el error será inferior. El error del  $\pm 10\%$  corresponde a  $\pm 7.8$  mm (media noviembre = 78 mm), luego el 95% de todas las series que se puedan formar con 41 años estarán dentro del ámbito (85.8-70.2 mm).

De forma similar, estos límites de significación se presentan como exigentes en cuanto a la longitud de la serie en las regiones áridas del Estado Falcón.

### Sesgo asintótico de $\alpha$ en series cortas

En el Cuadro 3 se presenta la reducción del sesgo asintótico para corregir el parámetro de forma  $\alpha$ , en función de la longitud de la serie. Se utilizó como ejemplo el mes de noviembre de la estación Coro, puede observarse como la corrección es significativa y aún series de 5 años presentan valores aceptables ( $\alpha = 1.019$ ) al compararlos con la serie histórica normal ( $\alpha = 0.898$ ); la misma serie corta sin corregir tiene valores de  $\alpha$  significativamente diferentes ( $\alpha = 1.81$ ). En la Figura 2, puede observarse la eliminación del sesgo asintótico, ejecutada por la corrección efectuada al parámetro  $\alpha$ . Para cualquier valor de  $i$ , los  $\alpha$  estimados presentan valores muy cercanos al  $\alpha$  de la población considerada ( $\alpha = 0.898$ ).

### Verificación y validación del modelo

En el Cuadro 4 se presentan los valores de  $\alpha$  estimados por los 5 analistas y distintos métodos de interpolación: Geométrico (IG), a cuatro (I4) y a tres estaciones (I3). Los valores son los correspondientes al centro de un "punto", (cuadrado de 6' de lado). En el Cuadro 4, a) corresponde al área con menos gradiente climatológico-geográfico y b) al área con mayor gradiente. Así por ejemplo, en el punto No. 4 de a) el primer analista (IA) estimó  $\alpha = 1.70$  y el tercer analista (3A) estimó  $\alpha = 2.10$ .

En el Cuadro 5 se indican resultados derivados de estudiar diferencias entre métodos y analistas, para

Cuadro 2. a) Error promedio y desviación del error en función de la longitud de la serie ( $i$ ), b) y c). Probabilidades de superar un error limitante para la longitud de la serie ( $i$ ).

		3	5	7	10	12 <sup>i</sup>	15	20	25	30	35	40
a)	$ \bar{e} $	37.8	28.9	26.4	23.4	21.4	20.3	18.0	13.9	11.01	7.9	6.6%
	$\sigma_e$	48.4	38.8	32.1	27.4	25.8	24.4	18.0	16.6	12.7	9.4	5.6 WW
		3	5	7	10	12 <sup>i</sup>	15	20	25	30	35	40
b)	$e = \pm 10\%$	83.8	79.8	75.6	71.5	70.1	68.6	59.4	54.7	43.3	29.0	7.7
	$e = \pm 15\%$	75.7	70.0	64.1	58.5	56.5	54.1	42.7	36.7	24.0	11.3	1.2%
	$e = \pm 20\%$	68.3	60.7	53.4	46.6	44.1	41.4	28.9	22.8	11.7	3.4	0.1
				e%		P0.05		P0.10				
c)			$\pm 10$		40.6		39.5					
			$\pm 15$		38.1		35.6 años					
			$\pm 20$		34.1		31.0					

Cuadro 3. Reducción del sesgo asintótico del parámetro  $\alpha$ , por corrección, en función del número de años de la serie (i). Estación Coro (Nov.).

		i							
		5	10	15	20	25	30	40	50
Sin corregir	$\bar{\alpha}$	1.81	1.277	1.097	1.017	0.927	0.897	0.889	0.937
	$\sigma_{\alpha}$	2.14	0.848	0.466	0.289	0.143	0.103	0.056	0.035
Corregido	$\bar{\alpha}$	1.019	1.024	0.971	0.921	0.886	0.871	0.881	0.933
	$\sigma_{\alpha}$	0.667	0.447	0.295	0.157	0.087	0.005	0.052	0.032

$\bar{\alpha} = 0.898$  (60 años)

las dos áreas con mayor o menor gradiente. La parte a) corresponde a los valores promedios de la prueba de t (diferencia entre medias y datos apareados) obtenidos al comparar los  $\alpha$  estimados entre analistas y entre métodos de interpolación y analistas. Así,  $A(\bar{t}) = 1.326$ , indica que la t promedio, al comparar diferencias entre analistas (diez diferentes comparaciones) alcanzó el valor de 1.326. De la misma forma  $IG(\bar{t}) = 2.066$ , indica que la t promedio para las cinco comparaciones entre el método geométrico y cada uno de los analistas alcanzó un valor de 2.066 con una significación al 7%, es decir cerca de un valor exigente de rechazo ( $t_{0.05} = 2.262$ ). Lo cual indicaría que el método geométrico de interpolación presenta diferencias evidentes con los analistas.

En el área con mayor gradiente, I4 presentó un valor más bajo, indicando que el método de interpolación a 4 estaciones, estima aparentemente mejor

que los otros métodos, usando a los 5 analistas como comparadores. En el área con menos gradiente, I3 presenta menor diferencia con los analistas (0.902) que los otros métodos. El aparte b) indica el error promedio en % entre analistas y entre métodos y analistas. En el área con mayor gradiente I4 presenta para  $\alpha$ , un error promedio al compararla con las  $\alpha$  estimadas por los 5 analistas del 12.0%

La matriz de correlación formada con los elementos del Cuadro 4 (1A, 2A . . . I4) indica que no se detectan valores inferiores a  $r = 0.93$ , valor éste altamente significativo al 1% de probabilidad.

En el área con una gradiente menos marcada, los analistas obtuvieron valores más similares entre sí ( $A(\bar{t}) = 0.305$ ), que en el área donde con una gradiente bien definida. Aparentemente ante la falta de información se limitaron a interpolar geométricamente. Los valores anteriores son en realidad poco concluyentes para determinar las bondades estimativas de los métodos, posiblemente debido a las diferencias interanalistas que en algunos casos son considerables; sin embargo, la interpolación a 4 estaciones, se presenta en conjunto como la más aceptable.

En el Cuadro 6 se indican como ejemplo los valores de precipitación en milímetros al 50% y 80% de probabilidad calculados por una distribución gamma teniendo por  $\alpha$  aquellos indicados en el Cuadro 4 y por  $\beta$  un valor cualquiera ( $\beta = 30$ ). El objeto de seleccionar 3A, 5A e I4, es el de comparar las diferencias estimativas entre el método que presenta aparentemente mayor ventaja (I4) y los analistas que presentan mayor diferencia entre sí (3A, 5A) y (2A, 3A), para las áreas con menor y mayor gradiente respectivamente. Así para una probabilidad del 50%, en el punto No. 7: 80.5, 95.1 y 109.9, representan los mm de lluvia estimados según 3A, 5A e I4 respectiva-

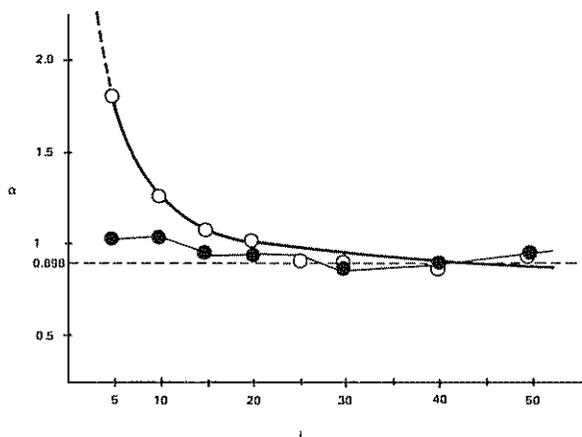


Fig. 2. Eliminación del sesgo asintótico. Estación Coro (Nov.).

Cuadro 4. Valores de  $\alpha$  estimados en 10 puntos, por los 5 analistas (A) y métodos de interpolación: (IG), interpolación a tres y cuatro estaciones (I3 e I4).

		1A	2A	3A	4A	5A	IG	I3	I4
a)	1)	0.96	1.2	0.81	1.10	0.85	1.10	1.20	1.20
	2)	0.81	0.93	0.95	0.95	0.87	1.10	1.30	1.30
	3)	0.45	0.61	0.55	0.37	0.62	0.62	0.75	0.72
	4)	1.70	1.60	2.10	1.90	0.95	1.70	2.00	1.80
	5)	2.30	3.00	2.00	2.00	3.00	2.70	3.50	3.00
	6)	0.99	1.00	1.20	1.00	0.95	0.98	0.95	1.00
	7)	3.20	3.00	3.00	3.90	3.50	4.00	4.40	4.00
	8)	4.50	3.20	5.2	3.90	4.00	5.00	5.10	5.70
	9)	6.70	6.0	6.20	5.90	6.90	5.90	4.60	5.70
	10)	0.83	0.90	0.50	1.20	1.00	1.10	0.95	0.96
b)	1)	0.72	0.85	0.62	0.90	0.85	0.60	0.99	0.85
	2)	0.54	0.62	0.61	0.61	0.61	0.62	0.51	0.65
	3)	1.30	1.10	1.70	1.50	2.00	1.20	1.00	1.30
	4)	12.20	11.50	10.90	10.50	11.60	9.10	8.50	10.00
	5)	5.30	4.30	5.00	6.20	6.00	4.40	4.30	5.00
	6)	2.70	2.00	3.00	3.00	3.3	2.0	1.50	2.30
	7)	5.20	5.10	3.90	5.2	5.00	4.3	5.00	5.00
	8)	0.75	0.80	0.65	0.80	0.79	0.90	0.91	0.80
	9)	0.62	1.00	0.65	0.75	0.72	0.70	0.52	0.70
	10)	1.10	1.0	0.90	0.95	1.20	1.00	1.2	1.10

Cuadro 5. Comparaciones entre los  $\alpha$  estimados por los analistas y métodos a) valores promedios, prueba de t, datos apareados, b) error promedio.

		A( $\bar{t}$ )	IG( $\bar{t}$ )	I4( $\bar{t}$ )	I3( $\bar{t}$ )
a)	Más gradiente	1.326 (22%)	2.066 (7%)	1.216 (25%)	1.568 (16%)
	Menos gradiente	0.305 (77%)	1.241 (24%)	1.349 (21%)	0.902 (38%)
b)	Más gradiente	15.5	18.5	12.0	28.7
	Menos gradiente	20.0	17.6	21.9	28.8

mente. En conjunto y con fines de planificación los valores son aceptablemente similares.

Una validación casi definitiva, sería generar con el modelo los valores de precipitación a distintos niveles de probabilidad, para aquellos puntos con series históricas y efectuar las comparaciones necesarias. En el Cuadro 7 se indican los valores observados y estimados para distintas estaciones y meses que presentan los mejores y peores ajustes, así como otros ajustes intermedios. Las estimaciones se llevaron a cabo con el método de interpolación a 4 estaciones.

La estación Churuguara presenta un buen ajuste; no ocurre lo mismo con Tucacas y El Palmar, sin embargo las diferencias no son dramáticas.

El modelo presenta en pantalla, la posición (azimut) de las estaciones más cercanas que rodean al punto a estimar. Si esas estaciones no están convenientemente distribuidas, la estimación por una instrucción simple, puede realizarse con menos o más estaciones para lograr una mejor estimación, o simplemente sustituir alguna estación cercana por otra más alejada que esté situada en un cuadrante más conve-

Cuadro 6. Valores de precipitación para dos probabilidades en mm en los 10 puntos del Cuadro 4, calculados según las  $\alpha$  estimadas por los dos analistas más discordantes y un método de interpolación.

	P ( $\leq$ Pi) = 50%									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3A	15.5	21.3	9.1	53.8	50.8	26.6	80.5	149.8	176.1	7.2
5A	17.6	18.0	10.2	21.3	80.5	21.3	95.1	109.9	198.9	20.7
1A	26.6	30.2	13.0	44.9	80.5	22.4	109.9	138.2	160.7	19.8
	P ( $\leq$ Pi) = 80%									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2A	42.1	28.5	53.2	423.9	176.7	91.2	204.4	39.6	48.3	48.3
3A	28.5	28.1	78.3	411.1	200.4	128.8	163.4	32.1	32.1	43.5
14	42.1	32.2	62.8	377.2	200.4	103.3	200.4	39.6	34.6	53.2

niente. De esta manera, un punto en la costa, con dirección E-O no tendrá estaciones cercanas en los cuadrantes Norte, en este caso una estimación con 2 estaciones si ellas fueran también costeras, puede ser más conveniente que estimar con cualquier otro número de estaciones. En el Cuadro 7 se puede observar como las estimaciones en Tucacas y El Palmar mejoran considerablemente al trabajar con un esquema más deseable de 3 estaciones al eliminar una no convenientemente ubicada. En el caso de Coro también se observa una mejoría al sustituir una de las 4 estaciones más cercanas por otra menos cercana pero de mejor posición estimadora. Lo anterior indica que para una mejor estimación a través de (7) u otros métodos, lo importante es considerar simultáneamente la distancia y la posición de las estaciones que rodean al punto. No obstante en conjunto las estimaciones por 14 son aceptables; aún, casos extremos como Tucacas presentan con fines de planificación diferencias no tan drásticas. Se indican también en el mismo cuadro, el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), la ordenada en el origen ( $b_0$ ) y el coeficiente de regresión ( $b_1$ ), entre valores observados y calculados. Estos valores en un ajuste perfecto deberían ser (1, 0, 1) respectivamente. En la Figura 3 se indican algunas de estas relaciones entre valores observados y calculados trabajando con 14.  $\Delta P$  (%) se refiere a la diferencia promedio entre probabilidades observadas y estimadas. En Tucacas es 8.8%, esto indica que si se calculan las probabilidades que corresponderían dentro de la serie histórica a cada uno de los niveles de lluvia estimados, a distintas probabilidades y se comparan, obtendríamos una diferencia de 8.8% de probabilidad. Es decir que si por ejemplo un nivel dado se estimó al 50%, en realidad puede corresponder en la serie histórica al 58.8% de probabilidad.

La comparación entre series históricas y simuladas a través del estadístico de Smirnov, indica que para 17 estaciones con series  $\geq 20$ , sólo en el 18% de los casos se rechaza la hipótesis de que ambas series son iguales ( $n\omega^2 > 0.166$ ). El 82% de los casos no presentan diferencias significativas, indicando un ajuste aceptable.

Entre los casos rechazados están las estaciones de Tucacas y el Palmar antes comentados, con diferencias no tan dramáticas. Las correcciones efectuadas con 3 ó 4 estaciones, también indicadas en el Cuadro 7, hacen bajar sensiblemente los valores de  $\omega^2$ , disminuyendo los rechazos al 6.7% de los casos. Como con cualquier metodología tradicional, los efectos microclimáticos, gradientes topoclimáticos específicos, efectos de baja densidad de estaciones en algunas áreas, bondades de ajuste no adecuadas a la función gamma empleada en algunas estaciones de la red, errores de medición (series defectuosas), parte del error inherente a series cortas, etc., no pueden ser considerados en este modelo y por lo tanto una muy alta precisión no puede encontrarse. Un mayor conocimiento de la topoclimatología de la zona pudiera ayudar en el establecimiento de modelos empíricos de estimación más precisos. Sin embargo puede observarse a través de los resultados, que considerando las deficiencias anteriormente expuestas, el modelo de generación de las probabilidades de lluvia para cualquier punto del área, presenta resultados aceptables, bajo todo punto de vista.

Si se tiene en cuenta que el modelo en cuestión puede ser manejado en un microcomputador de mesa, que consume solamente 14 K de memoria y que elimina la elaboración de 132 mapas de isoclinas de probabilidad, así como una gran cantidad de cálculos complementarios y problemas de almacenamiento,

Cuadro 7. Valores de precipitación en mm, observados (O) y estimados (E) para varias estaciones, a varios niveles de probabilidad.

		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	r <sup>2</sup>	b0	b1	ΔP%
CORO	0	5.3	8.0	12.2	16.6	20.9	25.2	30.5	37.4	47.4	60.3	77.0				
(Julio)*	E	9.2	13.3	19.2	24.5	29.5	36.1	43.1	52.3	63.5	81.3	97.4	0.998	-3.1	0.798	12.8
	E	6.8	11.1	16.1	20.4	24.7	31.1	37.6	45.1	55.9	73.1	87.9	0.998	-1.5	0.871	6.6
CHURUGUARA	0	12.4	18.4	28.3	38.3	48.3	58.3	70.7	86.6	109.8	139.8	176.5				
(Junio)	E	13.3	21.8	31.7	40.2	48.6	61.3	74.0	88.8	110.0	143.8	173.1	0.999	-3.1	1.019	1.5
EL ISIRO	0	0.3	1.4	5.1	11.0	19.0	30.1	43.0	62.9	88.6	145.1	218.0				
(Diciembre)	E	0.5	2.2	8.2	16.2	27.2	41.8	58.0	82.3	118.7	180.0	250.3	0.995	-4.1	0.852	4.9
EL PALMAR	0	3.8	8.2	18.3	30.4	43.2	64.5	85.3	110.3	150.8	218.5	286.0				
(Noviembre)*	E	12.9	20.3	36.6	48.4	62.6	79.8	97.1	119.2	153.2	209.3	263.3	0.996	-22.1	1.146	6.4
	E	9.9	16.5	29.8	43.9	58.0	76.2	94.5	119.4	158.4	220.6	272.0	0.997	-14.5	1.072	5.1
JADACAQUIVA	0	0	0	0.5	2.0	3.2	4.7	6.7	9.0	12.4	18.3	22.9				
(Febrero)	E	0	0	0	0.6	3.3	5.7	8.7	12.6	17.8	27.7	35.1	0.996	0.78	0.638	5.0
LA CRUZ DE	0	25.3	34.8	47.9	61.4	74.2	84.5	98.1	114.6	135.2	170.7	209.2				
TARATARA (Julio)	E	30.1	41.5	58.2	72.7	87.3	105.9	122.5	143.4	183.3	220.2	267.3	0.997	4.44	0.756	8.7
MAPARA	0	0	0	2.9	6.8	11.0	16.0	22.1	29.3	39.3	56.9	70.6				
(Enero)	E	0	0.6	4.9	10.0	14.7	21.0	28.5	37.3	49.7	71.4	88.4	0.998	-0.75	0.806	5.8
MENE MAUROA	0	0	0.2	2.9	6.7	11.5	21.0	28.5	37.3	49.4	71.4	88.4				
(Marzo)	E	0	2.2	6.7	11.9	17.5	17.7	25.4	35.1	51.0	77.2	104.2	0.989	-5.3	1.051	5.9
TUCACAS	0	0	19.7	46.6	74.4	103.0	137.4	174.4	222.1	296.8	417.9	517.9				
(Diciembre)*	E	25.0	45.3	81.6	112.2	144.4	180.8	221.8	280.5	360.7	481.9	595.2	0.999	-26.5	0.911	8.8
	E	16.4	36.6	70.7	96.0	126.4	162.1	198.7	244.7	315.3	432.4	544.2	0.999	-20.6	0.997	3.1
PASO FLORIDA	0	6.9	12.4	22.1	30.4	40.0	52.4	64.8	82.8	103.5	135.3	171.8				
(Abril)	E	4.1	7.2	15.5	23.8	33.4	45.5	59.0	75.0	98.3	133.7	169.7	0.998	6.8	0.969	3.6

\* Segunda alternativa de estimación.

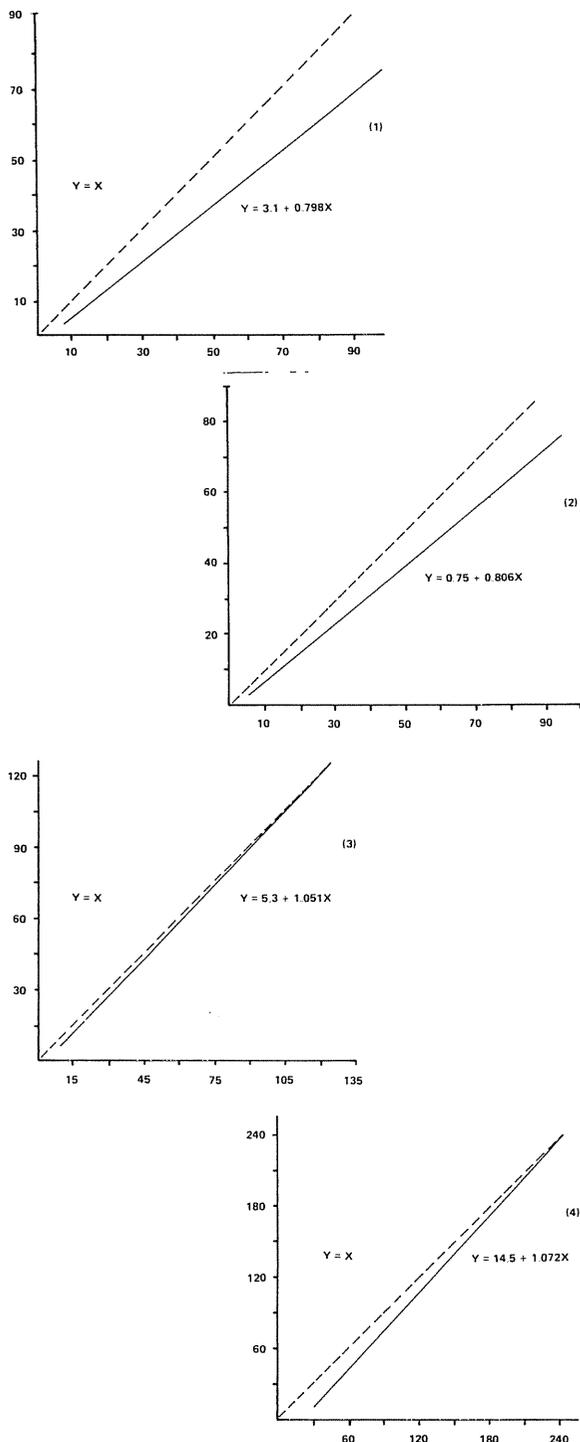


Fig. 3. Relaciones entre valores de precipitación (mm) observados (Y) y estimados (X), para Coro-Julio (1), Mapará-Enero (2) Mene Mauroa-Marzo (3), El Palmar-Nov. (4).

entonces, puede pensarse que, de existir alguna pérdida de precisión se justifica, por la utilidad práctica del modelo.

## Resumen

Se presenta una estructura metodológica que permite estimar probabilidades de lluvia, para puntos definidos por sus coordenadas geográficas dentro del Estado Falcón, Venezuela, a través de un pequeño microcomputador de mesa. El sistema contempla pasos como: selección de la distribución de probabilidad de mejor ajuste, correcciones de parámetros en función de la longitud de las series históricas, estudios del error en series cortas, selección de modelos empíricos para efectuar la estimación, diversas pruebas estadísticas para la validación del sistema, comparación entre series históricas y aquellas simuladas provenientes de la estimación. Un paso importante en la validación y verificación, es la comparación con resultados obtenidos por cinco analistas, los cuales por técnicas convencionales de trazado de isóneas, efectuaron distintos análisis espaciales. El modelo en cuestión sustituye el equivalente de 132 mapas convencionales de probabilidad de lluvia, con una precisión aceptable.

## Literatura citada

1. BRUNET-MORET, Y. Etude de quelques lois statistique utilisées en hydrologie. Cahiers ORSTOM: Série Hydrologie. Vol. 6, No. 3. 90 p. 1969.
2. GARCIA BENAVIDES, J. Estructura metodológica para la caracterización agroecológica de áreas por procedimientos cuantitativos de análisis y su posterior zonificación. Tesis Doctor en Ciencias. México, Colegio de Postgraduados, 1979. 455 p.
3. GARCIA BENAVIDES, J. y ARAQUE, R. Zonificación de la producción frutícola. I. Región Capital. Caracas, Consejo de Bienestar Rural, 1975. 346 p.
4. GARCIA BENAVIDES, J. y ARTEAGA, R. R. Estimación de probabilidades de lluvia en áreas extensas por un análisis espacial de los parámetros de una distribución de probabilidades de mejor ajuste. In Congreso Mundial de Recursos de Agua, 3<sup>o</sup>, México, 1979. 27 p.

También como Publicación Miscelánea de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Coro, Venezuela, 1980.

También en: Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Irrigación. Boletín Técnico no. 4. 1979. 27 p.

5. GARCIA BENAVIDES, J. y TURRENT, F. A. La predicción del rendimiento del maíz a través de análisis probabilístico para una localidad dada y sus interrelaciones con el manejo. *Turrialba (Costa Rica)* 30(4):427-438. 1980.
6. GIGOU, J. Etude de la pluviosité en Côte d'Ivoire. Application a la riziculture pluviale. *Agronomie Tropicale* 29:858-875. 1974.
7. HAAN, CH. *Statistical methods in hydrology*. Ames, Iowa State University Press, 1977. 378 p.
8. LEON ZAMUDIO, S. Bondad de ajuste de algunas funciones probabilísticas a la distribución de la lluvia. Tesis Maestro en Ciencias. México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1976. 104 p.
9. PALACIOS, V. O. y CUEVAS, B. La distribución de las sales en los suelos. In Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, 7°, Guanajuato, México, 1974.
10. PEARSON, K. *Tables of the incomplete Gamma function*. Cambridge University Press, 1965. 165 p.
11. THOM, H. C. S. A note on the Gamma distribution. *Monthly Weather Review* 86(4):117-122. 1958.

## Reseña de libros

CORDON, F. The origin, nature and evolution of protoplasmic individuals and their associations. 1982. Pergamon Press 439 p.

Detrás de este curioso título ("El origen, naturaleza y evolución de individuos protoplásmicos y sus asociaciones") se esconde una obra de retórica hispana que pretende analizar el origen de los primeros sistemas vivientes desde una perspectiva totalmente aislada de los últimos veinte años de investigación en este campo. El autor asume dos premisas interesantes sobre el origen de los sistemas vivientes sobre las que basa gran parte del trabajo, que merecen discutirse: 1) Los primeros sistemas vivientes fueron predominantemente protéicos; los ácidos nucleicos se originaron posteriormente a partir de las coenzimas, 2) los primeros "individuos" fueron de naturaleza protoplásmica, libres de membranas circundante.

Sobre la primera afirmación el consenso que predomina en la literatura reciente (por ejemplo la propuesta de los hiperciclos de Eigen y Shuster) es el de la aparición simultánea de polipéptidos y polinucleótidos en el "caldo ancestral", que eventualmente se acoplan para producir un sistema hereditario integrado. Es muy difícil concebir un sistema pre celular que funcionara y se perpetuara por la polimerización azorosa de amino ácidos. Además los experimentos de simulación del tipo de Miller y Urey indican la posibilidad de producir en condiciones abióticas, tanto polipéptidos como polinucleótidos.

Sobre la segunda afirmación, el autor adopta una posición convergente con la de M. Barbieri y otros, sobre un ribotipo pre-celular, eventualmente circundado por una membrana. La membrana le confiere individualidad a los "ribotipos" (ácidos ribonucleicos y proteínas) iniciales, heredabilidad al dividirse y selectividad porque el material hereditario no se mezcla y disipa al azar. Desafortunadamente el autor ignora toda la literatura al respecto y así nos evita comparar sus ideas con las de otras propuestas publicadas.

La obra sufre de una fuerte dosis de intuición, como el mismo autor lo confiesa, y de una abismal ignorancia de la investigación experimental llevada

a cabo por la sucesión de Urey, por Orgel, Crick, Fox, Woese, Oró, Ponnampertuma y muchos otros. Por demás, la ausencia de una bibliografía limita la utilidad de la obra.

PEDRO LEON A.  
CENTRO DE INVESTIGACION EN BIOLOGIA  
CELULAR Y MOLECULAR  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

GERRARD, A. S. Soils and landforms. An integration of geomorphology and pedology. London, England, George Allen and Unwin, 1981. 219 p.

Este libro trata de integrar dos disciplinas separadas como ciencias y explicadas comúnmente en escuelas de geología y agronomía como cursos independientes.

El profesor Gerrard trata de relacionar los suelos en cuanto estos se ajustan a las características geomórficas del terreno. Este enfoque lo logra explicando primero los fenómenos que afectan el relieve, tales como el movimiento del agua, la erosión u otros. Posteriormente se hace un estudio de casos en regiones afectadas por la glaciación, de origen fluvio-glacial, llanura aluviales, terrazas y llanuras de costa.

El texto no cubre aspectos nuevos relevantes pero resume en forma adecuada los principales aspectos de ambas disciplinas, geomorfología y suelos. En el intento de aunar dos ciencias separadas en el tiempo, el autor trata de ampliar ejemplos cuantificados; sin embargo, su esfuerzo no puede superar el estado actual de la geomorfología cualitativa, típica de las últimas décadas.

La pendiente, como factor formador de suelos, fue reconocida en clasificación de suelos desde el principio. Este aspecto se ilustra en el capítulo 4 el cual trata sobre catenas. Algunas escuelas de cartografía moderna se basan en la relación que exista entre la fisiografía y los tipos de suelos.

En este sentido, el libro es un buen complemento para aquéllos que basan su apreciación de la distribución de los suelos en esta relación, al reunir más de 400 referencias sobre el tema.

ALFREDO ALVARADO  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

# RENDIMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE DOS INTENSIDADES DE RALEO SELECTIVO EN *Eucalyptus deglupta* BL. EN TURRIALBA, COSTA RICA<sup>1</sup> /

LUIS A. UGALDE\*

## Summary

*The study was made in a plantation of Eucalyptus deglupta BL. at Turrialba, Costa Rica. The objectives were to determine the growth of this species between 3.5 and 4.5 years of age, to compare the extracted yield from two weights of selective thinnings (40 and 60 per cent), using a randomized complete block design.*

*The 40% thinning resulted in a mean of 14.8 m<sup>3</sup>/ha, and 60% thinning gave a 24.6 m<sup>3</sup>/ha, this means 65.5% more utilizable volume. Both thinning weights gave a high ratio of utilizable to total output, a mean of 77%. The analysis of the total budget showed a mean net yield of ₡ 3 894 (\$456) per hectare for the 40% thinning, and ₡ 5 896 (\$690) for the 60%. Based on these results it was concluded that the growth in height, basal area and volume is similar to the best reported results in other countries. The values calculated for the spacing index (S%) showed that at this age the species responds rapidly to thinning and appears to need an S% greater than 30 to allow a thinning interval of at least two years.*

## Introducción

**E**l *Eucalyptus deglupta* Bl. es una especie que merece la atención por su rápido crecimiento y los usos múltiples de la madera. Esta especie es uno de los pocos eucaliptos que se adapta a zonas tropicales húmedas, sin una marcada estación seca

En Costa Rica las plantaciones de *E. deglupta* han sido establecidas principalmente en la zona de Turrialba, por el Centro Agrícola Cantonal de Turrialba. Se ha utilizado el producto de los raleos principalmente para puntales de banano y postes de cerca.

El presente estudio trata sobre rendimiento y aprovechamiento de dos intensidades de raleo selectivo en una plantación de *E. deglupta* de 3.5 años de edad, en Turrialba, Costa Rica, con el fin de: a) determinar el rendimiento de *E. deglupta* a la edad de 3.5 – 4.5 años de edad; b) cuantificar los productos aprovecha-

bles en dos intensidades de raleos selectivos de 40% y 60% y c) elaborar cuadros de volumen y de número de piezas.

## Materiales y métodos

### Localización y diseño utilizado

El presente estudio se realizó en una plantación de *E. deglupta* Bl. de 3.5 años de edad con un área de 14.8 ha, la cual se encuentra ubicada en terrenos de la Hacienda Florencia Industrial, S. A., en Turrialba, Costa Rica, a unos 4 km del edificio principal del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). El área de estudio pertenece a la zona de vida bosque muy húmedo premontano según el sistema de clasificación de Holdridge (6).

Se utilizó un diseño de bloques al azar con 5 repeticiones y 3 parcelas contiguas por bloque. Los tratamientos fueron 0%, 40% y 60% de raleo selectivo por lo bajo con base en una reducción sistemática del número de árboles

### Mediciones

Los diámetros (DAP) de los árboles por parcela se midieron a intervalos de cada 3 meses completan-

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 23 de febrero de 1982

El autor agradece en forma especial a los Ing. Nico Gewald y John Palmer, por la revisión y sugerencias aportadas al presente estudio

\* M. S. Silvicultor, CATIE – Turrialba, Costa Rica

do un total de 5 estimados. Para las mediciones de altura y diámetro de los árboles mayores se escogieron 10 árboles por parcela entre dominantes y codominantes, se les midió la altura total al inicio y al final del experimento. Estas mediciones se utilizaron para la determinación de la relación diámetro-altura mayor, al inicio y al final del estudio, así como para el cálculo del índice de espaciamiento (S%) al inicio, después de efectuar los raleos y al final del experimento.

El porcentaje promedio de corteza y el factor de forma se calcularon con base a los resultados obtenidos de la cubicación de los 81 árboles con y sin corteza, utilizados para la elaboración de los cuadros de volumen, usando las fórmulas:

$$C(\%) = \frac{V_{cc} - V_{sc}}{V_{cc}} \times 100 \quad \text{y} \quad f = \frac{V R}{V C}$$

en donde: C(%) = porcentaje de corteza, V<sub>cc</sub> = volumen por corteza, V<sub>sc</sub> = volumen sin corteza, f = factor de forma, VR = volumen real, VC = volumen del cilindro (g x h).

Para determinar los volúmenes totales por parcela, se calculó primeramente la altura total por árbol para cada parcela. Estas alturas se obtuvieron por medio de la ecuación logarítmica resultante de la relación diámetro-altura, basada en los mismos 81 árboles con los que se calculó el porcentaje de corteza y el factor de forma.

Con las alturas y los diámetros se determinó el volumen, utilizando la ecuación del modelo seleccionado para la elaboración del cuadro de volumen total de doble entrada con corteza. Con base en este volumen se determinó el incremento medio anual e incremento corriente anual por tratamiento.

El material extraído de los raleos fue troceado de acuerdo a las dimensiones del Cuadro 1 y descortezado con machetes, medido con cinta diamétrica en la sección media.

#### Cuadros de volumen y de número de piezas

Para la elaboración de los cuadros de volumen de una y doble entrada se midieron y cubicaron los 81 árboles antes mencionados; 35 árboles eran procedentes de los raleos y los 46 restantes se seleccionaron fuera de las parcelas obteniéndose una frecuencia de 4 a 6 árboles por clase diamétrica de un centímetro. Con estas mediciones se construyeron tablas de volumen total de una y doble entrada con y sin corteza y para un diámetro mínimo sin corteza de 5 y 10 cm.

Cuadro 1. Dimensiones de postes, puntales y separadores de *Eucalyptus deglupta* Bl. por categorías diamétricas, utilizadas por el CACTU.\*

Tipo de producto	Longitud (m)	Categoría diamétrica (cm)
Postes	2.10	2.54 - 5.08
		5.08 - 7.62
		7.62 - 10.16
		10.16 - 12.70
		12.70 - 15.24
		15.24 - 17.78
Separadores	1.00	2.54 - 3.81
		3.81 - 6.35
Puntales	4.50	

\* CACTU: Centro Agrícola Cantonal de Turrialba

El cuadro de número de piezas se elaboró con base en perfiles de árboles con las mediciones utilizadas en los cuadros de volumen. Cada clase diamétrica de un centímetro se representó por un árbol promedio. De esta forma y con la ayuda de papel milimétrico se obtuvo el número teórico posible de postes para cada clase diamétrica, con dos alternativas: la primera para postes de 2.10 m de largo únicamente y la segunda, tanto para postes de 2.10 m como para 4.50 m de largo.

#### Análisis de suelo

Para el análisis físico y químico del suelo se realizó un muestreo a mediados del experimento, para el cual se hicieron calicatas de 1 x 1 x 1 m de profundidad en la parcela central de cada uno de los bloques. Se identificaron los diferentes horizontes en cada perfil y se tomaron muestras de suelo de la zona media de cada horizonte.

### Resultados y discusión

#### Porcentaje de corteza

El porcentaje de corteza encontrado fue bajo, con un promedio de 7%. Lo que se explica por la delgada corteza que presenta esta especie a los 3.5 años de edad, con un grosor de aproximadamente 2.5 mm en la base del árbol y de 1.3 mm en la parte superior. Además, influye el desprendimiento natural de la corteza en tiras longitudinales, que ocurre cada 3-4 meses.

En el presente estudio no se encontró una correlación aceptable para la relación diámetro-porcentaje de corteza.

**Factor de forma**

El factor de forma alcanzó un promedio de 0.53, menor a los obtenidos por Vega (8) en Suriname en plantaciones de *E. deglupta* de 4 años de edad, en las que encontró factores de forma entre 0.58 – 0.61.

Se obtuvo un alto grado de asociación ( $r = 0.81$ ) entre el diámetro y el factor de forma.

El IMA en diámetro a los 3.5 años alcanzó valores de 10.0 cm con un incremento medio anual de 2.8 cm (Cuadro 2), similar a lo encontrado en Keravat, Nueva Bretaña, en plantaciones de 4 años y en Suriname, en plantaciones de 3 y 4 años de edad (3, 4, 8).

Las parcelas presentan una alta heterogeneidad en diámetro demostrada por el análisis de varianza. Esto se debe al gran número de árboles delgados que no logran sobreponerse. Este aspecto parece coincidir con los resultados obtenidos por Martín (7) en Loudima, el Congo, en plantaciones de esta especie a los 4 años de edad. Llegó a la conclusión de que el espaciamiento de 2.5 x 2.5 m es demasiado pequeño para esta especie que tiende a producir de preferen-

cia árboles con diámetros altos a baja densidad en vez de plantaciones con alta densidad.

**Alturas**

La altura promedio de los árboles dominantes y codominantes alcanzó un valor de 14.6 m con un IMA de 4.2 m, similar al reportado en las mejores parcelas de otros países (3, 4, 8).

No se encontraron diferencias significativas para las alturas de árboles dominantes y codominantes, lo que concuerda según Fischwich (2) y Hiley (5), con la mayoría de los estudios realizados, en los que se demuestra que no existe el efecto en el crecimiento en altura resultante de diferentes espaciamientos.

**Area basal**

El promedio en área basal de 11.3 m<sup>2</sup>/ha a los 3.5 años de edad, es semejante a valores obtenidos en Keravat, Nueva Bretaña (4).

A pesar de que hubo diferencias significativas en diámetro al inicio del experimento, no se encontró diferencias significativas en área basal, la cual está

Cuadro 2. Promedio por tratamiento de número de árboles, diámetro, altura total, área basal y volumen en *Eucalyptus deglupta* Bl. de 3.5 – 4.5 años de edad.

Porcentaje a ralear	No. de árboles por ha (N)	Diámetro promedio cm (d̄)	Altura promedio m (h)	Área basal**		Volumen**		Índice de Espaciamiento*** S%
				(C)	IMA	(V)	IMA	
Antes del raleo:								
0%	1 316	10.4	13.8	12.2	3.5	98.2	28.1	20.0
40%	1 342	9.7	13.3	10.9	3.1	84.2	24.1	20.6
60%	1 311	9.8	13.2	10.9	3.1	84.7	24.2	20.9
Después del raleo:								
0%	1 156*	10.8	14.0	11.5	3.3	92.4	26.4	21.4
40%	782	11.4	14.6	8.3	2.4	65.1	18.6	27.0
60%	524	12.3	15.3	6.5	1.8	52.9	15.1	32.3
Un año después del raleo:								
0%	1 156	11.8	14.8	14.0	3.1	117.8	26.0	17.8
40%	782	12.6	15.5	10.2	2.3	87.4	19.4	23.0
60%	524	14.0	16.5	8.5	1.9	73.9	16.4	28.0

\* No se incluyeron árboles que murieron en los primeros 6 meses después de los raleos

\*\* No se incluyó el volumen extraído de los raleos

\*\*\* Índice de espaciamiento:  $S\% = \frac{a}{h_{dom}} \times 100$

IMA = Incremento Medio Anual

influenciada directamente por el diámetro. Esto se explica por el hecho de que los árboles delgados que provocan en parte la heterogeneidad en el diámetro promedio, en área basal el aporte de éstos es insignificante.

### Volumen

En volumen se obtuvo un promedio de  $89.1 \text{ m}^3/\text{ha}$  con un IMA de  $25.5 \text{ m}^3/\text{ha}$ . No se encontraron diferencias significativas en volumen al inicio del experimento ya que el volumen está relacionado directamente con el área basal, la cual tampoco presentó diferencias significativas.

El IMA en volumen a los 4.5 años de edad comparado con el obtenido a los 3.5 años antes de realizar los raleos, disminuyó en el tratamiento de 0% de raleo.

El incremento corriente en volumen (ICA) en el periodo de 3.5-4.5 años de edad alcanzó valores menores al IMA a los 3.5 años antes de hacer raleos. Sin embargo, el hecho de no haber encontrado diferencias significativas en el ICA para este período, muestra que las parcelas raleadas al 40% y 60% han repartido su crecimiento en volumen en un menor número de árboles mejor conformados.

### Índice de espaciamiento (S%)

Los valores del S% alcanzaron al inicio del experimento (3.5 años de edad) un promedio de 20.9%. Aunque el S% tiene cierta relación con el producto deseado, según Voorhoeve y Schulz (9), un incremento adecuado del vuelo se consigue conservando un índice de espaciamiento (S%) de 20% a 30%. Estos autores mencionan que por debajo del 20% se estanca el crecimiento y mayor del 30% se tiene un vuelo demasiado abierto.

Las parcelas testigo a los 4.5 años de edad (al año de observación), bajaron su S% al 17.8% lo que demuestra la alta densidad de las parcelas en relación con su altura mayor.

El raleo de 40% a pesar de subir el S% a un promedio de 27%, a los 4.5 años de edad (un año después del raleo), había alcanzado un valor de 23%, comenzando a cerrarse el espacio de crecimiento para el desarrollo de las copas de los árboles.

El raleo de 60% subió el S% en forma considerable hasta un promedio de 32.3%; a los 4.5 años bajó a 28.0% mostrando aún espacios para un adecuado desarrollo de las copas de los árboles.

Estos datos muestran que un S% menor a 30% brinda al rodal relativamente poca posibilidad para un adecuado desarrollo de las copas de los árboles para un periodo mayor de uno a dos años. Al parecer esta especie requiere ser manejada de manera que se alcance un S% mayor de 30% al efectuar los raleos, para asegurar periodos de cuando menos 2 años sin realizar nuevos raleos.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Vega (8) en Suriname, con plantaciones de la misma especie a 2 años de edad y con raleos de alrededor de un 40% con base al número de árboles. Encontró que con un aumento en el índice de espaciamiento (S%) a un límite superior de 38%, a los 2 años después de efectuar los raleos (4 años de edad) el S% alcanzó los valores del límite inferior fijado de 23% y las parcelas tuvieron que ser raleadas de nuevo.

### Daños observados en la plantación

Los daños observados en las parcelas experimentales son considerables y en su mayoría similares a los encontrados en otros países.

El ataque de las hormigas debe ser controlado cuanto antes debido a la gran actividad biológica encontrada en el suelo y a la extensión que llegan a alcanzar los hormigueros en la plantación.

El ataque de los termites coincide con los daños provocados por éstos en plantaciones realizadas en Keravat, Nueva Bretaña, descritos por Heather (4).

No se pudo detectar las protuberancias en la corteza del árbol atacado, mencionados por este autor y únicamente se pudo asociar los árboles atacados por termites con una coloración amarillo-anaranjado pálido de la corteza en la base del árbol.

El ataque de los termites observado es más severo hacia la base del árbol. La gran actividad biológica de termites encontrada en los primeros horizontes del suelo hace suponer que el ataque por los termites se inicia en las raíces y sigue hacia la parte superior del árbol. Es posible que el ataque de los termites sea secundario al ataque de algún hongo. Sin embargo, esto necesita mayor investigación.

En general los diferentes daños fueron observados principalmente en árboles oprimidos, poco desarrollados, no así en aquéllos que presentan un buen desarrollo. Es probable que los daños se mantengan dentro de límites aceptables si se maneja adecuadamente la plantación mediante raleos y si se controlan las hormigas del género *Atta*.

**Tendencia de crecimiento por tratamiento**

La tendencia de crecimiento en diámetro promedio expresada en área basal muestra que no hubo una diferencia considerable entre el tratamiento de 40% raleo y el testigo (Figura 1). Sin embargo, se observa que en la última medición (al año de observación), el crecimiento en el tratamiento de 0% tiende a disminuir mientras que en el 40% sigue creciendo con la misma tendencia. Es de esperar que en futuras mediciones éstas tendencias difieren aún más.

**Aprovechamiento de los rodales**

El aprovechamiento en volumen en las intensidades de raleo de 40% y 60% fueron muy diferentes, con promedios de 14.85 y 24.61 m<sup>3</sup>/ha respectivamente (Cuadro 3).

El porcentaje de aprovechamiento en ambas intensidades de raleo fue alto y el volumen aprovechado alcanzó un promedio de 77% del volumen total raleado (Figura 2). Esto se explica por el hecho de contar con un mercado de productos bastante amplio, tanto para postes, puntales de banano, como para separadores de alambre, lo que permitió un aprovechamiento intensivo de la madera, hasta diámetros muy pequeños. Además, debe tomarse en cuenta el bajo porcentaje de corteza de un 7% que presenta esta especie.

El raleo de 60% con base en el número de árboles permitió un 65.5% más de aprovechamiento en volumen que el raleo de 40%. El mayor volumen es aportado por los postes, el cual alcanza 85% en el raleo de 40% y un 91% en el raleo de 60%, mientras que los puntales y separadores aportan únicamente un 15% y 9% para ambos tratamientos respectivamente (Cuadro 4).

El volumen total promedio obtenido por hectárea a los 3.5 años de edad, el cual fue de 89 m<sup>3</sup>/ha,

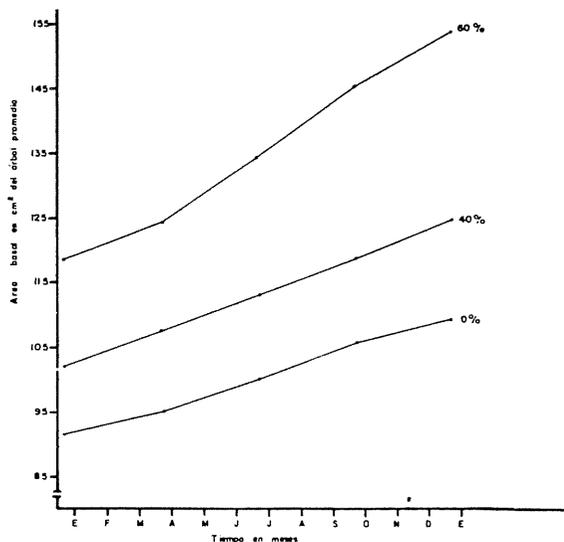


Fig. 1. Crecimiento promedio en diámetro por tratamiento expresado en área basal en *Eucalyptus deglupta* B1 de 3.5 años de edad.

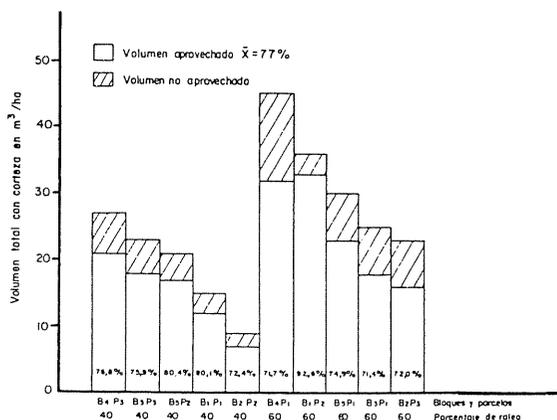


Fig. 2. Volumen total raleado por hectárea por tratamiento y volumen aprovechado en *Eucalyptus deglupta* B1 de 3.5 años de edad.

Cuadro 3. Intensidad de raleo expresada en porcentaje de número de árboles, área basal y volumen en los raleos de 40% y 60%, en *Eucalyptus deglupta* B1 de 3.5 años de edad.

Bloque y parcela	Número de árboles/ha			Área basal en m <sup>2</sup> /ha			Volumen en m <sup>3</sup> /ha		
	A*	D**	%***	A*	D**	%***	A*	D**	%***
Raleo de 40%									
Promedio	1.333	778	41	11.0	8.3	24	84.2	65.1	23
Raleo de 60%									
Promedio	1.311	533	60	10.8	6.4	40	84.8	53.0	37

\*A = Antes del raleo; \*\*D = Después del raleo y \*\*\*%= Porcentaje raleado.

Cuadro 4. Promedio de número y volumen en m<sup>3</sup> de postes, puntales y separadores, producto de los raleos de 40% y 60% en *Eucalyptus deglupta* Bl. de 3.5 años de edad.

	Postes		Puntales		Separadores		Total
	No./ha	Vol. m <sup>3</sup> /ha	No./ha	Vol. m <sup>3</sup> /ha	No./ha	Vol. m <sup>3</sup> /ha	Vol. m <sup>3</sup> /ha
Raleo de 40% promedios	1 622	12 63	195	1 78	555	0 44	14 85
Raleo de 60% promedios	2 563	22 34	195	1 78	630	0 49	24 61

es decir 68.5 m<sup>3</sup>/ha de volumen aprovechable, representa según el precio actual de \$ 150/m<sup>3</sup>\* al que el CACTU compra esta madera en Turrialba, un valor de \$ 10.275/ha.

#### Cuadros de volumen y de número de piezas

Para la elaboración de los cuadros de volumen se probaron 15 modelos matemáticos de los cuales se seleccionaron los que presentaron mayor índice de correlación (r) y menor índice de Furnival (IF) como lo fueron:

Para el cuadro de volumen total de una entrada sin corteza:

$$V = 4.62484 \times 10^{-3} - 3.27412 \times 10^{-3} (d) + 8.48059 \times 10^{-4} (d^2)$$

Para el cuadro de volumen total de doble entrada sin corteza:

$$V = 7.35329 \times 10^{-4} - 9.66271 \times 10^{-5} (d^2) + 1.30644 \times 10^{-4} (dh) + 3.38044 \times 10^{-5} (d^2 h)$$

Como los cuadros elaborados en el presente estudio se basan en una muestra de árboles de una plantación, pueden aplicarse a plantaciones en las que la relación diámetro-altura sea parecida a ésta. Se recomienda su uso en la zona de Turrialba, en condiciones similares de crecimiento.

#### Características de los suelos

Los resultados obtenidos, tanto en las propiedades físicas como químicas del suelo, son parecidas a las encontradas por Aguirre (1) en suelos cercanos

al área de estudio, pertenecientes a la serie denominada "Colorado".

En general, las propiedades químicas alcanzaron valores muy bajos, mientras que las propiedades físicas revelan que los suelos presentan buen drenaje y son muy arcillosos.

El alto grado de desarrollo que presentan estos suelos se debe, según Hardy y Bazán, citados por Aguirre (1), al tiempo al que han estado expuestos a la meteorización y continua lixiviación.

La baja densidad aparente encontrada puede ser debida a recientes depósitos de cenizas volcánicas que se han acumulado sobre estos suelos y al alto contenido de materia orgánica, encontrado principalmente en el horizonte A, con un promedio por perfiles de 9.3%.

Al comparar los valores obtenidos en las propiedades químicas y físicas del suelo, con los valores resultantes de las alturas promedio de árboles dominantes por bloque, se aprecia que el bloque No. 1 alcanzó valores mucho más altos que los restantes bloques. Se encontró que estas diferencias fueron mayores con respecto a los bloques 2 y 3 y que pueden estar relacionadas con los valores más altos que presenta el bloque No. 1 en las propiedades químicas para el Ca y Mg y una menor acidez extraíble; y en las propiedades físicas valores más bajos en el porcentaje de arena y un mayor porcentaje de espacio poroso capilar, lo que podría permitir un mejor aprovechamiento del agua disponible en el suelo por las plantas.

#### Análisis económico

El ingreso neto se calculó de forma que el

$$\text{Ingreso neto} = \text{ingreso total} - \text{costo total.}$$

\* 1 US\$ = \$ 8.54

De esta manera, para el análisis de presupuesto total se obtuvo ₡ 3 894.79/ha cuando se efectuó un raleo del 40% y de ₡ 5 896.95 cuando se raleo al 60%.

La diferencia encontrada tanto en el análisis de presupuesto total como en el análisis de retorno mínimo a favor del raleo de 60% se explica por el hecho de que esta intensidad produce aproximadamente un 50% más que la alternativa de 40% de raleo y permite la extracción de árboles con diámetros mayores. Esto no ocurre en el raleo de 40% en el que el número deseado de árboles a extraer se consigue con árboles delgados o de mala forma y muy pocos con mayor diámetro.

### Conclusiones

Los resultados obtenidos en las condiciones en que se realizó el presente estudio, permiten hacer las siguientes conclusiones:

1. Los rendimientos obtenidos en la plantación en estudio, tanto en altura, área basal como en volumen son parecidos a los mejores rendimientos reportados en otros países.
2. Las tendencias de crecimiento en diámetro expresado en área basal en el período de observación, no muestran diferencia entre el testigo y el raleo de 40%, mientras que el raleo de 60% es superior a estos dos.
3. Los valores obtenidos con el índice de espaciamiento (S%) a la edad de 3.5 – 4.5 años, muestran que esta especie presenta respuesta muy rápida a los raleos y al parecer requiere ser raleada hasta un S% mayor de 30% para asegurar períodos de cuando menos 2 años sin efectuar raleos.
4. El tratamiento de 60% de raleo con base en el número de árboles permite un 65.5% más de aprovechamiento en volumen que el raleo de 40% y el análisis del presupuesto total muestra una diferencia de 51% a favor del tratamiento de 60% de raleo comparado al de 40%.
5. Tanto en los raleos de 40% como en el de 60% se obtiene un porcentaje de aprovechamiento alto, con un promedio de 77%.
6. El raleo de 60% además de ser más rentable y ofrecer un adecuado espacio para el desarrollo del dosel, permitió distribuir el ICA en el período de observación, que fue similar al de los tratamientos de 0% y 40% de raleo, en un número menor de ár-

boles de mejor forma y calidad, además es preferible desde el punto de vista fitosanitario.

### Resumen

El presente estudio se realizó en una plantación de *Eucalyptus deglupta* Bl. en Turrialba, Costa Rica. Los objetivos principales fueron determinar el rendimiento de esta especie a los 3.5 – 4.5 años de edad, cuantificar y comparar el material extraído de dos intensidades de raleos selectivos de 40% y 60%, utilizando un diseño de bloques al azar.

En las parcelas de 40% de raleo, se aprovechó un promedio de 14.8 m<sup>3</sup>/ha, mientras que en las de 60% de raleo, se obtuvieron 23.6 m<sup>3</sup>/ha, lo que significa un 65.5% más de aprovechamiento y en ambos tratamientos se alcanzó un porcentaje de aprovechamiento alto, con un promedio de 77%. El análisis de presupuesto total reportó un promedio de ingreso neto por hectárea de ₡ 3.894 (US\$ 456) en el raleo de 40% y de ₡ 5 896 (US\$ 690) en el raleo de 60%.

Se concluye que los rendimientos obtenidos, tanto en altura, en área basal, como en volumen, son similares a los mejores rendimientos reportados en otros países. La especie presenta una respuesta muy rápida a los raleos y al parecer requiere ser manejada con un índice de espaciamiento (S%) mayor de 30 para asegurar períodos de a lo menos 2 años sin efectuar raleos.

### Literatura citada

1. AGUIRRE-ASTE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, IICA-Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 139 p.
2. FISHWHICK, R. W. Estudos de espaçamentos e desbastes plantações brasileiras. Brasil Florestal 7(26):13-23. 1976
3. GRIPMA, P. *Eucalyptus deglupta* Bl.: una especie forestal prometedora para los trópicos húmedos de América Latina. Turrialba 19(2): 267-283. 1969.
4. HEATHER, W. A. The Kamarere forests of New Britain. Empire Forestry Review 34(3):255-278. 1955.
5. HILEY, W. E. Conifers: South African methods of cultivation. London, Faber and Faber, 1959. 123 p.

6. HOLDRIDGE, L. R. Life zone ecology. 2ed. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1967. 206 p.
7. MARTIN, B. Etablissement de tarifs de cubage pour peuplements d'*Eucalyptus deglupta* (= naudiniana), âgés de 4 ans et demi et plantés à écartement (2.5 x 2.5 m) sur savanes argileuses de Loudima. s.l., Centre Technique Forestier Tropical au Congo, 1970. 15 p.
8. VEGA, L. El espaciamiento y otras características silviculturales de *Eucalyptus deglupta* Bl. en Suriname. s.l., 1979. 22 p. (Sin publicar).
9. VOORHOEF, A. G. y SCHULZ, J. P. La necesidad de parcelas permanentes de clareo y rendimiento en plantaciones forestales. Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación. Boletín No. 27-30. 1968. pp. 3-17.

## Publicaciones

JIMENEZ—SAA, H. comp. Resúmenes de las tesis de grado de Magister Scientiae presentadas en el Departamento de Recursos Naturales Renovables del CATIE; 1952-1981. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Serie Bibliotecología y Documentación. Bibliografía No. 7 1982 252 p.

Dentro de los materiales no-convencionales, las tesis de grado representan documentos muy valiosos pero de difícil acceso al público. Este hecho motivó al Grupo Especializado de Información Forestal—entidad creada para actuar dentro del marco del AGRINTER— a estimular la divulgación de la información contenida en las tesis de grado de las instituciones latinoamericanas de educación superior en el área de las ciencias forestales y ramas afines. El Grupo está coordinado por INFORAT (Información y Documentación Forestal para América Tropical), proyecto del CATIE patrocinado por el Programa Suizo de Cooperación para el Desarrollo, DDA.

Siguiendo los lineamientos planteados por el Grupo, el CATIE ofrece ahora la compilación de 114 resúmenes de las tesis de Grado de Magister Scientiae presentadas en el Departamento de Recursos Naturales Renovables entre 1952 y 1981.

El trabajo incluye algunos detalles que, hasta cierto punto, son novedosos en este tipo de publicaciones. En primer lugar, se ofrecen instrucciones claras y detalladas a los usuarios que deseen consultar los

textos completos de las tesis y que deseen obtener por correo fotocopias y microfichas de los mismos. En segundo lugar, se presentan los cuadros de contenido de las tesis, con el propósito de complementar el resumen y de permitir a los usuarios obtener fotocopias de sólo una parte de las tesis, si así lo desean. También se ofrecen índices de autores, temas, especies y países. Por otro lado, se da una descripción sucinta del procedimiento seguido para la compilación de los resúmenes y la publicación del trabajo.

Tomando como base esta publicación, el Grupo está tratando de estimular a las instituciones forestales de educación superior de América Latina y el Caribe para que ellos mismos compilen los resúmenes de sus tesis, contribuyendo así al propósito ya enunciado de difundir tan valiosa información; esto es muy deseable dado que según se indica en la publicación, se estima en más de 3 000 el número de tesis forestales de la región que actualmente “reposan en los anaqueles de las bibliotecas, sin mayor uso”. Cuando varias instituciones hayan comprado la idea y la información contenida en las tesis de grado esté circulando ampliamente, podría pensarse en unir esfuerzos y establecer un servicio del tipo del que actualmente presta “Dissertation Abstracts” en Estados Unidos. Para información adicional los interesados pueden dirigirse a INFORAT/Att. H. Jiménez Saa/7170 CATIE/Turrialba, Costa Rica.

El esfuerzo realizado en esta publicación merece el reconocimiento de aquellas personas que pueden valorar el significado de la transferencia de tecnología y la difusión de la información. Esta obra debe estar en las bibliotecas de cualquier centro de investigación relacionado con recursos naturales renovables en el trópico.

# ZONIFICACION AGROECOLOGICA PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum spp.*) EN COSTA RICA<sup>1</sup> /

OSCAR E ROJAS\*  
MICHEL ELDIN\*\*

## Summary

*This paper establishes agro-ecological zones for sugar cane crop in Costa Rica. Definitions of zoning units are based on the combination of three indexes: potential yield, climatic conditions needed for saccharose accumulation, and soil class. Potential yield was calculated by means of a production function which correlates the most important climatic variables (solar radiation and air temperature) to the biological processes which determine net biomass production (photosynthesis and respiration). A frequential analysis of rainfall was also used; it expresses water availability for the crop in terms of probability of occurrence of a certain amount of rainfall related to potential evapotranspiration (ETP) for the period under consideration. A period of ten days was selected for the analysis, as this is consistent with the water reserve in average soils.*

*The discussion of climatic conditions necessary for saccharose accumulation in the crop is based on rainfall probabilities and the analysis of the variation between maximum and minimum temperature prior to harvest. st.*

*Units are classified and placed in decreasing order of probability of good yields, to facilitate interpretation for users of the resulting agro-ecological zoning map.*

## Introducción

**T**odo programa de desarrollo agrícola para su efectiva planeación y ejecución deberá integrar dos etapas que son indispensables en la definición de políticas agrícolas. La primera etapa, es la evaluación del potencial agroecológico de la micro o macro región que se desee desarrollar. Esta etapa relaciona el clima y el suelo de la región, con los cultivos alternativos de posible fomento. Como resultado se determina cuáles de estos cultivos son, desde un punto de vista agroecológico, los más adecuados para in-

centivar. Con ello se podrá realizar una explotación racional, acorde con la capacidad productiva de los recursos naturales, procurando a la vez, el equilibrio y conservación de los ecosistemas.

La segunda etapa se refiere a la evaluación del potencial socioeconómico de la región. En ella se analizarán las variables socioeconómicas más importantes para el desarrollo de los diferentes cultivos, que se hayan determinado en la primera etapa como ecológicamente factibles de explotar. Dichas variables podrían ser, por ejemplo: la disponibilidad de capital en la zona, disponibilidad de mano de obra, infraestructura, costos de oportunidad, demanda por el producto y otros. Las zonificaciones agroecológicas son los instrumentos más adecuados para alcanzar con éxito los objetivos de la primera etapa; ellas resumen en forma bastante clara para los economistas y planificadores agrícolas, el potencial agroecológico de la región bajo estudio.

El propósito del presente estudio, es dar continuidad a las ideas expuestas en un artículo anterior (13), referidas al caso específico de la zonificación agroecológica del cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica.

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 6 de mayo de 1983. El presente artículo es parte de una investigación realizada en forma conjunta por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y por la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar de Costa Rica (LAICA).

\* Ingeniero Agrónomo, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

\*\* Director de Investigaciones del Instituto Francés de Investigaciones Científicas y Técnicas de Ultra Mar (ORSTOM).

A la vez, se espera que éstas sirvan como una contribución a la metodología de la zonificación agroecológica de cultivos. No se pretende entrar en el campo de la segunda etapa, pero se considera que éste deberá ser el paso inmediato a darse.

### Materiales y métodos

Se tomó la división de Costa Rica en regiones físico-geográficas realizada por el Instituto Meteorológico Nacional, para hacer el análisis y las estimaciones de tipo agroclimático por región homogénea. Además se empleó una base de tiempo de diez días para estudiar cada variable climática.

Como guía general se modificó y utilizó el esquema metodológico desarrollado en la década de los años setenta por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) (5, 9).

Las etapas que comprende dicho esquema se presentan a continuación:

- a. Primera Etapa: Definición de los requerimientos agroecológicos del cultivo.
- b. Segunda Etapa: Constitución de un banco de datos meteorológicos y estimación de los elementos climáticos deficitarios para el área en estudio.

En esta etapa se emplearon los datos de 101 estaciones meteorológicas, de las cuales 72 tienen registros diarios de la precipitación, 54 registran las temperaturas máxima y mínima diarias y 22 el brillo solar. Es importante señalar que todas las estaciones que registran la precipitación fueron seleccionadas por presentar más de 20 años de registro y por una adecuada ubicación en el territorio nacional.

- c. Tercera Etapa: Utilización de análisis frecuencial de lluvias para la determinación del periodo de cultivo.

Esta técnica propuesta por Eldin (2, 3) y utilizada en varios trabajos (12, 13, 14) emplea probabilidades, en lugar de promedios, las que tienen un mayor significado e interés en la producción agrícola. El análisis frecuencial expresa la disponibilidad de agua para el cultivo en términos de probabilidades de ocurrencia de una cantidad de lluvia relacionada con la evapotranspiración potencial (ETP) del periodo considerado. El periodo seleccionado de análisis fue de diez días (denominado década) por guardar relación con la reserva hídrica del suelo. Para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) se utilizó la fórmula propuesta por Priestley y Taylor (11).

- d. Cuarta Etapa: Definición de los índices de potencialidades de producción y su expresión cartográfica.

Para el caso específico del cultivo de la caña de azúcar se emplearon dos índices agroclimáticos para evaluar el potencial azucarero de cada región.

Uno analiza la influencia del clima con respecto al tonelaje de caña de azúcar por hectárea o su equivalente en materia seca, y el otro la influencia del mismo sobre la acumulación de sacarosa en la planta. Estos dos índices se describen con mayor grado de detalle en un artículo anterior (13). Los mapas resultantes fueron trazados a la escala 1:500.000.

- e. Quinta Etapa: Análisis de las variables fisioedáficas.

A partir del conocimiento de los requerimientos edáficos y de las prácticas culturales más aconsejables (riego, mecanización, etc.) para el cultivo determinadas en la primera etapa, se analiza la información disponible sobre aspectos topográficos y edáficos del territorio a zonificar.

En este caso se reclasificaron las unidades del mapa de Asociación de Sub-grupos de Suelos de Costa Rica (10), según su aptitud para el cultivo de caña de azúcar.

- f. Sexta Etapa: Síntesis cartográfica sucesiva.

La síntesis cartográfica consiste en la sobreposición y síntesis sucesiva de los mapas elaborados en las etapas anteriores. Esto es, se discriminan aquellas áreas del territorio que no son contempladas por los mapas de índices agroclimáticos o por el mapa de las variables fisioedáficas.

- g. Séptima Etapa: Presentación de los resultados finales.

El seguimiento de las siete etapas anteriores darán como resultado la zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar, tal como se representa en la Figura 1.

### Resultados y discusión

#### Definición de los requerimientos agroecológicos del cultivo (Primera Etapa)

La caña de azúcar para su cultivo está limitada fundamentalmente por dos componentes ecológicos, el clima y el suelo, comportándose el primero en forma regular en todas las áreas cañeras del mundo, mientras que el tipo de suelo puede ser variable.

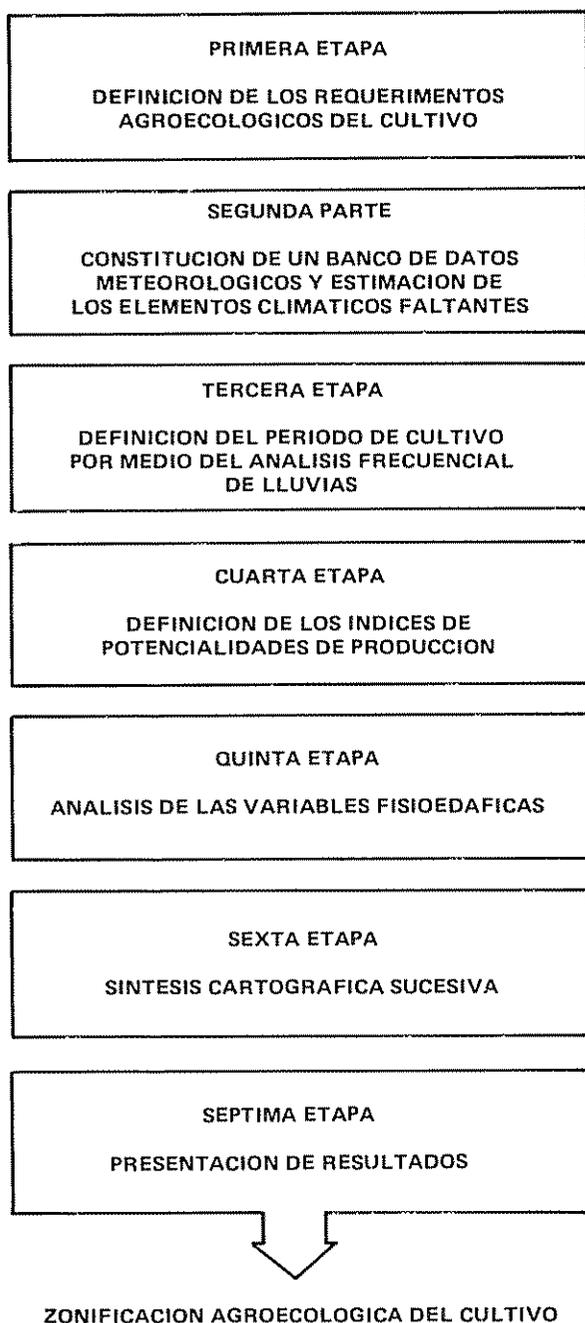


Fig. 1 Etapas del esquema metodológico necesarias para la zonificación agroecológica de cultivos

El clima para la caña de azúcar se presenta como el factor determinante en cuanto a rendimiento se refiere. Al respecto varios autores (1, 6, 7) han definido que la temperatura, la luz y la humedad son los principales factores de éste que controlan el desarrollo de la caña.

Se cita, que para que exista una buena germinación, amacollamiento y sobre todo un buen crecimiento, deben predominar temperaturas superiores a los 20°C, encontrándose el óptimo térmico para estos procesos entre 25°C y 33°C. Además se ha comprobado que la asimilación clorofílica aumenta de los 23°C a los 32°C aproximadamente para decrecer luego, mientras que la respiración máxima se sitúa entre los 36 y 38°C. Según esto resulta que por encima de 33°C la producción de materia seca decrece para quedar anulada completamente a cierta temperatura.

Por otro lado, se insiste especialmente en la diferencia térmica que ha de ser importante entre el día y la noche (es decir de las temperaturas máximas y mínimas) en el proceso de acumulación de sacarosa (7, 8).

La caña es por excelencia una "planta de sol". La intensidad luminosa afecta todo el complejo del crecimiento de este cultivo e influye sobre la formación de los azúcares y en especial sobre el contenido de sacarosa y pureza de los jugos (4).

Este cultivo requiere de una buena disponibilidad de humedad en el suelo durante el período de crecimiento. El agua juega un papel importante en la turgencia y la traslocación pero, durante el período de maduración, su contenido debe reducirse, con el objeto de restringir el crecimiento y dar comienzo a la acumulación de la sacarosa.

Cuadro 1. Índices fisioedáficos determinados para la clasificación de los suelos cañeros y no cañeros<sup>1</sup>.

Variable	Optima	Marginal	Ambito
Pendiente (%)	0-20	20-50	-
Profundidad (cm)	> 50	10-50	-
Clase de drenaje <sup>2</sup> /	MD-BD	-	PD-ID
Textura <sup>3</sup> /	FL-A	-	AA-AM
Fertilidad	-	moderado	-
pH (1:2.5)	5.5-8.2	-	4.5-8.5

1 Fuente: FAO. Agroecological zones project. Vol. I. Methodology and results for Africa. World Soil Resources Report. Rome. 1980.

2 ID = Imperfectamente drenado  
MD = Moderadamente drenado  
PD = Pobremente drenado  
BD = Bien drenado

3 FL = Francolimoso  
A = Arenoso  
AA = Arcillo arenoso  
AM = Arcillas montmorilloníticas

Si durante la zafra se presenta precipitación pluvial de cierta magnitud, puede que en el momento no se reduzcan los rendimientos, pero pasados unos días se notará el efecto perjudicial (4, 6, 16).

En resumen, la caña de azúcar es una planta para la cual la luz es esencial y que exige calor y humedad para su crecimiento; además también necesita los fríos nocturnos y exige ser privada de agua poco a poco.

En cuanto al suelo, la mayoría de los autores coinciden en indicar que la caña de azúcar es una planta que tolera muy bien las condiciones diversas del suelo. De una forma general, se cultiva con éxito tanto en terreno arcilloso muy pesado, como en terrenos extremadamente arenosos (4).

En el Cuadro 1 se presenta los índices fisioedáficos que se utilizaron para la clasificación de los suelos en Costa Rica.

#### Constitución de un banco de datos meteorológicos y estimación de los elementos climáticos, deficitarios para el área en estudio (Segunda Etapa)

##### a. Constitución de un banco de datos meteorológicos.

Para Costa Rica se creó un banco de datos meteorológicos en cinta magnética, el cual contiene la información diaria de la precipitación, de las temperaturas máximas y mínima y del brillo solar. Esta información ha sido publicada en colaboración con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el Instituto Francés de Investigaciones Científicas y Técnicas de Ultramar (ORSTOM) y el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) (15).

##### b. Estimación de los elementos meteorológicos deficitarios para el área en estudio.

Se hizo necesaria la estimación de las temperaturas diurna ( $\theta$ ) y diaria ( $t$ ) que se obtienen a partir de las temperaturas máxima ( $t_x$ ) y mínima ( $t_n$ ), para cada década del año, ya que estas se emplean en el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP), así como en el cálculo de los índices de producción agrícola. Para este propósito se empleó las siguientes fórmulas:

$$\theta = \frac{2 t_x + t_n}{3} \quad t = \frac{t_x + t_n}{2}$$

Para el análisis se agrupan las estaciones meteorológicas con la información en regiones climáticas homogéneas: Pacífico Norte, Pacífico Sur, Valle Central, Sub-vertiente Norte y Atlántica. Se utilizó una ecuación lineal, entre la temperatura y la altura sobre el nivel del mar, denominada ecuación altotérmica o gradiente media. Se obtuvieron 37 ecuaciones por parámetro estimado y por región climática, las cuales suman en total 370 ecuaciones altotérmicas. El 84% de los  $R^2$  fueron superiores a 0.90.

El brillo solar tuvo que estimarse debido a la escasez de estaciones que registran este parámetro ya que es un elemento importante para calcular la Radiación Global. El análisis se hizo por región climática. Cuando se contó con suficientes datos como para obtener una ecuación por región y además se calculó una ecuación general con todos los datos existentes. Se probaron diversos modelos con varias variables (promedio temperatura diurna, promedio temperatura diaria, promedio precipitación, altitud, latitud, longitud, etc.). Como resultado se obtuvo una correlación alta entre el promedio interanual por década del brillo solar y el promedio interanual por década de la precipitación. Una década constituye una observación, por lo que por cada estación se cuenta con 37 observaciones. El modelo de mejor ajuste fue de tipo cuadrático. En el Cuadro 2 se presentan las ecuaciones calculadas y sus respectivos coeficientes de correlación ( $R$ ).

#### Utilización de análisis frecuencial de lluvias para la determinación del período de cultivo (Tercera Etapa)

Para cada una de las estaciones meteorológicas con datos de precipitación se realizó el Análisis Frecuencial de Lluvias, siendo posible definir por medio de él, el período de cultivo donde se integrará el Índice de Producción Potencial. A la vez éste da una idea clara de la distribución de las precipitaciones en el transcurso del año en las diferentes zonas analizadas. Como resultado de lo último se puede encontrar diferencias en aptitud en las zonas con respecto al cultivo de la caña de azúcar. Esto se aprecia en la Figura 2, donde se comparan a manera de ejemplo, las curvas del análisis frecuencial para tres regiones diferentes de Costa Rica: el Pacífico Norte, representado por la estación Filadelfia; el Valle Central, por la estación Juan Santamaría y el Atlántico por la estación Limón.

Evaluando sólo este aspecto, se puede concluir que la mejor distribución de lluvias según aptitud para el cultivo de la caña de azúcar, se presenta en la estación Juan Santamaría. Debido a que esta región cuenta con un período de buen abastecimiento hídrico (200 días), necesario para el crecimiento y formación de

Cuadro 2. Relación entre el promedio interanual por década del brillo solar y el promedio interanual por década de la precipitación por región climática.

Región	Ecuación	R
Valle Central	$BS = 8\ 4799 - 0.07797 P + 0.00039392 P^2$	0.85
Pacífico Norte	$BS = 8\ 9524 - 0.06846 P \pm 0.00027891 P^2$	0.88
Pacífico Sur	$BS = 9.1104 - 0.05636 P + 0.00016309 P^2$	0.84
Costa Rica	$BS = 8\ 6388 - 0.06344 P + 0.00022611 P^2$	0.84

BS = Promedio interanual por década del brillo solar.

P = Promedio interanual por década de la precipitación

materia seca y un período de sequía relativa favorable para la acumulación de la sacarosa. Para la estación de Filadelfia se puede observar una división del período de cultivo, al disminuir las probabilidades de incidencia de lluvias mayores o iguales a la mitad de la Evapotranspiración Potencial (ETP/2) del 30 de junio al 18 de agosto. Esto significa que en esta región es necesario contar con riego suplementario para completar la etapa de crecimiento y formación de materia seca. Por último para la estación Limón, se ve en forma clara que no es apta para el cultivo de la caña de azúcar, ya que no se presenta una época de sequía relativa, la cual es indispensable para la acumulación de sacarosa en la caña.

**Definición de los índices de potencialidades de producción y su expresión cartográfica (Cuarta Etapa)**

Para la elaboración de los mapas agroclimáticos se calculó el Índice de Producción Potencial (IPP) y el Índice Climático de Madurez (ICM), para las 72 estaciones con datos de precipitación. Aunque el índice de producción potencial se expresa en toneladas de materia seca por hectárea por período de cultivo y representa aproximadamente la producción anual que podría lograrse si se cumplen sus supuestos, es preciso recordar que tanto este índice como el índice climático de madurez tienen sobre todo un valor relativo y su propósito principal es permitir la definición y com-

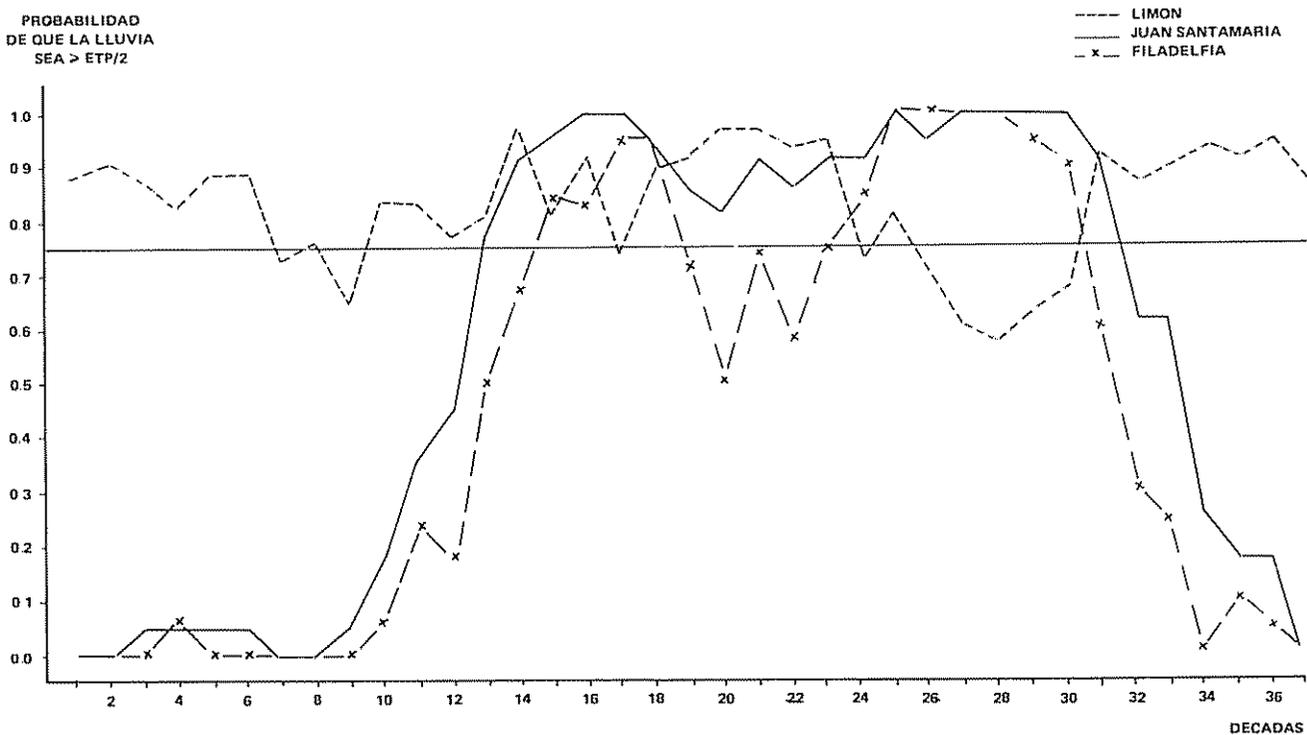


Fig 2. Análisis frecuencial de lluvias para las estaciones Limón, Juan Santamaría y Filadelfia.

Cuadro 3. Relación del Índice de Producción Potencial (IPP) e Índice Climático de Madurez (ICM) con la latitud, longitud y altitud por región climática.

Región	Ecuación	(R)
Valle Central	IPP = -140521131-6.48*ALI+16846.75*LAI+3342608*LOI-19896.6*(LOI) <sup>2</sup> ICM = -11904.7+0.9721*ALI-159.835*LAI+159.91*LOI-0.0000299*(ALI) <sup>2</sup>	0.90 0.89
Pacífico Norte	IPP = -105144+30.66*ALI-12681.7*LAI+3016.78*LOI-0.01817*(ALI) <sup>2</sup> ICM = -4872.45-0.3367*ALI+67.07*LAI+50.53*LOI+0.000191*(ALI) <sup>2</sup>	0.67 0.50
Pacífico Sur	IPP = -286079+2.73*ALI+73844.93*LAI-36.76*LOI-4247.42*(LAI) <sup>2</sup> ICM = -785.15+0.0131*ALI-5.65*LAI+10.088*LOI-0.00001*(ALI) <sup>2</sup>	0.79 0.87
Atlántico	IPP = -274499-13.0*ALI-26.7356*LAI+3791.09*LOI ICM = -471.537+0.000745*ALI-11.522*LAI+7.066*LOI	0.97 0.69
Subvertiente Norte	IPP = -675764+9.291*ALI+1994.82*LAI-7867.26*LOI-0.0092*(ALI) <sup>2</sup> ICM = -479.33-0.0114*ALI+3.92*LAI+5.259*LOI+0.0000125*(LAI) <sup>2</sup>	0.96 0.96

IPP = Índice de Producción Potencial

ALI = Altitud

LAI = Latitud

ICM = Índice Climático de Madurez para una duración probable de zafra de 3 meses

LOI = Longitud

paración de zonas geográficas diferentes desde el punto de vista de su potencial climático de producción agrícola.

Para ayudar al trazado de las isolíneas de estos dos mapas, se calculó una ecuación por región climática a partir de la técnica de regresiones múltiples. Las ecuaciones calculadas y sus respectivos coeficientes de correlación (R) aparecen en el Cuadro 3. Por medio de estas ecuaciones se calcularon algunos puntos de apoyo para el trazado de las isolíneas de los índices agroclimáticos; sin embargo en las regiones donde el coeficiente de correlación resultó bajo no se hicieron estimaciones y se trazaron las isolíneas empleando solamente los valores reales.

A la vez para facilitar la interpretación de estos mapas a los usuarios de la zonificación, se clasificaron los índices en tres categorías: bueno, regular y malo. Para el IPP la clasificación se hizo tomando en cuenta el promedio nacional de tonelaje de caña por hectárea (72 TM/ha) y un rendimiento mínimo rentable (40 TM/ha). Para el ICM se relacionó su valor con el rendimiento en azúcar por región. Como resultado de lo anterior se obtuvo la clasificación que se presenta en el Cuadro 4.

#### Análisis de las variables fisioedáficas (Quinta Etapa)

De acuerdo con los requisitos preestablecidos se reclasificó las unidades del mapa de Asociación de Subgrupos de Suelos de Costa Rica según su aptitud

para el cultivo de caña de azúcar. Se obtuvieron tres categorías: muy buena, buena y regular. Además como información adicional, se señaló el tipo de restricción de cada unidad. Se indicaron las siguientes restricciones: (a) acidez, (p) pendiente, (t) textura, (d) drenaje, (f) fertilidad, (o) profundidad, (i) inundaciones y (r) fragmentos rocosos.

#### Síntesis cartográfica y presentación de los resultados finales (Sexta y Séptima Etapas)

La zonificación agroecológica del cultivo de caña de azúcar se obtuvo mediante la sobreposición de los tres mapas anteriormente descritos (Escala 1:500 000). Su interpretación se facilitó por el uso de

Cuadro 4. Clasificación de los índices de potencialidades de producción de caña de azúcar.

Categoría	Índice de producción potencial* en TM de materia seca/ha	Índice climático de madurez
Bueno	> 26	> 20
Regular	20 - 26	5 - 20
Malo	< 20	< 5

\* Si se considera en forma general que existen 2.5 partes de agua por parte de materia seca, el tonelaje de caña por hectárea correspondiente a 25 y 20 TM de Materia Seca por hectárea sería 65 TM/ha y 50 TM/ha respectivamente.

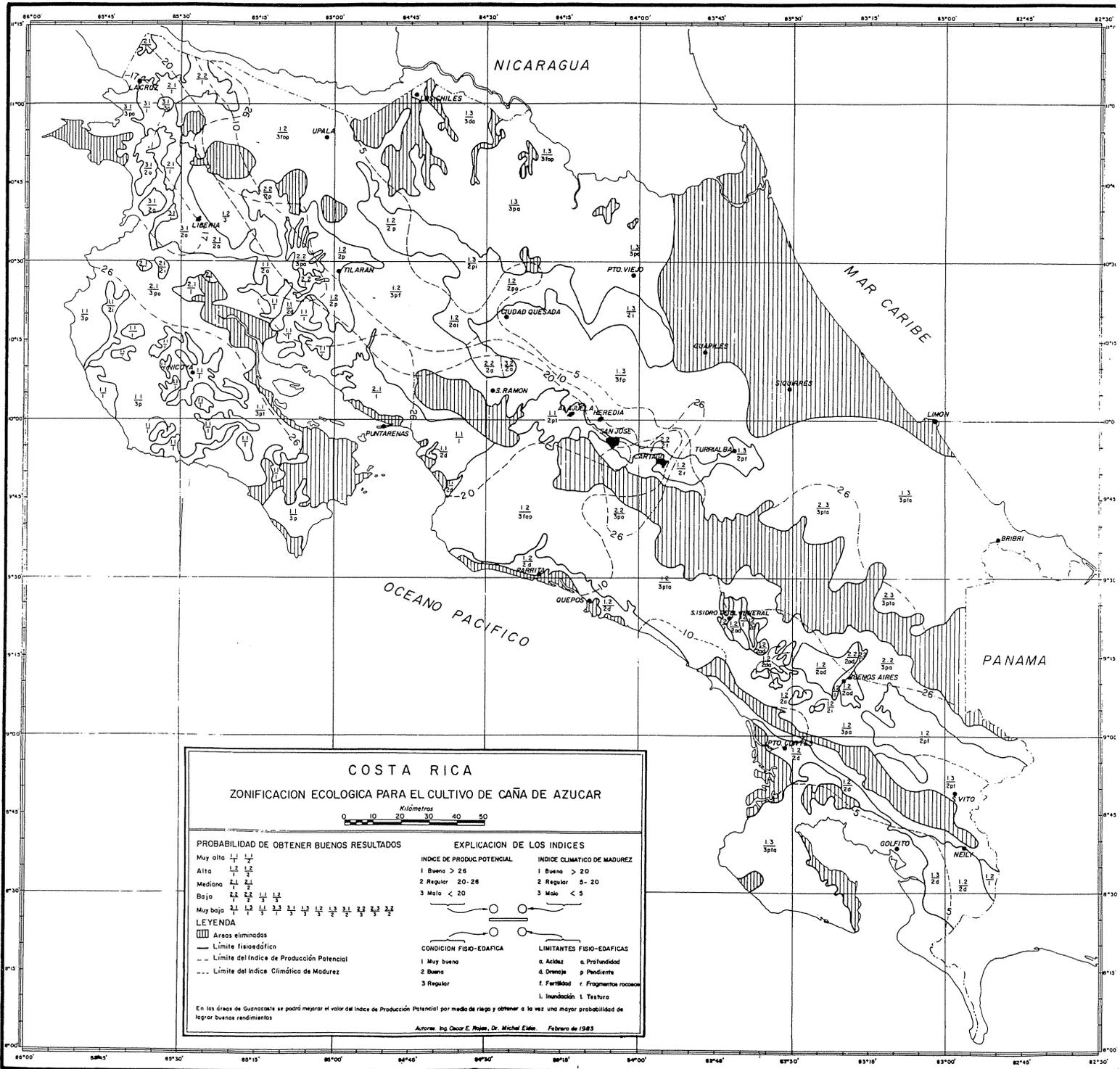


Fig. 3. Zonificación ecológica para el cultivo de la caña de azúcar.

un índice de número fraccionario (a/b) empleado en las zonificaciones anteriormente realizadas por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) (5, 9). En este caso tiene la siguiente interpretación: En el numerador aparecen dos números, el primer número representa la clasificación del Índice de Producción Potencial o sea que se señala si es posible esperar un buen rendimiento en tonelaje de caña por hectárea. El segundo número representa la categoría del Índice Climático de Madurez e indica cómo son las condiciones del clima con respecto a la acumulación de sacarosa en la caña. Por otro lado, en el denominador aparece un número acompañado por una letra; el número representa la categoría fisiológica y la letra las posibles limitantes que deben ser tomadas en cuenta para el manejo eficiente del suelo.

En la Figura 3 se presenta la zonificación agroecológica del cultivo de caña de azúcar para Costa Rica.

### Conclusiones

Con base en esta zonificación agroecológica, los organismos relacionados con el sector agro-industrial de la caña de azúcar podrían definir políticas con mejores elementos de juicio. Por ejemplo, en el caso de querer extender el área de siembra del cultivo, se puede determinar en cuales regiones del país se deberán invertir recursos para realizar proyectos de factibilidad económica. No se estudiarán aquellas zonas que se hayan definido como marginales para el cultivo desde el punto de vista agroecológico.

Además, si se sobrepone el mapa final de zonificación a un mapa de uso actual de la tierra, es posible ver en las áreas definidas como potenciales, el grado de competencia de la caña de azúcar con respecto a otros cultivos; con esta base se harían los estudios pertinentes para determinar el mejor uso. Lo anterior es solamente un ejemplo de la utilización que se le puede dar a este instrumento de planificación. Los organismos con poder de decisión son los responsables de sacar el máximo provecho a este tipo de investigaciones.

### Resumen

En el presente trabajo se realiza una zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. Las unidades de zonificación se definen mediante la combinación de tres índices: rendimiento potencial, condiciones climáticas necesarias para la acumulación de la sacarosa y clases de suelos. El rendimiento potencial se calcula por medio de una función de producción que relaciona las variables más importantes de clima (radiación solar y la temperatura del aire) con los procesos biológicos determinantes

en la producción neta de biomasa (la fotosíntesis y la respiración) y por medio del análisis frecuencial de lluvias que expresa la disponibilidad de agua para el cultivo, en términos de probabilidades de ocurrencia de una cantidad de lluvia relacionada con la evapotranspiración potencial (ETP) del período considerado. El período de análisis seleccionado es de diez días por guardar relación con la reserva hídrica de un suelo con características promedio.

Las condiciones climáticas necesarias para la acumulación de la sacarosa en la caña se fundamentan en el conocimiento de las probabilidades de ocurrencia de la precipitación y del análisis de la variación entre la temperatura máxima y mínima antes del comienzo de la zafra.

Las unidades son clasificadas y jerarquizadas de mayor a menor probabilidad de obtener buenos rendimientos, con el afán de facilitar su interpretación a los usuarios del mapa de zonificación agroecológica obtenido.

### Literatura citada

1. DILLEWIIN CORNELIS, V. Botany of sugar cane, USA. Waltham, Mass. 1952. 371 p.
2. ELDIN, M. A system of agroclimatic zoning to evaluate climatic potential for crop production. In Cusack, D.F. (Ed.) Agroclimatic information for development. Reviving the Green Revolution. Boulder, Colorado, Westview Press. 1983. 83-91 pp.
3. ELDIN, M. Sugerencias para una zonificación agroclimática de escala continental. IICA, Costa Rica. 1981. 14 p.
4. FAUCONNIER, R. y BASSEREAU, D. La caña de azúcar. Barcelona: Editorial Oriente. 1979. 227 p.
5. GARCIA B. J. Una contribución a la metodología de la zonificación ecológica de cultivos anuales. Tesis, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1972. 155 p.
6. GOMEZ A., F. Caña de azúcar. Caracas: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 1875. 669 p.
7. HUMBER, R. P. El cultivo de la caña de azúcar. México: Compañía Editorial Continental. 1974. 719 p.

8. MALAVOLTA, E. Cultura e adubação de caña de açucar. Brasil: Instituto Brasileiro de Potassa. 1964. 367 p.
9. MONTOYA, J. M., *et al.* Informe sobre el proyecto zonificación ecológica de cultivos de consumo básico y tradicionales de exportación para los países del Mercado Común Centroamericano. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1971. 59 p. (100 mapas 1:500 000).
10. OPSA. Manual descriptivo del mapa de asociaciones de sub-grupos de suelos de Costa Rica. 1979. 236 p.
11. PRIESTLEY, C. y TAYLOR, P. A. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large scale parameters. Monthly Weather Review 100. 81-92.
12. ROJAS M. O. Una contribución a la metodología de la zonificación ecológica de cultivos: Estudio agroclimático de la caña de azúcar en Costa Rica, UCR. Tesis. 1982. 130 p.
13. ROJAS, O. y ELDIN, M. Determinación del potencial agroclimático para la producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Costa Rica. Turrialba 33(1):1-10. 1983.
14. ROJAS, O. y ELDIN, M. Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en Costa Rica. San José. LAICA-IICA. 1983. 120 p.
15. ROJAS, O. ELDIN, M. y LHOMME, J. P. Información del banco de datos agroclimáticos de Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Instituto Francés de Investigaciones Científicas y Técnicas de Ultramar (ORSTOM) e Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Costa Rica. 1982. 7 Vols.
16. VARA, F., *et al.* Agrotecnia de la caña. Cubal Empresa Editorial Oriente. 1979. 227 p.

## Reseña de libros

FEDKE, C *Biochemistry and physiology of herbicide action*. Springer Verlag 1982. 202 p.

Este libro es el más reciente sobre el tema, desde la publicación del texto de Ashton y Crafts en 1977. Debido a su índole técnica, el lector debe tener un conocimiento razonable de la bioquímica. Como se indica en el prólogo, los propósitos principales del autor son: 1) poner al lector al corriente sobre las investigaciones más recientes, y 2) promover, en el futuro, el uso de herbicidas como un instrumento valioso en la fisiología de plantas. Se saca en claro después de la última frase que uno de los herbicidas, llamado Diurón o DCMU ha demostrado ser muy útil en las aclaraciones de las complejidades de la fotosíntesis en sí, probablemente, la tarea más importante y práctica del fisiólogo de plantas hoy día.

Para entender el porqué y cómo una planta susceptible es dañada por un herbicida, idealmente se debe saber el primer acontecimiento, el sitio de la interacción molecular, los caminos metabólicos afectados, y la(s) reacción(es) que causan directamente el daño. El primer capítulo presenta un informe claro de los varios enfoques que se pueden utilizar para atacar estos problemas. Como se indica, el modo de acción de muchos herbicidas es todavía conocido sólo parcialmente.

Casi medio libro se dedica a la acción de herbicidas que afectan directamente la fotosíntesis. Aunque éste es el interés especial del autor, el énfasis se justifica en que más del 50% de los herbicidas, conocido hasta el presente, provocan sus efectos por medio de una interferencia de procesos fotosintéticos. Afortunadamente el autor entra en detalles considerables sobre los caminos fotosintéticos, que son relevantes, antes de discutir los efectos de los herbicidas, con el resultado de que el lector no familiarizado con estos detalles pueda entender su razonamiento. En el resto del libro se discuten los efectos de varios herbicidas sobre otros caminos metabólicos como la síntesis de ácidos nucleicos, proteínas y aceites así como sus efectos sobre orgánulos celulares (microtúbulos) que son necesarios para los procesos de crecimiento normal.

Es un factor interesante que para cada herbicida haya diferencias en susceptibilidad entre o dentro de las especies; las razones bioquímicas responsables de este fenómeno también se discuten. Este aspecto es de una importancia obvia y práctica ya que se conoce el desarrollo de razas de malas hierbas resistentes a herbicidas. Prácticamente algunas malezas nocivas se han inmunizado a los herbicidas utilizados para controlarlas, una situación semejante a la ocurrida con la aplicación de insecticidas.

El libro es un compendio excelente de conocimiento, pero no es de fácil lectura. Esto se debe principalmente a la complejidad del sujeto, y la confusión inevitable que ocurre en distinguir los efectos primarios y secundarios de los herbicidas. Aparte de esto, el lenguaje del autor, aunque sea correcto es a veces torpe, revelando que el inglés no es su idioma natural.

M. J. BRISTOW  
CATIE, TURRIALBA  
COSTA RICA

### Summary

*The release of OH groups and phosphate fixation on andosols soil samples were compared. It is concluded that as the degree of weathering increase, OH groups other than those of single coordination are involved in the exchange reactions with phosphate.*

### Introducción

Los andosoles presentan la característica de fijar elevadas cantidades de fósforo, hecho atribuido a la gran proporción de materiales amorfos en los mismos (5). Recientemente Wada y Gunji-gake (6) relacionaron distintas formas extraídas de hierro y aluminio con la adsorción de fósforo, encontrando la relación más estrecha tanto para el Al y Fe ligado al humus como para el Al en compuestos amorfos.

De acuerdo con Peinemann y Helmeý (3) en suelos una gran proporción de fosfato se intercambia con grupos OH<sup>-</sup>. En los óxidos de hierro y aluminio han sido distinguidos diversos tipos de grupos OH de acuerdo a la coordinación que posean con los átomos metálicos; así los de coordinación simple son más fácilmente intercambiados por aniones que aquellos que poseen coordinación doble o triple. Por este motivo se consideró de interés relacionar la fijación de fósforo con la liberación de grupos OH por muestras de distintos tipos de andosoles provenientes de la región precordillerana de la República Argentina, para de ésta forma tratar de obtener indirectamente alguna información adicional acerca de las propiedades de superficie de la fracción mineral que compone estos suelos.

### Materiales y métodos

Para este estudio fueron utilizadas muestras de suelo provenientes de perfiles ubicados en el Parque Nacional Nahuel Huapi de los tres tipos de andosoles más representativos de la región precordillerana austral en la República Argentina (A. vítrico, A. ócrico y A. húmico). Ellos están caracterizados por poseer bajo contenido de arcilla, pH ácido, baja capacidad de intercambio catiónico y elevada capacidad de sorción de aniones. Además poseen distinto grado de evolución lo que se refleja en la proporción de sesquióxidos móviles (4). Submuestras de 2.5 g de cada suelo seco y tamizado fueron puestas en contacto durante 18 horas con 10 ml KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1 M para saturarlas con fosfato; luego se lavó el exceso de sal disuelta y se secaron a 50°C.

La fijación de fosfato se determinó usando 20 mg de suelo sin tratar al que se adicionó 20 ml de distintas soluciones de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> durante 18 horas, de modo que la concentración resultante contenga 0.8, 1.6, 3.2, 4.8 y 6.4 mM de fosfato y determinado el fósforo en solución por el método de Murphy Riley (2).

Los grupos OH liberados fueron determinados mediante titulación ácida en NaF por el método de Bracewell *et al.* (1), tanto en muestras naturales como en las tratadas. En ellas suspensiones de 200 mg de material en 20 ml NaF 1 M fueron tituladas con HCl 0.1 M en función del tiempo manteniendo el punto final de las titulaciones a pH 6.8.

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 23 de setiembre de 1982.

\* Departamento de Ciencias Agrarias Universidad Nacional del Sur 8000 Bahía Blanca - Argentina

## Resultados y Discusión

En la Figura 1 se presenta la liberación de grupos OH en función del tiempo de muestras naturales y saturadas con  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ . De ella se desprende que

la mayor liberación se produce en las muestras correspondientes a los horizontes más meteorizados de los andosoles ócrico y húmico y que a la vez son los que presentan mayor contenido de sesquióxidos móviles. En todos los casos la saturación previa de

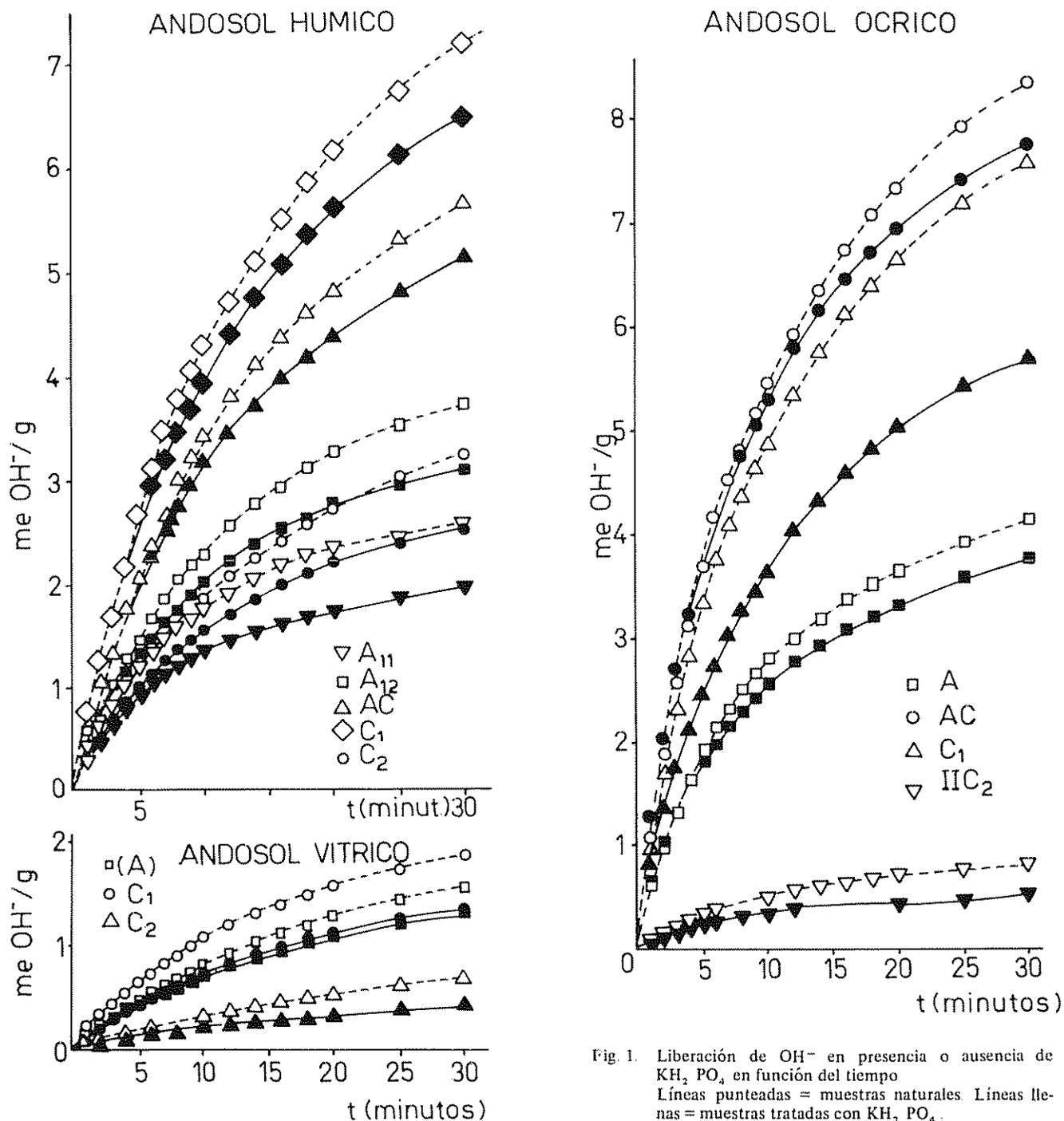


Fig. 1. Liberación de  $\text{OH}^-$  en presencia o ausencia de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  en función del tiempo. Líneas punteadas = muestras naturales. Líneas llenas = muestras tratadas con  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .

las muestras con  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  reduce la liberación de  $\text{OH}^-$ , lo que indica que una parte de estos grupos fue previamente movilizada por intercambio con fosfato. La proporción de esta reducción disminuye con el aumento del grado de alteración de los suelos, obteniéndose un promedio de disminución de un 26% para muestras provenientes de los horizontes C y del 14% para las superficiales, con valores extremos del 40% para la muestra del horizonte  $\text{C}_2$  del andosol vítrico y de 7% para el horizonte AC del andosol ócrico. Estos resultados concuerdan con la cantidad de fosfato liberada de las muestras saturadas luego de un tratamiento con  $\text{NaF}$ .

En la Figura 2 se presentan las curvas de fijación de fósforo en función de la concentración de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ . La forma y distribución de las mismas coincide con las de liberación de grupos  $\text{OH}^-$  presentadas en la Figura 1, por lo que se confirma el hecho que la fijación de los iones fosfato está vin-

culada al intercambio de una reducida proporción de iones  $\text{OH}^-$  liberados con  $\text{NaF}$ .

Si se acepta que la reacción de intercambio que tiene lugar es del tipo:  $\text{M} - \text{OH} + \text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons \text{M} - \text{H}_2\text{PO}_4 + \text{OH}^-$  siendo M un catión metálico (Al, Fe) y por otra parte admitimos que los grupos  $\text{OH}^-$  ligados en coordinación simple predominan en esta reacción, entonces se puede deducir que a medida que avanzan los procesos de meteorización en estos materiales aumenta la coordinación en estos grupos, quedando menor proporción en coordinación simple.

Al relacionar la disminución de grupos  $\text{OH}^-$  liberados por las muestras saturadas en relación a las muestras naturales con la fijación de fosfato, se deduce que en las muestras de horizontes poco alterados sólo una proporción de estos  $\text{OH}^-$  son intercambiados por fosfato y que en las muestras de los

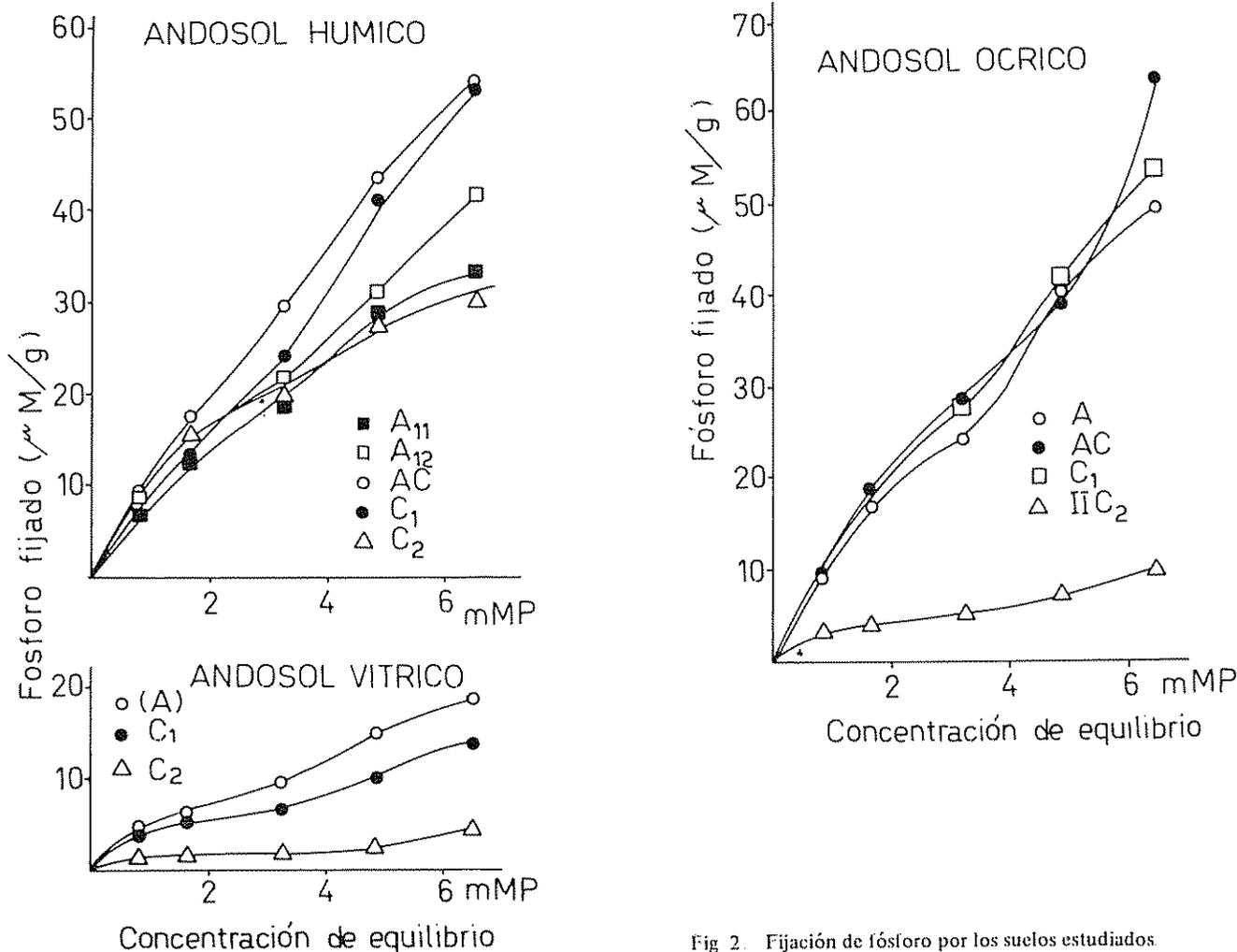


Fig 2. Fijación de fósforo por los suelos estudiados.

horizontes orgánicos, como así también en los más meteorizados, deben participar otros grupos OH en el intercambio con fosfato ya que la cantidad fijada de este último es superior a la disminución en grupos OH liberados

#### Resumen

Se compara la liberación de grupos OH y la fijación de fosfato por muestras de suelos reconocidos como andosoles. Se concluye que a medida que avanza el grado de meteorización intervienen otros grupos OH, además de los de coordinación simple, en las reacciones de intercambio con fosfato.

#### Literatura citada

1. BRACEWELL, J. M., CAMPBELL, A. S. Y MITCHELL, B. D. An assessment of some thermal and chemical techniques used in the study of poorly-ordered aluminosilicates in soil clays. *Clay Minerals* 8:325-335. 1970.
2. MURPHY, J. y RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 27:31-36. 1962.
3. PEINEMANN, N. y HELMY, A. K. Sorption of phosphate by hydrous oxides of aluminium and iron. *Journal of Electroanalytical Chemistry* 78:325-330. 1977.
4. PEINEMANN, N. y QUEVEDO, L. Propiedades de andosoles de la región precordillerana austral. *Ciencia e Investigación Agraria* (Chile) 1982. (en prensa)
5. WADA, K. Reactions of phosphate with allophane and halloysite. *Soil Science* 87:325-330. 1959.
6. WADA, K. y GUNJIGAKE, N. Active aluminium and iron and phosphate adsorption in ando soils. *Soil Science* 128:331-336. 1979.

RELACION ENTRE DENSIDAD POBLACIONAL DE LA BABOSA *Vaginulus plebeius*<sup>1</sup> /  
Y EL DAÑO EN FRIJOL COMUN, *Phaseolus vulgaris*\*/

KEITH L. ANDREWS\*\*  
ARELI HUEZO DE MIRA\*\*\*

### Summary

*Direct nighttime observations and baited pit fall traps were used to determine population densities of active slugs, Vaginulus plebeius at various distances from a source of infestation. These observations were related to seedling damage and yield of dry beans. Each active slug/m<sup>2</sup>/night, resulted in plant stand reduction of 20% and yield reduction of 16%. For each slug captured in the pit fall traps per night, the plant stand was reduced by 14% and yield by 11%. Tentative economic injury levels of 0.25 active slugs/m<sup>2</sup> or 0.4 slugs/trap/night were calculated. In the presence of bean seedlings, slugs move only short distances.*

### Introducción

Un aspecto esencial de un programa de manejo integrado de plagas es el conocimiento de la relación entre la densidad de población de la plaga y el daño que resulta en el cultivo. Este conocimiento permite el establecimiento de un nivel crítico de la plaga; por sobre el cual la aplicación de un plaguicida es generalmente económica, mientras por debajo del mismo, es generalmente antieconómica.

A nivel mundial existe poca información respecto a los niveles económicos de daño causado por la

babosa. No se ha encontrado información sobre niveles críticos para *Vaginulus plebeius* en frijol. A continuación se presentan los resultados de un estudio en el cual se aprovechó la tendencia de la plaga a moverse poco para establecer una gradiente de infestación a través de una siembra de frijol. Esta gradiente proveyó la oportunidad de medir la relación entre número de babosas activas y daño resultante.

### Materiales y métodos

El ensayo fue llevado a cabo en San Andrés, Departamento de La Libertad, El Salvador. Se aró y surcó una parcela de 20 x 50 m libre de babosas. Se colocó en el centro de la misma una faja de 2 x 50 m con cierta cantidad de paja (Figura 1) de grama seca cortada, tallos y hojas de maíz y sorgo, la cual sirvió como refugio y fuente de infestación para las babosas. Pequeñas cantidades de paja fueron colocadas alternadamente sobre los surcos como protección para las babosas que no pudieron regresar al refugio durante el día. El 19 de setiembre de 1979 se sembró la variedad de frijol Rojo de Seda con una densidad de 15 y 20 semillas por m lineal en los lados norte y sur, respectivamente, en camellones distanciadas a 60 cm.

Para propósitos de análisis, el lote fue dividido por la fuente en dos secciones de 9 x 50 m y a la vez éstas se dividieron por la mitad, resultando cuatro áreas experimentales de 9 x 25 m cada una con 6 trampas y 8 lugares de inspección.

1 Pulmonata: Veronicellidae.

\* Recibido para publicación el 12 de julio de 1982.  
Florida Journal Series number 3806  
Se agradece el valioso apoyo de la Ing. Ana Margoth Chávez de Andrews y de los Sres. Antonio Laínez y Napoleón Flores. Asimismo la ayuda del Depto. de Biometría de CENTA y de los Dres. Luciano Campos, Mario Contreras y Pablo Paz por su comentario sobre el manuscrito. Este estudio fue apoyado por el CENTA-MAG y por la AID-El Salvador.

\*\* Anteriormente asesor, Departamento de Parasitología Vegetal, CENTA, San Andrés, La Libertad, El Salvador. Actualmente Profesor, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras y Assistant Research Scientist, Department of Entomology and Nematology, University of Florida, Gainesville, FL 32611, USA.

\*\*\* Técnico, Departamento de Parasitología Vegetal, CENTA, San Andrés, La Libertad, El Salvador.

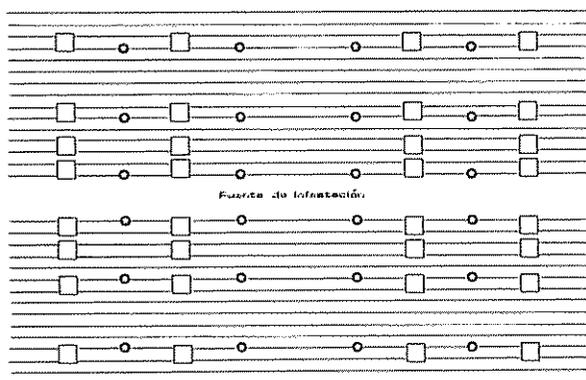


Fig. 1. Plano de campo mostrando los sitios de muestreo. Círculos representan las trampas y los cuadros señalan los sitios de muestreo nocturno directo. San Andrés, El Salvador 1979.

El día de la emergencia de las plantas, aproximadamente 7 000 babosas fueron colocadas en la fuente. Las babosas se recolectaron previamente bajo la hojarasca en plantaciones de banano, camote o aguacate.

La población de babosas fue cuantificada usando los dos métodos descritos por Andrews (1). Todas las noches entre las 0230 y 0430 horas se hicieron observaciones directas de la cantidad de babosas activas y expuestas, usando una lámpara de mano y un marco de madera de 1 m<sup>2</sup>. Las muestras se tomaron en 32 sitios cada noche. También se revisaron diariamente las trampas de lata enterradas, conteniendo cebo envenenado, contándose las babosas capturadas y renovándose el cebo entre las 1 600 y 1 800 horas. A los 18 días después de la emergencia se quitó la paja y se aplicó un moluscocida para terminar la infestación. El número de plantas/m lineal en cada surco se determinó 21 días después de la germinación. Una planta se definió como muerta si el brote terminal estaba destruida, las plantas que podían crecer, aún estando significativamente defoliados, se clasificaron como vivas.

Se arrancaron las plantas a los 67 días y se desgranó 4 días después. El peso del grano se obtuvo para cada 25 m lineales de surco.

### Resultados

La Figura 2 presenta la media de babosas/m<sup>2</sup>/noche, encontradas en los recuentos nocturnos. Se encontró mayor número de babosas cerca de la fuente y en las parcelas al oeste. La misma figura presenta la media de babosas/trampa/noche en cada una de las 12 áreas. Nuevamente se encontraron más babosas

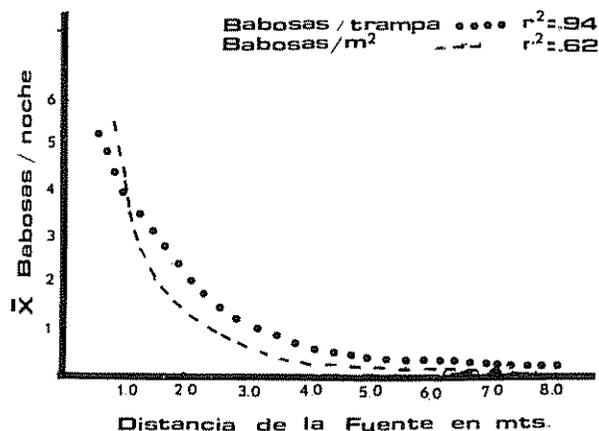


Fig. 2. Relación entre distancia de la fuente de infestación y número de babosas encontradas usando 2 métodos de muestreo. San Andrés, El Salvador. 1979

cerca de la fuente y en los lotes al oeste. Aparentemente, se infestaron más babosas en el oeste que en el este. Aquellos surcos próximos a la fuente fueron los más severamente dañados. Las babosas no causaron daño medible más allá del quinto surco.

La Figura 3 muestra la relación de la cantidad de babosas/m<sup>2</sup> hasta los 18 días y la cantidad de plantas/m lineal presentes a los 21 días. Para la mitad norte del lote, el número de plantas presentes/m lineal en surcos sin babosas fue de 8.7. El análisis de regresión lineal estableció que por cada babosa/m<sup>2</sup>, se perdieron 1.7 plantas/m lineal. En el lado sur, donde los surcos libres de babosas tenían 12.0 plantas/m lineal, cada babosa/m<sup>2</sup> disminuyó la densidad de plantas en 2.5 plantas/m lineal. En ambos lados, una babosa/m<sup>2</sup> resultó en la pérdida de 20% de las plantas presentes.

La Figura 4 muestra la relación según el análisis de regresión lineal entre la cantidad de babosas/trampa/noche hasta los 18 días y la cantidad de plantas/m lineal a los 21 días. En el lado norte, cada babosa/trampa fue relacionada con una pérdida de 1.2 plantas/m lineal. Al sur cada babosa/trampa fue relacionada con una pérdida de 1.7 plantas/m lineal. En ambos casos, una babosa/trampa/noche resultó en la pérdida de 14% de las plantas.

La Figura 5 presenta la relación entre  $\bar{X}$  babosas/m<sup>2</sup>/noche y el rendimiento en peso seco de grano. Los rendimientos fueron bajos debido a un fuerte ataque temprano de *Empoasca* sp.; sin embargo, el rendimiento de 830 kg/ha es típico para el área. El análisis de regresión indicó que se perdió el 16% del rendimiento, o sea 130 kg/ha por cada babosa/m<sup>2</sup>.

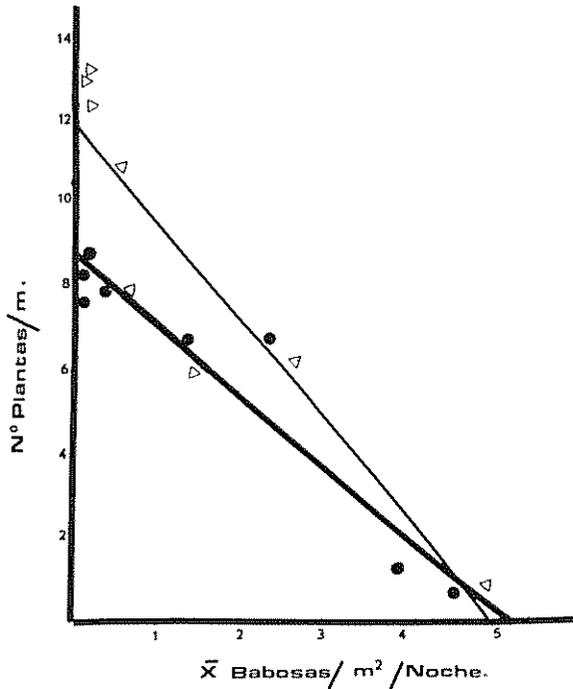


Fig. 3 Relación entre la media de babosas/m<sup>2</sup>/noche hasta los 18 días después de la germinación y el número de plantas/m lineal a los 21 días. Círculos representan datos del lado sur y triángulos el lado norte. San Andrés, El Salvador. 1979.

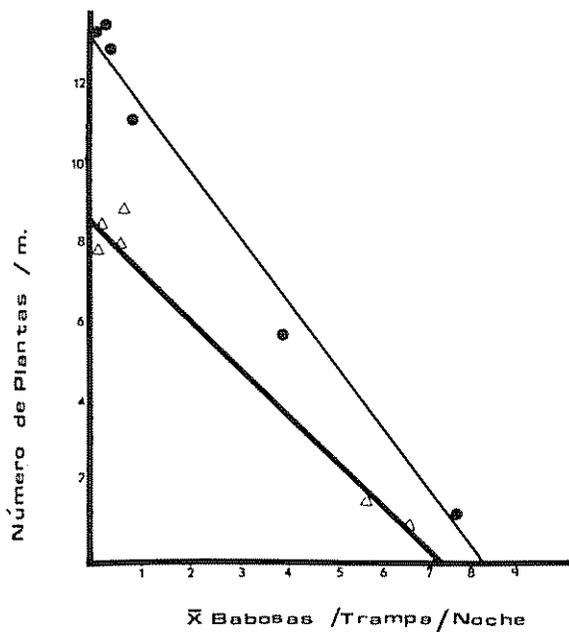


Fig. 4. Relación entre la media de babosas/trampa/noche hasta los 18 días después de la germinación y la media de plantas/m lineal a los 21 días. Círculos representan datos del lado sur y triángulos del lado norte. San Andrés, El Salvador. 1979.

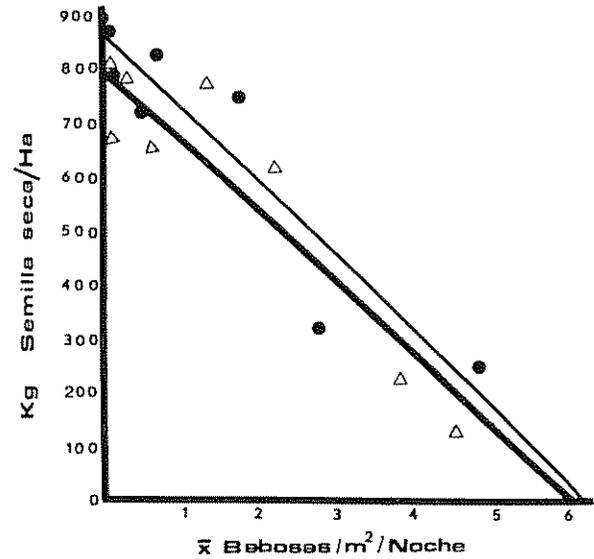


Fig 5 Relación entre la media de babosas/m<sup>2</sup>/noche hasta los 18 días después de la germinación y el rendimiento de grano seco/ha. Círculos representan el lado sur y triángulos el lado norte. San Andrés, El Salvador 1979.

La Figura 6 muestra que la pérdida resultante de una babosa/trampa/noche fue del 11% de la cosecha, o sea 90 kg/ha.

### Conclusiones

La tendencia de las babosas a moverse en la presencia de plantas de frijol es muy poca; por cada babosa encontrada en el primer surco se halló 0.20 y 0.03 babosas a los 3 y 6 m respectivamente. Es posible que *V. plebeius* muestre el mismo instinto de regresar cada mañana a un solo escondite ("homing instinct") como ha sido reportado para otras babosas (2).

Sin embargo, otras observaciones demostraron que en ausencia de alimento y sitios de refugio el movimiento nocturno puede ser de más de 10 m/noche.

Andrews (1) reportó 7 babosas/trampa por cada babosa activa/m<sup>2</sup> encontrada alrededor de la trampa en conteos directos la noche anterior. En la Figura 2, la proporción es de 3 ó 4:1 con densidades bajas de babosas mientras que con densidades altas la proporción se aproxima a 1:1. Aparentemente, las trampas no son tan sensibles cuando hay altas poblaciones capaces de destruir la siembra. Sin embargo, en el ámbito de densidades poblacionales de interés económico, o sea cerca al nivel crítico calculado abajo, las trampas son sensibles. Posiblemente las plántulas de frijol compitieron con las trampas y redujeron

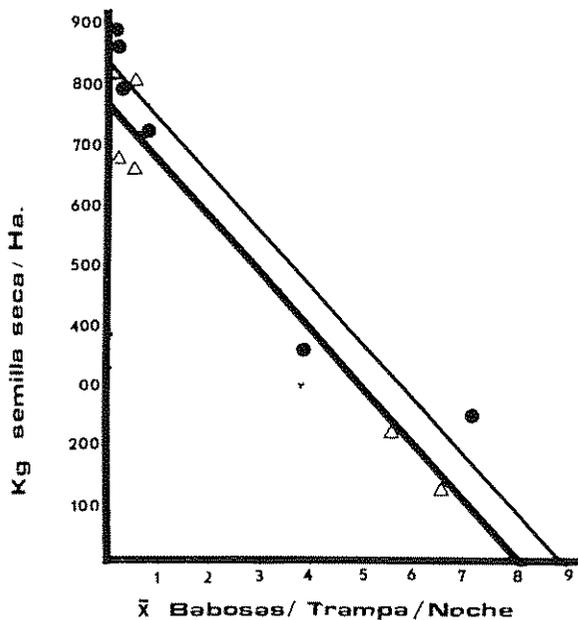


Fig. 6. Relación entre la media de babosas/trampa/noche hasta los 18 días después de la germinación y el rendimiento de grano seco/ha. Círculos representan el lado sur y triángulos el lado norte. San Andrés, El Salvador. 1979

un poco su eficacia comparado al estudio original en el cual no había frijol ni muchas malezas.

Los datos obtenidos pueden conducir a estimar un nivel crítico. Fuertes aplicaciones de moluscocida comercial en dosis de 8 kg/ha con un costo de US\$ 25/ha proporcionó una excelente protección (datos nuestros no publicados) y sería económicamente justificable para evitar una pérdida de 32 kg/ha con valor aproximado de \$ 25. En este estudio se observó que esta pérdida fue causada por sólo 0.25 babosas/m<sup>2</sup> o 0.4 babosas/trampa; estos valores se consideran niveles críticos tentativos.

Se debe hacer más estudios sobre el uso de trampas como medios para la toma de decisión sobre la necesidad de combate. Estas trampas podrían colocarse en los campos, examinarse y cebarse diariamente durante un periodo antes de la siembra de frijol. Si la cantidad promedio de babosas capturadas/trampa/noche excede 0.4, será rentable aplicar cebos envenenados. Más investigación y experiencias comerciales confirmarán este nivel crítico o forzarán su modificación.

### Resumen

Se estableció la relación entre el número de babosas, *Vaginulus plebeius* y el daño causado a plántulas de frijol midiendo la densidad poblacional de dos formas. Por cada babosa activa/m<sup>2</sup>/noche, fueron dañadas el 20% de las plantas y los rendimientos reducidos en un 16%. El número de babosas activas se determinó usando una trampa que consistió en una lata enterrada con cebo envenenado; por cada babosa capturada por noche se perdió 14% de las plantas y se redujo el rendimiento en un 11%. Los niveles de daño económico fueron aproximadamente 0.25 babosas activas/m<sup>2</sup>/noche o 0.4 babosas/trampa/noche. En presencia de plántulas de frijol de babosas mostraron poca movilidad.

### Literatura citada

1. ANDREWS, KEITH, L. Trampa para determinar la densidad poblacional de la babosa, *Vaginulus plebeius*, plaga del frijol común. Turrialba. 33(2):209-211. 1983
2. COOK, A. Homing by the slug *Limax pseudo flavus*. Animal Behaviour 27:545-552. 1979.

INFLUENCIA DE ALGUNOS FACTORES METEOROLOGICOS EN EL CONSUMO  
DE AGUA POR TRANSPIRACION DE *Nothofagus obliqua* (MIRB) OERST, Y  
*Nothofagus dombeyi* (MIRB) OERST<sup>1</sup>

---

A., HUBER\*  
C., OYARZUN\*  
M., RAMIREZ\*  
H., FIGUEROA\*\*

### Summary

*The daily and seasonal variations of water consumption by transpiration and the influence of meteorological parameters on the transpiration intensity were studied in two species of the Fagaceas, Nothofagus obliqua and Nothofagus dombeyi. These species have a wide distribution in Chile and are of considerable forestry importance. To determine the water consumption of these two species the method proposed by Huber and Ramirez (8) was applied.*

*The experiment was carried out at the meteorological station Isla Teja, of the Austral University of Chile (Valdivia, Chile).*

*The results indicated that increases of solar radiation and air temperature and a decrease of relative humidity lead to an increase in transpiration intensity in both species, which are higher in N. obliqua than in N. dombeyi. The maximum transpiration intensities reached were  $2.4 \text{ l m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  in N. obliqua and  $1.4 \text{ l m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  in N. dombeyi. The multiple regression analysis indicated that for both species solar radiation was the most important meteorological factor in regard to transpiration.*

### Introducción

La eliminación de agua por los vegetales se conoce con el nombre de transpiración. Los órganos transpiratorios por excelencia son las hojas. Las pérdidas de agua se producen principalmente a través de los estomas (transpiración estomática), que representa aproximadamente el 90% de la transpiración total, la restante se produce por vía cuticular (4, 11). El flujo de agua desde las raíces hacia las hojas es posible cuando existe una gradiente de presión de agua entre ambas partes de la planta (6, 9).

La velocidad y cantidad de agua que se difunde a través de los estomas depende de la resistencia que oponen cada uno de los conductos que debe atravesar el agua desde los pelos radicales hasta llegar a las hojas; de la intensidad, tamaño y distribución de los estomas y de las condiciones ambientales como radiación solar, temperatura y gradiente de presión de vapor de agua entre las hojas y el aire que las rodea (6, 12).

Existe poca información con respecto a la transpiración de agua por las especies arbóreas chilenas; a menudo se considera en forma subjetiva a una especie como gran consumidora de agua, ya sea por las condiciones hídricas del hábitat donde se encuentra, o por su tamaño, gran superficie foliar, o a las características de sus hojas. Además, muy poco se sabe de las variaciones que experimenta el consumo de agua por transpiración a través del año y la influencia que ejercen los diferentes parámetros meteorológicos sobre la intensidad transpiratoria (relación entre el agua consumida por

---

1 Recibido para publicación el 8 de octubre de 1982  
Proyecto RS-78-25, Dirección de Investigación y Desarrollo, Universidad Austral de Chile.

\* Inst de Geociencias

\*\* Inst. de Estadística, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile

transpiración de una planta y su correspondiente superficie foliar).

En consideración a todas estas interrogantes, se estudiaron las variaciones diarias y estacionales del consumo de agua por transpiración y las reacciones que experimenta la intensidad transpiratoria frente a los cambios ambientales, en dos especies arbóreas de la familia Fagaceas, *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus dombeyi*.

*N. obliqua* es una especie arbórea de hojas caducas, que se distribuye en Chile entre los 33° y 41° Lat. Sur, ocupando suelos fértiles y profundos en toda su distribución siempre que haya suficiente humedad. Es un árbol que alcanza alturas entre 30 y 40 m. *N. dombeyi* es una especie arbórea de hojas perennes, que se encuentra distribuida entre los 36° y 46° Lat. Sur; se asocia normalmente a lugares húmedos siguiendo las quebradas y cursos de agua, alcanzando más de 40 m de altura siendo el árbol gigante de los bosques chilenos (5).

#### Materiales y métodos

Para el presente estudio se usaron tres ejemplares de *N. obliqua* y *N. dombeyi*, de 8 a 10 años de edad y 3 a 4 m de altura. Se eligieron árboles de estas edades debido a que sus tamaños son los más adecuados para utilizar el método propuesto por Huber y Ramírez (8). Todos los ejemplares fueron obtenidos de una localidad cercana a la ciudad de Valdivia, Chile (39°48' Lat. Sur, 73°14' Long Oeste, 40 m s. n. m.).

Los ejemplares fueron transplantados a los recipientes diseñados para el experimento. Los árboles se extrajeron con suelo para reducir el daño a las raíces y se ubicarán en el recipiente principal del equipo a utilizar. Posteriormente, se rellenó cada recipiente principal con el mismo suelo de donde provenían los árboles y se cubrió la superficie del suelo con una capa de gravilla, según lo recomendado por el método (8).

Los árboles se pasaron al recinto de la Estación Meteorológica de la Universidad Austral de Chile, junto a otras especies en estudio y se ordenaron en forma reticular, separados a 2 m. Los árboles transplantados se dejaron acomodar en los equipos por un período vegetativo para reducir al máximo los daños que podrían haber sufrido por el transplante.

Las observaciones se realizaron durante un período vegetativo, entre agosto de 1978 y julio de 1979. Todos los días a las 8 horas se midió el consumo de

agua durante las últimas 24 horas. Para ello se consideró la cantidad de agua agregada automáticamente al equipo, en el cual se encontraba cada individuo, para mantener constante el contenido de agua del suelo.

Esta cantidad de agua correspondía a la evapotranspiración (evaporación del suelo + transpiración del árbol) que se producía en cada uno de los equipos que contenían un árbol. Para determinar el valor de la transpiración ( $T_r$ ) de cada individuo, se restó a la evapotranspiración ( $EvTr$ ), el agua consumida por evaporación del suelo ( $Ev$ ), obtenida del valor promedio entregado por cuatro instalaciones idénticas a las anteriores, cuyos recipientes principales solo contenían suelo ( $T_r = EvTr - Ev$ ).

Para determinar la intensidad transpiratoria de cada árbol, se calculó la superficie foliar de cada uno de ellos. Se contabilizó todas las hojas de cada árbol, extrayendo la cienava para determinar su superficie promedio con un instrumento adecuado (Automatic Area Meter, Tokyo Hagashi Denko Co. Ltda.). El valor de la superficie foliar promedio se multiplicó por el número total de hojas del correspondiente árbol, estimándose así la superficie foliar del árbol para una determinada fecha. La superficie foliar de los árboles para el período comprendido entre dos fechas con superficie foliar conocida, se obtuvo por simple interpolación lineal de estos dos valores. Al dividirse el consumo diario de agua por transpiración por la superficie foliar estimada para ese día, se obtuvo la correspondiente intensidad transpiratoria diaria.

Las condiciones meteorológicas diarias se determinaron a partir de los valores bihorarios de la temperatura y humedad relativa registrados en un termohigrógrafo Belfort, ubicado en una caseta meteorológica. Los valores de la radiación solar diaria se determinaron con un piranómetro según Bellani y la velocidad del viento promedio diaria se obtuvo mediante un anemómetro registrador del recorrido del viento Wilh. Lambrecht, ubicado a 2 metros sobre el suelo, correspondiente a la altura media de las copas de los árboles.

Para determinar la respuesta que tienen la intensidad transpiratoria frente a los cambios en las condiciones meteorológicas, se promedió para cada especie la intensidad transpiratoria diaria. Esta información fue analizada estadísticamente calculándose las regresiones simples entre la intensidad transpiratoria y los diversos parámetros meteorológicos y sus correspondientes regresiones múltiples, para evaluar la importancia relativa de cada uno de ellos.

## Resultados y discusión

## Curso anual de la transpiración

Los Cuadros 1 y 2 muestran, para cada uno de los periodos considerados en el estudio, el consumo total de agua por transpiración, el consumo total por metro cuadrado de superficie foliar y sus correspondientes promedios diarios y algunas características fenológicas, para *N. obliqua* y *N. dombeyi*, respectivamente.

*N. obliqua*, por ser una especie de hoja caduca, inició su consumo de agua por transpiración recién cuando empezaron a abrirse los brotes, durante el mes de setiembre. Este consumo aumentó cuando los

principales factores meteorológicos que regulan la transpiración se hacían más efectivos, y a medida que aumentaba la superficie foliar de los árboles. La transpiración empezó a declinar durante el mes de abril, para cesar durante mayo, cuando los árboles perdieron la totalidad de sus hojas (Cuadro 1).

El consumo de agua por transpiración en *N. dombeyi* fue algo diferente. Por ser una especie de hoja perenne pudo mantener su transpiración a través de todo el año (Cuadro 2).

En la Figura 1, se puede observar el curso anual de la intensidad transpiratoria diaria y los correspondientes consumos mensuales y totales anuales

Cuadro 1. Consumo de agua por transpiración, intensidad transpiratoria y características fenológicas en *Nothofagus obliqua*, para cada uno de los periodos de observación.

Fecha período	2-08	3-08 22-09	23-09 3-11	4-11 23-11	24-11 20-12	21-12 19-01	20-01 15-02	16-02 15-03	16-03 20-04	21-04 25-05	26-05
No. días período		50	42	20	27	30	27	28	36	35	
No. total hojas (en miles)	0 0	7 6	8 6	9 2	10 6	8 8	8 6	7 8	3 4	0 0	0 0
	0 0	5 2	6 3	10 5	11 2	10 0	8 6	7 3	4 7	1 4	0 0
	0 0	6 9	8 4	12 1	12 5	11 5	10 7	10 4	3 7	0 0	0 0
Variación en el No. de hojas (en miles)		7 6	1 6	0 6	1 4	-1 8	-0 2	-0 8	-4 4	-3 4	0 0
		5 2	1 1	4 2	0 7	-1 2	-1 4	-1 3	-2 6	-3 3	-1 4
		6 9	1 5	3 7	0 4	-1 0	-0 8	-0 3	-6 7	-3 7	0 0
Superficie foliar (m <sup>2</sup> )	0 0	0 6	1 3	2 3	2 8	2 4	2 5	2 4	1 5	0 0	0 0
	0 0	0 4	2 0	2 9	3 2	3 3	3 7	3 3	3 0	0 9	0 0
	0 0	0 8	1 7	2 7	2 3	2 2	2 4	2 6	1 0	0 0	0 0
Variación en superficie foliar		0 6	0 7	1 0	0 5	-0 4	0 1	-0 1	-0 9	-1 5	0 0
		0 4	1 6	0 9	0 3	0 1	0 4	-0 4	-0 3	-2 1	-0 9
		0 8	0 9	1 0	-0 4	-0 1	0 2	0 2	-1 6	-1 0	0 0
Volumen fustal (cm <sup>3</sup> )	480	495	597	729	968	1139	1244	1248	1264	1268	1268
	541	550	637	732	915	1082	1227	1239	1249	1253	1253
	578	586	636	711	839	945	984	987	993	998	998
Variación volumen fustal (cm <sup>3</sup> )		15	102	132	239	171	105	4	16	4	0 0
		9	87	95	183	167	145	12	10	4	0 0
		8	50	75	128	106	39	3	6	5	0 0
Consumo total de agua del período (litros)		7 2	36 4	39 8	107 1	139 5	118 6	104 2	84 6	9 3*	0 0
		6 0	60 2	61 9	137 1	170 9	153 9	130 0	120 4	28 5	0 0
		9 6	55 4	46 7	107 1	117 0	103 3	98 5	74 6	6 3*	0 0
Consumo $\bar{x}$ diario de agua (litros)		0 6	0 9	2 0	4 0	4 7	4 4	3 7	2 4	0 3	0 0
		0 5	1 4	3 1	5 1	5 7	5 7	4 6	3 4	0 8	0 0
		0 8	1 3	2 3	4 0	3 9	3 8	3 5	2 1	0 2	0 0
Consumo de agua del período (l m <sup>-2</sup> )		4 3	34 5	22 7	42 7	54 3	48 6	40 8	41 0	9 8*	0 0
		3 5	49 4	25 1	44 4	52 4	44 3	33 6	39 2	14 2	0 0
		5 0	36 6	21 8	43 5	52 8	45 4	39 8	41 6	10 2*	0 0
Consumo $\bar{x}$ diario de agua (l m <sup>-2</sup> )		0 4	0 8	1 1	1 6	1 8	1 8	1 5	1 1	0 4	0 0
		0 3	1 2	1 3	1 6	1 8	1 6	1 2	1 1	0 4	0 0
		0 4	0 9	1 1	1 6	1 8	1 7	1 4	1 2	0 4	0 0

\* Período de 28 días.

Cuadro 2. Consumo de agua por transpiración, intensidad transpiratoria y características fenológicas en *Nothofagus dombeyi*, para cada uno de los períodos de observación.

Fecha de período	3-08	23-09	4-11	24-11	21-12	20-01	16-02	16-03	21-04	26-05	
	2-08	22-09	3-11	23-11	20-12	19-01	15-02	15-03	20-04	25-05	28-06
No. de días período		50	42	20	27	30	27	28	36	35	34
No. total hojas (en miles)	11.4 11.0 11.5	11.8 11.9 11.9	29.9 14.7 37.1	38.3 30.6 44.1	40.0 38.5 44.0	45.2 36.2 42.7	48.4 34.0 37.9	44.7 35.1 43.9	43.6 29.8 39.5	41.7 25.0 34.4	39.9 22.0 28.5
Variación en el No. de hojas (en miles)		0.4 0.9 0.4	18.1 2.8 25.2	8.4 15.9 7.0	1.7 7.9 -0.1	5.2 -2.3 -1.3	3.2 -2.2 -4.8	-3.7 1.1 6.0	-1.1 -5.3 -4.4	-1.9 -4.8 -5.1	-1.8 -3.3 -5.9
Superficie foliar (m <sup>2</sup> )	0.7 1.1 0.9	0.7 1.1 0.9	2.1 1.2 3.1	3.0 2.1 4.0	3.7 3.1 4.8	4.5 2.9 6.1	5.0 2.1 6.8	4.7 1.5 5.6	3.8 1.0 5.2	3.6 1.0 4.4	3.4 1.0 4.4
Variación en superficie foliar (m <sup>2</sup> )		0.0 0.0 0.0	1.4 0.1 2.2	0.9 0.9 0.9	0.7 1.0 0.8	0.8 -0.2 1.3	0.5 -0.8 0.7	-0.3 -0.6 -1.2	-0.9 -0.5 -0.4	-0.2 0.0 -0.8	-0.2 0.0 0.0
Volumen fustal (cm <sup>3</sup> )	780 1610 778	789 1626 787	803 1668 840	913 1693 1029	1112 1852 1501	1303 1932 1995	1598 1987 2600	1670 1991 2803	1733 2020 3174	1771 2045 3204	1782 2064 3218
Variación volumen fustal (cm <sup>3</sup> )		9 16 9	14 42 53	110 25 189	199 159 472	191 80 494	295 55 605	72 4 203	63 29 371	38 25 30	11 19 14
Consumo total de agua del período (litros)		9.1 20.5 11.3	28.0 24.6 30.0	41.4 24.0 63.1	92.8 82.7 118.1	137.7 98.7 163.2	131.7 60.8 164.6	113.3 39.3 143.3	107.8 29.4 138.6	30.2 10.2 40.8	16.5 5.8 20.3
Consumo $\bar{x}$ diario de agua (litros)		0.2 0.4 0.2	0.7 0.6 0.7	2.1 1.2 3.2	3.4 3.1 4.4	4.6 3.3 5.4	4.9 2.3 6.1	4.1 1.4 5.1	3.0 0.8 3.9	0.9 0.3 1.2	0.5 0.2 0.6
Consumo de agua del período (l m <sup>-2</sup> )		14.0 18.0 13.3	18.9 20.9 14.0	17.0 14.5 17.3	27.8 29.7 26.7	33.7 31.6 31.2	27.8 24.9 25.8	23.2 21.8 23.1	25.1 22.8 25.4	7.9 9.3 8.3	4.7 5.5 4.6
Consumo $\bar{x}$ diario de agua (l m <sup>-2</sup> )		0.3 0.4 0.3	0.5 0.5 0.3	0.9 0.7 0.9	1.0 1.1 1.0	1.1 1.1 1.0	1.0 0.9 1.0	0.8 0.8 0.8	0.7 0.6 0.7	0.2 0.3 0.2	0.1 0.2 0.1

de ambas especies. Además, están los valores promedio mensuales de los parámetros meteorológicos considerados. Las reacciones, frente a los cambios de las variables meteorológicas, de la intensidad transpiratoria en ambas especies fueron similares. Sólo variaban sus valores absolutos; así, en *N. obliqua* la intensidad transpiratoria máxima fue de 2.4 l m<sup>-2</sup> . d<sup>-1</sup>, mientras que en *N. dombeyi* sólo alcanzó un valor de 1.4 l m<sup>-2</sup> . d<sup>-1</sup>.

La intensidad transpiratoria muestra que sus valores máximos ocurren durante los meses de diciembre-enero, cuando la radiación solar y temperatura del aire alcanzan sus valores más altos y la humedad relativa desciende. Tendencias similares han obtenido

Swanson (13), Braun (2, 3) y Greenwood *et al* (7), cuando la cantidad de agua en el suelo era capaz de satisfacer la demanda evaporativa del aire.

#### Relaciones entre intensidad transpiratoria y variables meteorológicas

Las relaciones entre la intensidad transpiratoria de *N. obliqua* y *N. dombeyi*, con cada uno de los factores meteorológicos, sus ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación, se presentan en las Figuras 2, 3, 4, 5. Las correlaciones más altas en ambas especies se logran con la radiación solar y las más bajas con la ventilación.

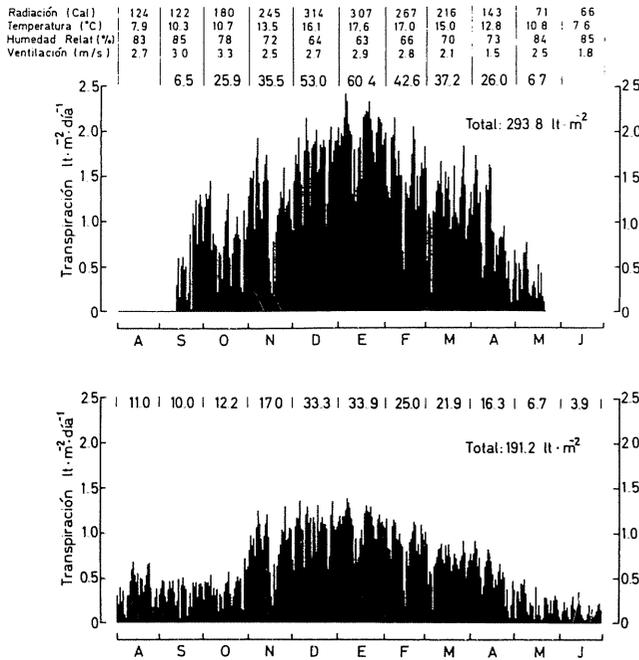


Fig. 1. Curso anual de la intensidad transpiratoria diaria, consumos de agua por períodos y totales anuales en *Nothofagus obliqua* (A) y *Nothofagus dombeyi* (B).

De las especies estudiadas, *N. obliqua* es la que aumenta más rápido su intensidad transpiratoria con incrementos de la radiación (Figura 2). A iguales valores de radiación, *N. obliqua* consume más agua que *N. dombeyi*. Esta diferencia entre especies podría deberse a la diferente estructura morfológica de los órganos asimiladores (14). La transpiración está relacionada con la presión de vapor, que a su vez depende de la interacción de la temperatura y la humedad relativa del aire. Si la temperatura del aire aumenta, se reduce la humedad relativa, con la cual se establecerá una mayor gradiente de humedad entre la capa de aire en contacto con la hoja y la atmósfera exterior, lo que traerá una mayor transpiración. De las dos especies consideradas, *N. obliqua* es la que aumentó en forma más rápida su consumo de agua a medida que aumentaba la temperatura del aire (Figura 3).

La humedad relativa del aire también influye sobre el consumo de agua por transpiración. A medida que la humedad relativa disminuye, la intensidad transpiratoria de *N. obliqua* aumentó mucho más rápidamente que en *N. dombeyi* (Figura 4).

El efecto de la velocidad del viento sobre las pérdidas de agua por transpiración, es bastante complejo y podemos señalar que su acción no se puede explicar claramente en este estudio. Esto lo

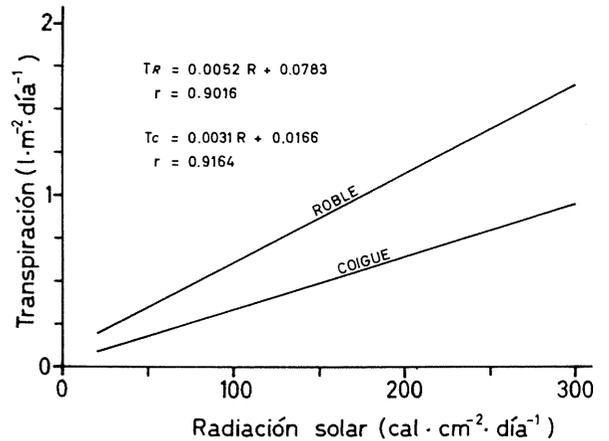


Fig. 2. Relaciones entre la intensidad transpiratoria y la radiación solar para *N. obliqua* (roble) y *N. dombeyi* (coigüe).

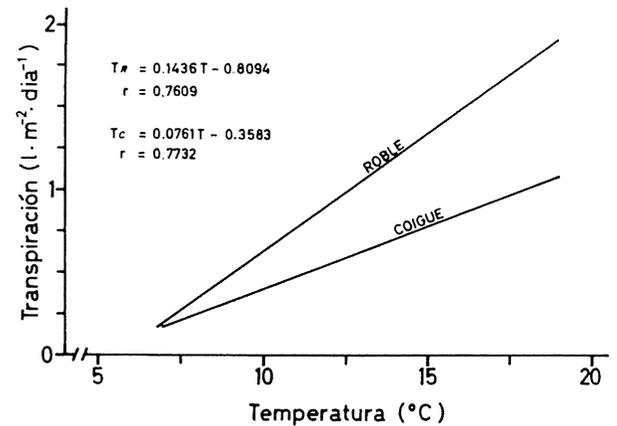


Fig. 3. Relaciones entre la intensidad transpiratoria y la temperatura del aire para *N. obliqua* (roble) y *N. dombeyi* (coigüe).

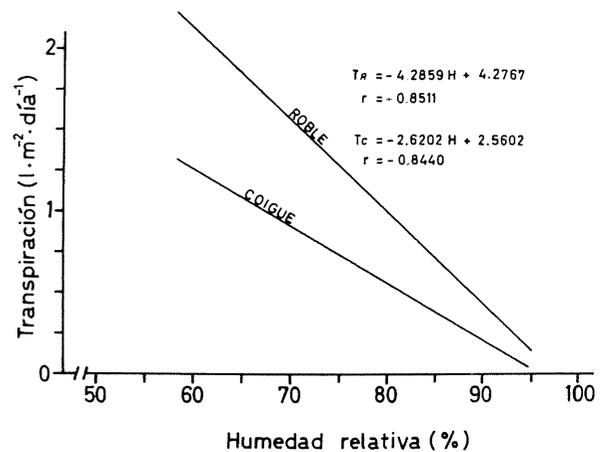


Fig. 4. Relaciones entre la intensidad transpiratoria y la humedad relativa para *N. obliqua* (roble) y *N. dombeyi* (coigüe).

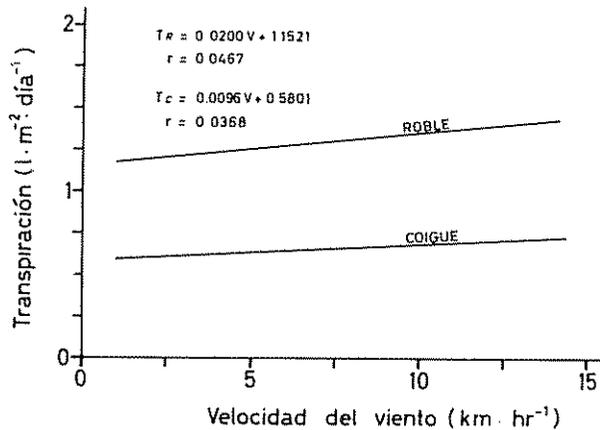


Fig. 5 Relaciones entre la intensidad transpiratoria y la velocidad del viento para *N. obliqua* (roble) y *N. dombeyi* (coigüe).

confirman los bajos coeficientes de correlación (Figura 5). Se obtuvo, un leve incremento de la transpiración en ambas especies a medida que la velocidad del viento aumentó.

Las ecuaciones de regresión múltiple y los coeficientes de correlación entre la intensidad transpiratoria y las variables meteorológicas (Cuadro 3), corroboran la importancia de la radiación solar en la regulación de la transpiración de ambas especies arbóreas. Durante todas las estaciones del año, con la excepción de fines de otoño en *N. obliqua*, este parámetro fue seleccionado en primer lugar. Esto se debe probablemente, a que la radiación solar eleva la temperatura de las hojas incrementando con

ello la presión de vapor de la cavidad estomática y aumentando la gradiente de presión de vapor de agua entre la hoja y el aire, lo cual resulta en un incremento de la transpiración. Por otro lado, un aumento de la radiación activa la fotosíntesis, lo que causa la apertura de los estomas, con el consiguiente facilitamiento de la transpiración (1, 10)

La excepción que se produjo a fines de otoño en *N. obliqua* se puede deber a que las hojas, a medida que se acerca el periodo de caída de ellas, reducen su capacidad de controlar las pérdidas de agua por oclusión de sus estomas. Esto las hace vulnerables a una mayor deshidratación regulada por la humedad relativa del aire.

### Resumen

Se estudiaron las variaciones diarias y estacionales del consumo de agua por transpiración y la influencia que ejercen algunos parámetros meteorológicos sobre la intensidad transpiratoria, en dos especies arbóreas de la familia Fagacea, *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus dombeyi*, de amplia distribución en Chile y considerable importancia forestal. Para este efecto, se usó el método propuesto por Huber y Ramirez (8), el cual permite determinar la cantidad de agua consumida por una planta.

El experimento se realizó en el recinto de la estación meteorológica Isla Teja, de la Universidad Austral de Chile (Valdivia, Chile), durante el periodo comprendido entre 1978-1979.

Cuadro 3. Ecuaciones de regresión múltiple entre la intensidad transpiratoria diaria y las variables meteorológicas radiación solar (R), temperatura (T), humedad relativa (H) y velocidad del viento (V), para *N. obliqua* y *N. dombeyi*, durante las estaciones de primavera (Est. 1), verano (Est. 2), otoño (Est. 3), invierno (Est. 4) y anual.

Ecuaciones de correlación múltiple	Coefficiente
<i>Nothofagus obliqua</i>	
Est. 1: $0.0025 R + 0.0512 T - 1.1101 H - 0.0115 V + 0.7643$	0.8511
Est. 2: $0.0022 R + 0.0792 T - 1.7281 H - 0.0049 V + 0.8874$	0.9504
Est. 3: $0.0020 R + 0.0720 T - 1.7879 H - 0.0207 V + 0.9979$	0.9349
Est. 4: $-2.0362 H + 0.0023 R + 0.0367 T - 0.0224 V + 1.5623$	0.9801
Anual: $0.0028 R + 0.0550 T - 1.4807 H + 0.0051 V + 0.8656$	0.9584
<i>Nothofagus dombeyi</i>	
Est. 1: $0.0009 R - 0.7026 H - 0.0054 V + 0.008 T + 0.8166$	0.8332
Est. 2: $0.0018 R + 0.0253 T - 0.6490 H - 0.0140 V + 0.5584$	0.9233
Est. 3: $0.0013 R + 0.0320 T - 0.8208 H + 0.0141 V + 0.4950$	0.9250
Est. 4: $0.0017 R + 0.0221 T - 0.7639 H - 0.0260 V + 0.5715$	0.9532
Anual: $0.0019 R + 0.0280 T - 0.6175 H - 0.0014 V + 0.3490$	0.9539

Los resultados indicaron que a medida que aumenta la radiación solar y temperatura del aire y disminuye la humedad relativa, aumenta la intensidad transpiratoria en ambas especies, siendo esta reacción mucho más marcada en *N. obliqua* que en *N. dombeyi*. Las intensidades transpiratorias máximas que se obtuvieron fueron de  $2.4 \text{ l m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  en *N. obliqua*, mientras que en *N. dombeyi* solo alcanzaron un valor de  $1.4 \text{ l m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ . El análisis de regresión múltiple indicó que la radiación solar fue el factor meteorológico más importante en la regulación de la transpiración en ambas especies.

#### Literatura citada

1. ASLYNG, H. C. Evapotranspiration and plant production directly related to global radiation. *Nordic Hydrology* 5:247-256. 1974.
2. BRAUN, H. J. Eine Methode für die Untersuchung des Wasserverbrauchs der Holzpflanzen. I. Das Prinzip der Methode und ihre Brauchbarkeit. *Forstw. Cbl.* 89:189-194. 1970.
3. BRAUN, H. J. Eine Methode für die Untersuchung des Wasserverbrauchs der Holzpflanzen. II. Ergebnisse der Testversuche. *Forstw. Cbl.* 90:319-328. 1971.
4. DEVLIN, R. Fisiología vegetal. Barcelona, Omega, 1970. 517 p.
5. DONOSO, C. Dendrología, árboles y arbustos chilenos. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, 1978. 142 p.
6. GATES, D. M. Biophysical ecology. New York, Springer Verlag, 1980. 601 p.
7. GREENWOOD, E. A., BERESFORD, J. D. y BARTLE, J. R. Evaporation from vegetation in landscapes developing secondary salinity using the ventilated-chamber technique. II. Evaporation from a *Pinus radiata* tree and the surrounding pasture in an agroforestry plantation. *Journal of Hydrology* 50:155-168. 1981.
8. HUBER, A. y RAMIREZ, M. Un método para estudiar el consumo de agua de especies arbóreas. I. Principios y posibilidades de uso. *Bosque (Chile)* 2(2):83-87. 1978.
9. LEE, R. Forest microclimatology. New York, Columbia University Press, 1978. 276 p.
10. LOWRY, W. P. Weather and life. An introduction to biometeorology. New York, Academic Press, 1967. 305 p.
11. MEYER, B. et al. Fisiología vegetal. Buenos Aires, EUDEBA, 1976. 579 p.
12. SEEMANN, J. Water requirements of plants. In *Agrometeorology*. New York, Springer Verlag, 1979. pp. 294-297.
13. SWANSON, R. H. Seasonal course of transpiration of *Lodgepole pine* and *Engelman spruce*. In Sopper, W. y Lull, H., eds. *International Symposium on Forest Hydrology*. New York, Pergamon Press, 1967. pp. 419-434.
14. WEINBERGER, P. Verbreitung und Wasserhaushalt araukano patagonischer protoceen in Beziehung zu mikroklimatischen Faktoren. *Flora (Alemania)* 163(5):264-275. 1974.

## Necesita conocer los avances de la investigación en FRIJOL, YUCA o PASTOS TROPICALES?

Las revistas de resúmenes que el CIAT publica tres veces al año en sus áreas de investigación:

Yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Frijol (*Phaseolus vulgaris*)

Pastos tropicales (gramíneas y leguminosas)

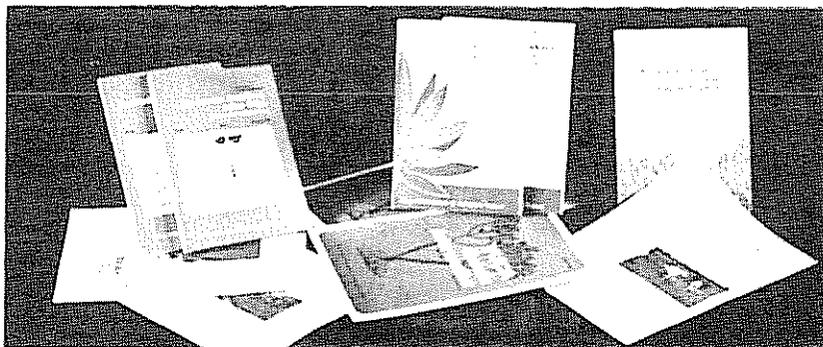
le proporcionan información concisa y actualizada sobre estos temas

Los folletos, artículos mimeografiados, informes de conferencias y otros materiales de escasa circulación, están a su alcance por medio de las revistas de resúmenes, las cuales le proporcionan extractos con los datos más importantes de cada artículo, para que usted seleccione la documentación que necesita, y solicite los documentos completos.

Los índices de autores y de materias que se incluyen en cada número facilitan sus búsquedas personales.

La suscripción a los Resúmenes Analíticos le da derecho a:

- Búsquedas bibliográficas retrospectivas sobre temas específicos
- Boletín informativo sin costo adicional



Deseo suscribirme a los Resúmenes Analíticos sobre:

Yuca

Frijol

Pastos tropicales

Tarifas: (1 año) América Latina, Caribe, África y sureste asiático: US\$16; otros países: US\$25 00; Colombia, \$1 000

Nombre \_\_\_\_\_

Institución \_\_\_\_\_

Dirección \_\_\_\_\_

Ciudad Estado y País \_\_\_\_\_

Incluyo: US\$ \_\_\_\_\_

\$Col \_\_\_\_\_

ENVIAR: A CIAT, Unidad de Comunicaciones e Información Aptdo. A. 6713, Cali, Colombia

# ADAPTACION DE UNA TECNICA DE INMUNOSORBENCIA (ELISA) A LA DETECCION DEL VIRUS DEL RAYADO FINO DEL MAIZ EN SU INSECTO VECTOR<sup>1</sup>

CARMEN RIVERA\*  
RODRIGO GAMEZ\*

## Summary

*An enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) was adapted for the detection of maize rayado fino virus (RFV) in its insect vector Dalbulus maidis. Optimization of experimental conditions for the assay included the use of anti-RFV immunoglobulin G (IgG) purified by ion exchange chromatography and the determination of critical concentrations of the enzyme-IgG conjugate, Tween 20 and bovine serum albumen. Under the experimental conditions described in this work, it was possible to detect viral antigens in individual leafhoppers at concentrations of less than 1.0 ng*

## Introducción

**E**l virus del rayado fino del maíz (VRF), de amplia distribución en los trópicos americanos (7), es transmitido por el cicadélido *Dalbulus maidis* DeLong & Wolcott de manera persistente, multiplicándose también en este insecto vector (6, 13).

El estudio del ciclo biológico del VRF en *D. maidis* ha requerido del desarrollo y adaptación de métodos directos de detección del virus en los tejidos del insecto. Las técnicas serológicas convencionales de inmunoprecipitación no han permitido su detección, aparentemente debido a la baja concentración que alcanza el virus en los órganos del vector. Por otra

parte la técnica de inmunosorbencia con ligados enzimáticos conocida como ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) descrita originalmente por Voller *et al* (14), ha sido utilizada en numerosos estudios efectuados con muy diversos virus de plantas. Debido a su alta sensibilidad se ha usado particularmente en casos en que estos virus alcanzan en los tejidos infectados concentraciones menores a las detectables por los métodos serológicos usuales (3).

La técnica de ELISA ha sido aplicada exitosamente a la detección del VRF en plantas e insectos en Costa Rica (8, 13) y los Estados Unidos (2, 9). En el presente trabajo se describen, en forma detallada las condiciones experimentales del sistema de ELISA optimizado, que ha permitido la detección del VRF en *D. maidis* en concentraciones menores a 1 ng.

## Materiales y métodos

### Aislamiento y purificación del virus

Se utilizó el mismo aislamiento del VRF descrito por Gámez (5, 6). El virus fue mantenido en plantas de maíz, cultivar Tico H4 y la transmisión del virus de una planta a otra se realizó por medio de insectos vectores de la especie *D. maidis* en la manera anteriormente descrita (6). El virus fue purificado a partir de tejido vegetal fresco de acuerdo a métodos previamente establecidos (7, 10). La concentración del virus purificado fue determinada por el método de Lowry (11).

<sup>1</sup> Recibido para su publicación el 8 de abril de 1983.

Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Costa Rica y la Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. Forma parte del proyecto "Biología y Características del Virus del Rayado Fino del Maíz" y constituye una sección de los resultados presentados en una tesis del primer autor para optar al grado de Magister Scientiae de la Universidad de Costa Rica.

Los autores agradecen al Dr. Gabriel Macaya su asesoramiento en los aspectos bioquímicos y en la orientación general de este trabajo; al "International Center for Research and Medical Training" (LSU-ICMRT) y a la Sra. Kirsten Visoná su colaboración en el desarrollo de los trabajos inmunológicos y a los Drs. Edgardo Moreno y Pedro León sus comentarios sobre esta investigación.

\* Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular, Universidad de Costa Rica.

### Preparación del antisuero

El antisuero contra el VRF se preparó en conejos. Todas las dosis se aplicaron en forma intramuscular en las patas traseras del animal, de acuerdo al siguiente esquema de inmunización: se inyectó una primera dosis de 3 mg de antígeno puro, emulsionado en 1 ml de adyuvante de Freund completo (Difco). Diez días después se aplicó una segunda dosis de 3 mg de antígeno emulsionado en 1 ml de adyuvante de Freund incompleto y diez días más tarde una tercera dosis de 6 mg de antígeno en 1 ml de alginato de sodio como adyuvante. Dos meses después de la tercera dosis, se inyectó un refuerzo de 6 mg de antígeno en 1 ml de adyuvante de Freund completo. A partir de la tercera dosis y cada diez días, el animal fue sangrado de la vena marginal de la oreja, determinándose el título del suero por reoforesis (12). Un mes después de aplicado el refuerzo, se sangró el animal en su totalidad, directamente del corazón. El antisuero obtenido alcanzó un título de 1:128.

### Purificación de la Inmunoglobulina G (IgG)

La IgG anti-VRF se purificó por cromatografía de intercambio iónico en columnas de DEAE-Sephadex A-50, a partir del antisuero preparado en conejos. Fue necesario determinar la fuerza iónica a la cual la fracción IgG no era retenida por el gel intercambiador, lo cual se hizo de acuerdo al siguiente método: 1) la IgG del suero fue precipitada con sulfato de sodio al 18% p/v según el método descrito por Fudenberg (4); 2) el precipitado obtenido se resuspendió en un tampón de fosfato de potasio 0.2 M, pH 6.3 (KP), dializándose por 24 horas contra un tampón KP 0.02 M y 3) de inmediato se cargó en una columna de DEAE Sephadex A-50 equilibrada en tampón KP 0.02 M, condición en que las proteínas séricas son retenidas; 4) el material retenido se eluyó con un gradiente de concentración de 0.02 a 0.2 M KP. Las fracciones fueron separadas en un analizador de ultravioleta ISCO Modelo UA-5, midiéndose su índice de refracción a 25°C en un refractómetro de Abbé (Bausch & Lomb); 5) la molaridad de cada fracción fue calculada a partir de su índice de refracción interpolando entre los valores de los tampones 0.02 y 0.2 M KP. (Figura 1); 6) Se determinó por reoforesis qué fracciones eran positivas contra el antígeno viral encontrándose que la totalidad de la IgG anti-VRF eluía a una concentración 0.06 M (Figura 1).

Una vez determinada la concentración a que eluía la IgG se hizo una purificación de prueba de ésta de acuerdo al método descrito en la Figura 2, el cual fue luego utilizado como método de rutina. El fraccionamiento fue seguido por una inmunoelectroforesis en

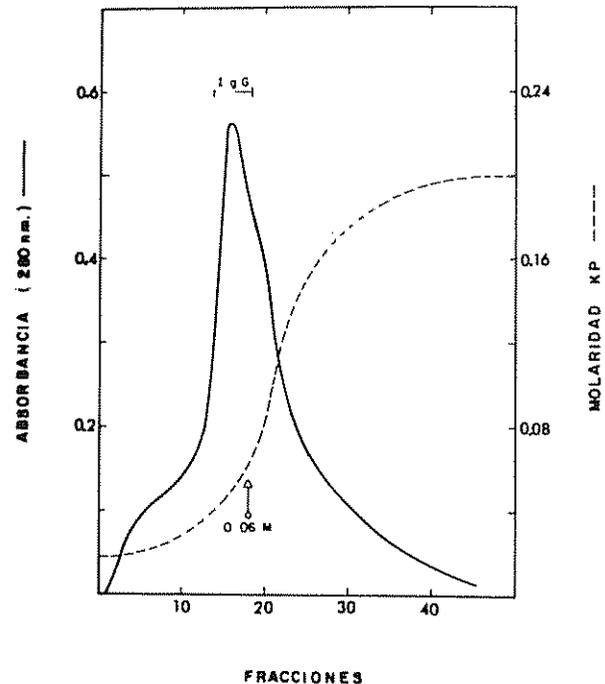


Fig 1. Elución de la fracción IgG de un suero anti-VRF, de una columna de intercambio iónico DEAE-Sephadex A-50. La elución de la IgG se hizo con un gradiente de molaridad (---) de un tampón de fosfato de potasio (KP) pH 7.2 de 0.02 M a 0.2 M. La absorbancia (—) de las fracciones se determinó a 280 nm. La IgG eluye de 0.03 M a 0.06 M (◊→); las fracciones comprendidas en ese rango reaccionaron con el VRF por reoforesis

agar (1), mediante la cual se comprobó la actividad biológica anti-VRF y la pureza de la fracción IgG obtenida (Figuras 3, 4).

### Preparación de los insectos

Para la obtención de insectos infectados con el VRF se empleó el método antes descrito (6). Ninfas de tercer y cuarto estadio se alimentaron durante un día en hojas de maíz infectado (período de adquisición del virus), transfiriéndose luego por 25 días (período de incubación) a plantas sanas de maíz. Los insectos así tratados se denominaron "expuestos" y fueron utilizados en las diferentes pruebas realizadas para calibrar el método de ELISA.

### Preparación del conjugado fosfatasa alcalina - IgG

Para la preparación del conjugado, 1 mg de fosfatasa alcalina (Sigma, Type VII) fue disuelto en 1 ml de IgG, de una concentración de 1 mg/ml, dializándose la preparación contra un tampón de fosfato 0.01 M, pH 7.4, NaCl 0.15 M (PBS) por 24 horas a 4°C. A esta preparación se le agregó glutaraldehído

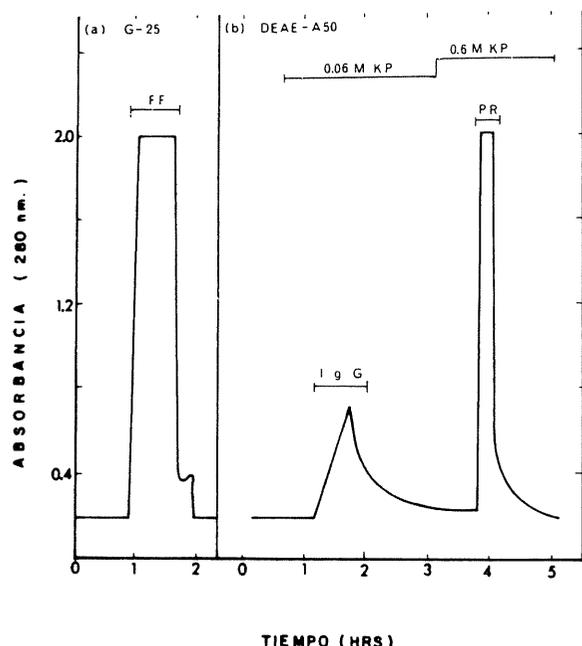


Fig. 2. Purificación de la fracción IgG en columnas de intercambio iónico. El suero completo anti-VRF se filtró a través de una columna de Sephadex G-25 M (a). La fracción filtrada (FF) se pasó por una columna de DEAE-Sephadex A-50 (b) equilibrada con el tampón KP 0.06 M, eluyendo directamente la fracción IgG. Las proteínas séricas (PR) que quedaron retenidas fueron eluidas en una 2a. etapa con un tampón KP 0.6 M. La absorbancia de las fracciones se determinó a 280 nm.

hasta alcanzar una concentración final de 0.2%, incubándose luego por 2 horas a temperatura ambiente ( $22 \pm 2^\circ\text{C}$ ), sometándose a diálisis por 14 horas contra PBS y agregándose luego albúmina bovina al 1%. La preparación fue envasada en alícuotas y se guardó a  $4^\circ\text{C}$ .

#### Adaptación del Método de ELISA

La prueba de ELISA se realizó con algunas modificaciones en la forma descrita por Voller *et al.* (14). Los platos de microtitulación de poliestireno (Cooke u 129 A) se prepararon adsorbiendo IgG anti-VRF a una concentración de 1  $\mu\text{g}/\text{ml}$  en un tampón de carbonato de sodio 0.01 M pH 9.6. Los platos sellados se colocaron 6 días en cámara húmeda a  $4^\circ\text{C}$ , lavándose luego tres veces con un tampón de fosfato 0.01 M, pH 7.4, NaCl 0.15 M; Tween-20 0.05% (PBST 0.05) y secándose a temperatura ambiente. Seguidamente, los platos fueron incubados por 14 horas a  $4^\circ\text{C}$  con un tampón de carbonato de sodio 0.01 M, pH 9.6, polivinil pirrolidona 2%, albúmina bovina 0.1%. Se lavaron tres veces con PBST 0.05, se seca-



Fig. 3. Inmunolectroforesis en agar del suero e IgG anti-VRF. Las muestras del antisuero completo (1) e IgG (2) anti-VRF se corrieron por inmunolectroforesis 2 h a 50 v y 30 mA. El antígeno puro del VRF se colocó posteriormente en el canal central, dejándose reaccionar por 24 h, demostrándose la actividad biológica anti-VRF de la fracción IgG.



Fig. 4. Inmunolectroforesis en agar de la IgG y las proteínas séricas retenidas (PR). Las fracciones obtenidas de las columnas de intercambio iónico (Fig. 2), correspondientes a la IgG (1) y a las proteínas séricas retenidas (PR) (2) de un suero anti-VRF se corrieron por inmunolectroforesis 2 h a 50 v y 30 mA. En el canal central se colocó un suero completo anti-conejo dejándose reaccionar por 24 h. La fracción IgG no presentó contaminación con las proteínas presentes en la otra fracción (PR).

ron y guardaron a  $4^\circ\text{C}$  en bolsas plásticas. Para la detección del antígeno viral, los platos sensibilizados se mantuvieron por 14 horas a  $4^\circ\text{C}$  con las muestras, lavándose tres veces con PBST 0.5, secándose inmediatamente. Luego se incubaron con el conjugado enzima-IgG a una dilución de 1:500 en un tampón PBS con diferentes concentraciones de Tween-20 y albúmina, a  $37^\circ\text{C}$  y por diferentes períodos de tiempo. Fueron lavados de nuevo tres veces con PBST 0.5 agregándose luego el sustrato por períodos diferentes. Como sustrato se usó p-nitrofenil fosfato (Sigma Chemicals) a una concentración de 1  $\text{mg}/\text{ml}$  en un tampón dietanolamina 1 M, pH 9.8 (tampón sustrato); los valores de ELISA se obtuvieron leyendo la absorbancia de éste a 405 nm en un espectrofotómetro 20 Beckman.

## Resultados

### I. Purificación de la IgG

Los resultados de la inmunolectroforesis de las fracciones no retenida y retenida en la columna de intercambio iónico se observan en las Figuras 3 y 4. La fracción no retenida, al probarla contra el antígeno viral, produjo una sola banda correspondiente a la IgG pero más débil que la presentada por el antisuero completo. La misma fracción contra el suero anticonejo comercial (Sigma Chemicals) dio una ban-

da correspondiente a la IgG mientras que la fracción retenida dio una serie de bandas de precipitación correspondientes al resto de las proteínas séricas, no obteniéndose ninguna banda de IgG.

## II. Adaptación del Método de ELISA

A. Recubrimiento de platos y concentración óptima del conjugado. En estudios preliminares se determinaron como óptimas una concentración de IgG de 1 ug/ml para el recubrimiento de los platos, y una dilución del conjugado de 1:500.

B. Eliminación de las reacciones inespecíficas producidas por extractos de insectos.

1— Efectos de diferentes concentraciones de Tween 20 y albúmina en la preparación de insectos.

Cuatro grupos de insectos sanos fueron macerados a diluciones de 1:200 p/v en PBST 0.05, PBST 0.1, PBST 0.2 y PBST 0.5 respectivamente. El grado de reacción inespecífica fue notoriamente más bajo con el PBSAT 0.5 que con los otros tratamientos (Cuadro 1).

2— Efecto del Tween 20 y la albúmina como diluyente del conjugado. Los insectos sanos fueron macerados individualmente en PBSAT 0.5 a una dilución de 1:200 p/v. El conjugado IgG-enzima fue diluido 1:500 en el mismo tampón, a diferencia de pasos anteriores en que se preparaba en PBST 0.05. Los resultados obtenidos aparecen en el Cuadro 2, en el que se aprecia que la reacción inespecífica tuvo valores insignificantes.

3— Efecto del Tween 20, y la albúmina sobre el antígeno viral. Se utilizaron dos preparaciones puras del antígeno viral, diluidas 1:500 en un PBST 0.5 y

Cuadro 1. Efecto de diferentes concentraciones de Tween 20 y albúmina en la reacción inespecífica obtenida con extractos de insectos sanos por el método de ELISA.

Concentración (%)		Absorbencia a 405 nm** ( $\bar{x}$ )
Tween	Albúmina	
0.05	—	0.50 ± 0.127
0.10	—	0.30 ± 0.034
0.20	—	0.28 ± 0.015
0.50	4	0.23 ± 0.015

\* Los insectos fueron macerados en grupos a una dilución 1:200 p/v en PBS que contenía diferentes concentraciones de Tween y albúmina

\*\* Promedio de tres repeticiones

Cuadro 2. Efecto del PBSAT 0.5 como diluyente del conjugado IgG-enzima y de los extractos de insectos sanos en las reacciones obtenidas en la prueba de ELISA\*.

Experimento No.	No. insectos probados	Absorbencia 405 nm ( $\bar{x}$ )	
		Extracto de insectos	Conjugado
1	6	0.01 ± 0.015	0.06
2	36	0.00	
3	12	0.01 ± 0.017	
4	18	0.00	

\* Los insectos fueron macerados individualmente a una dilución 1:200 p/v en un tampón de fosfato 0.01 M pH 7.4, NaCl 0.15 M, Tween 20 0.5%, albúmina 4% (PBSAT 0.5). El mismo tampón fue usado como diluyente del conjugado IgG-enzima

PBSAT 0.5. Ambas se probaron con el conjugado 1:500 preparado en un PBSAT 0.5. Se observó que cuando el antígeno era preparado en el tampón que contenía albúmina daba mejores resultados que cuando era preparado en el tampón sin albúmina, ya que la absorbencia fue notoriamente mayor en el primer caso (Cuadro 3).

C. Determinación de los tiempos óptimos de incubación para el conjugado IgG-enzima y el sustrato.

Para determinar los tiempos óptimos de incubación para el conjugado y el sustrato, fueron utilizados platos recubiertos con IgG a una concentración de 1 ug/ml e incubados por 2 horas a 37°C con un antígeno viral a una dilución de 1:128.000 y extracto de insectos sanos individuales 1:200. Las pruebas realizadas fueron las siguientes:

1) un tiempo de incubación para el conjugado de 12 h a 4°C contra diferentes tiempos de incubación del sustrato (1/2, 1, 2, 3, 4, 5 h) a 37°C. Tanto en los insectos sanos como en el conjugado, conforme aumentó el tiempo de incubación del sustrato aumentó la reacción inespecífica (Cuadro 4). 2) Dos diferentes períodos de incubación para el conjugado como para el sustrato (Cuadro 5). Esto permitió establecer como óptimos los períodos de incubación de 2 h tanto para el conjugado como para el sustrato.

## III. Detección del virus en los insectos

Los resultados de las pruebas de detección del virus en insectos expuestos al antígeno viral se encuentran en el Cuadro 6. Los insectos fueron macerados individualmente a una dilución 1:200 p/v en PBSAT 0.5 y probados por ELISA utilizando las condiciones óptimas descritas anteriormente. Se

Cuadro 3. Efecto del Tween 20 y la albúmina sobre el antígeno viral en la prueba de ELISA.

Antígeno*	Tratamiento	Absorbancia a 405 nm** ( $\bar{x}$ )
A	PBSAT 0.5	1.45 ± 0.061
	PBST 0.5	1.24 ± 0.046
B	PBSAT 0.5	1.20 ± 0.040
	PBST 0.5	1.09 ± 0.011

\* Se utilizaron dos antígenos virales de diferentes purificaciones (A y B), cada uno de ellos diluido 1:500 en un tampón de fosfato 0.01 M pH 7.4, NaCl 0.15 M, Tween 20 0.5% con albúmina al 4% (PBSAT 0.5) y sin albúmina (PBST 0.5).

\*\* Promedio de tres repeticiones

tomaron como positivos para antígeno viral aquellos valores de absorbencia a 280 nm mayores que la media ( $\bar{x}$ ) de los insectos sanos más tres desviaciones estandar (3s) ( $p = 0.003$ ). El antígeno viral fue detectado en 23 de los 62 insectos "expuestos", obteniéndose valores de absorbencia a 405 nm que oscilaron entre 0.06 y 1.76, correspondientes a concentraciones estimadas de proteína de 0.2 ng a 5.09 ng por insecto.

### Discusión

El método de ELISA ha sido utilizado en los últimos años en la detección de virus de plantas principalmente debido a su alta sensibilidad. Nuestros resultados indican que este método fue lo suficientemente sensible para detectar el VRF en concentraciones extremadamente bajas en insectos individuales (Cua-

Cuadro 4. Determinación del efecto del tiempo de incubación del sustrato en la prueba de ELISA\*.

Tiempo de incubación del sustrato (horas)	Absorbancia a 405 nm** ( $\bar{x}$ )			
	Antígeno + conjugado	Insectos sanos + conjugado	Conjugado	Sustrato
1/2	0.71 ± 0.034	0.06 ± 0	0.06 ± 0	0
1	1.10 ± 0.025	0.11 ± 0.005	0.11 ± 0.005	0
2	1.82 ± 0.032	0.26 ± 0.057	0.23 ± 0.059	0
3	3.10 ± 0.123	0.87 ± 0.420	0.32 ± 0.017	0
4	4.04 ± 0.123	0.90 ± 0.157	0.34 ± 0.016	0
5	4.86 ± 0.129	0.77 ± 0.123	0.40 ± 0	0

\* Se utilizó un período de 12 horas para la incubación de conjugado

\*\* Promedio de tres repeticiones

Cuadro 5. Comparación de diferentes tiempos de incubación del sustrato y del conjugado IgG-enzima en la prueba de ELISA.

Tiempo incubación del conjugado (h)	Absorbancia a 405 nm** ( $\bar{x}$ )					
	Tiempo incubación sustrato (h)					
	1			2		
	Antígeno	Insecto sano	Conjugado	Antígeno	Insecto sano	Conjugado
1	0.22 ± 0.060	0	0.01 ± 0.023	0.54 ± 0.034	0.03 ± 0.012	0.02 ± 0.000
2	0.76 ± 0.147	0	0.03 ± 0.042	1.15 ± 0.092	0.04 ± 0.012	0.06 ± 0.023

\* Se utilizaron períodos de 1 y 2 h tanto para la incubación del sustrato como para la incubación del conjugado.

\*\* Promedio de tres repeticiones

Cuadro 6. Detección del virus del rayado fino del maíz en insectos por el método de ELISA.

Experimento No.	No. de insectos positivos/No. de insectos probados*		Absorbencia a 405 nm ( $\bar{x}$ )	
	Expuestos**	Sanos	Expuestos	Sanos
1	5/22	0/15	0.168 ± 0.070	0.018 ± 0.026
2	8/20	0/20	0.477 ± 0.405	0.013 ± 0.014
3	10/20	0/20	0.558 ± 0.573	0.029 ± 0.014

\* Insectos positivos por ELISA sobre el total de insectos probados. Se tomaron como positivos los valores de absorbencia  $\bar{x} + 3s$  de insectos sanos ( $p = 0.003$ ).

\*\* Los insectos expuestos por 24 h a plantas infectadas fueron probados por ELISA a los 25 días después de la adquisición del virus

dro 6). Un aspecto que se considera fundamental en la exitosa aplicación del método fue la utilización de la IgG purificada en columnas de intercambio iónico, cuya pureza fue demostrada mediante inmunoelectroforesis en agar, haciéndose evidente la existencia de una sola fracción correspondiente a la IgG (Figuras 3 y 4). Esta fracción así purificada fue utilizada en concentraciones óptimas para el recubrimiento de los platos y para la conjugación con la enzima, optimizándose así la técnica para la detección del antígeno. Otro aspecto crítico fue la eliminación de las reacciones inespecíficas presentadas por los extractos de insectos. El uso de PBSAT 0.5 en la preparación de los insectos y en las diluciones del conjugado redujo la inespecificidad a valores insignificantes. La presencia de un detergente no iónico como el Tween 20 previene la formación de interacciones hidrofóbicas adicionales entre proteínas y la fase sólida, no interviniendo en la reacción antígeno-anticuerpo. Sin embargo, para reducir la inespecificidad a niveles aceptables fue necesario agregar un 4% de albúmina además del Tween 20. Su efecto fue el de recubrir o bloquear grupos inespecíficos, lo cual se demuestra en los Cuadros 2 y 3. Por otro lado, se seleccionaron tiempos de incubación de 2 h para el conjugado y para el sustrato, ya que así se duplicaba la sensibilidad del método para la detección del antígeno, sin aumentar significativamente las reacciones inespecíficas (Cuadro 5).

La metodología aquí descrita permitió efectuar estudios detallados del ciclo biológico del VRF en *D. maidis*. Los resultados de estos estudios serán publicados por aparte.

#### Resumen

Se desarrolló un sistema de inmunosorbencia con ligados enzimáticos (ELISA) para la detección del virus del rayado fino de maíz (VRF) en su insecto vector *Dalbulus maidis*. La optimización del método

incluyó la purificación de la IgG anti-VRF por cromatografía de intercambio iónico y la determinación de concentraciones críticas del conjugado enzima-IgG del detergente Tween 20 y la albúmina bovina. Bajo las condiciones experimentales descritas en este trabajo, la prueba permitió la detección del antígeno viral en insectos individuales a concentraciones menores de 1 ng.

#### Literatura citada

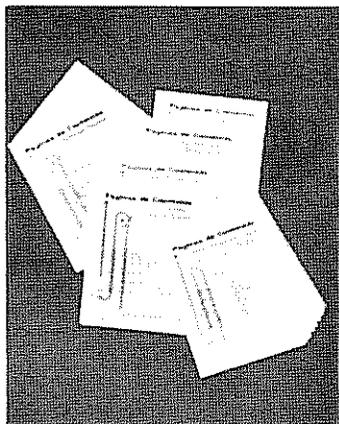
1. ARQUEMBOURG, P. Immunoelectrophoresis. Theory, Methods, Identification, Interpretation. S. Krager:Basel. 104 p. 1975.
2. BRADFUTE, O. E., NAULT, L. R., GORDON, D. T., ROBERTSON, D. C., FOLER, R. W., BOOTHROYD, C. W. Identification of maize rayado fino virus in the United States. Plant Disease 64:50-53. 1980.
3. CLARK, M. F. Immunosorbent assays in plant pathology. Annual Review of Phytopathology 19:83-106. 1981.
4. FUDENBERG, H. Purification of antibody. In Methods in Immunology and Immunochimistry (Eds. C. A. Williams & M. W. Chase) Vol. 1, pp. 307-85. New York: Academic Press. 1967.
5. GAMEZ, R. A. new leafhopper-borne virus of corn in Central America. Plant Disease Reporter 56:929-932. 1969.
6. GAMEZ, R. Transmission of rayado fino virus of maize (*Zea mays* L.) by *Dalbulus maidis* DeLong & Wolcott. Annals of Applied Biology 73:285-292. 1973.

7. GAMEZ, R. Maize Rayado Fino Virus. CMI/AAB. Descriptions of Plant Viruses No. 220, 4 p. 1980.
8. GAMEZ, R., RIVERA, C. y KITAJIMA, E. W. The biological cycle of maize rayado fino virus in its insect vector *Dalbulus maidis*. In Abstracts, Fifth International Congress of Virology. Strasbourg, France p. 293. 1981.
9. GINGERY, R. E., GORDON, D. T. y NAULT, L. R. Purification and properties of an isolate of maize rayado fino virus from the United States. *Phytopathology* 72:1 313-1 318. 1982.
10. LEON, P. y GAMEZ, R. Some physico-chemical properties of maize rayado fino virus. *Journal of General Virology* 56:67-75. 1981.
11. LOWRY, O. H., ROSENBROUGH, N. J. FARR, A. L. y RANDALL, R. J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry* 193:265. 1951.
12. PETERS, R. L. Reoporesis. In *Manual for Hepatitis B Antigen Testing*. (Eds. M. Aschavai and R. L. Peters) Saunders: Philadelphia. pp. 99-110. 1973.
13. RIVERA, C., KOZUKA, Y. y GAMEZ, R. Rayado fino virus: detection in salivary glands and evidence of increase in virus titer in the leafhopper vector *Dalbulus maidis*. *Turrialba* 31:78-80. 1981.
14. VOLLER, A., BARTLETT, A., BIDWELL, D. E., CLARK, F. M. y ADAMS, A. N. The detection of viruses by an enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). *Journal of General Virology* 33:165-167. 1976.

## Páginas de Contenido...

### ... la respuesta a sus requerimientos de información agrícola actualizada

El CIAT publica mensualmente las páginas de contenido de los últimos números de más de 500 revistas agrícolas en seis disciplinas:



Agropecuaria - General  
 Fisiología Vegetal  
 Protección de Plantas  
 Suelos y Nutrición de Plantas  
 Pastos, Producción Animal y Nutrición  
 Economía Agrícola y Desarrollo Rural

Con la suscripción anual a las Páginas de Contenido, usted tiene acceso a las revistas más importantes en su área de interés, y mediante un servicio rápido de fotocopias de artículos completos, puede obtener su documentación selecta.

El sistema de cupones que proporciona el CIAT, le ayudará en sus pagos de suscripciones y fotocopias.

Favor enviarme una MUESTRA GRATIS de las Páginas de Contenido que señalo:

Agropecuaria-General

Fisiología Vegetal

Protección de Plantas

Suelos y Nutrición de Plantas

Pastos, Producción Animal y Nutrición

Economía Agrícola y Desarrollo Rural

Nombre \_\_\_\_\_

Institución \_\_\_\_\_

Sección \_\_\_\_\_

Dirección \_\_\_\_\_

Ciudad, país y estado \_\_\_\_\_

Enviar a: CIAT, Unidad de Comunicaciones e Información, Apt do. A. 6713, Cali, Colombia

# INFLUÊNCIA DA PRÉ MATURAÇÃO DO LEITE NA ELABORAÇÃO DO QUEIJO TIPO MINAS<sup>1</sup>

I. A. BONASSI\*

## Summary

*The objective of this study was to verify the influence of the pre ripening of milk on the manufacture of Minas cheese. The treatments were: A) fresh milk; B) pre ripened milk for 2:30 hours, raised the acidity from 0.03 to 0.04%, expressed as lactic acid; c) pre ripened milk for 3:30 hours increased the titratable acidity from 0.06 to 0.07%. The amount of rennet was established to clot the milk in 45 minutes.*

*The obtained cheeses were analysed for titratable acidity at 3, 5, 7, 10, 20 and 30 days, and for moisture, fat, protein, ash, sodium chloride, soluble nitrogen and non proteic nitrogen, at 10, 20 and 30 days. The organoleptic properties: flavor, body, texture, color-appearance and general quality – were also evaluated, after 20 days of elaboration.*

*The results showed that a) there were no differences among the treatments related to acidity, moisture, fat, protein and sodium chloride; b) the contents of ash, soluble nitrogen and non proteic nitrogen were smaller in the cheeses from pre ripened milk, and those differences were higher in treatment C; c) there were no differences among the treatments related to flavor; d) cheese manufacture with pre ripened-milk, presented the worst body, texture and coloration.*

## Introdução

**A**s variedades de queijo, e os fatores que determinam a sua qualidade dentro de uma variedade, são primariamente dependentes das transformações que ocorrem nos componentes do leite.

Existe muitos fatores envolvidos na cura e ao se mudar uma das variáveis poderá se alterar todo o processo. Poucas mudanças ocorreram nas operações de fabricação da maioria dos tipos de queijos, até bem recentemente.

Entretanto, com o aumento do custo de produção e com o advento da mecanização, algumas inovações tem sido sugeridas, entre elas o desenvolvimento de acidez no leite de fabricação (9). Com base neste raciocínio, este trabalho teve por objetivo verificar a influência da pré-maturação do leite na elaboração do queijo tipo Minas.

## Materiais e métodos

Utilizou-se na presente pesquisa leite pasteurizado tipo C adquirido no comércio local. No laboratório procedeu-se às análises do leite conforme descrito em (3), o qual apresentou acidez (expressa em g de ácido láctico/100 g.) de 0.17% a 0.19% e matéria graxa de 3.3 a 3.4%.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com esquema fatorial. O ensaio foi realizado com queijos distribuídos em 4 blocos de 3 tratamentos. Cada bloco constituiu-se de peças de queijos obtidas de 90 litros de leite, repartidos em 3 recipientes com 30 litros cada um, obtendo-se em cada bloco 3 queijos para cada tratamento.

Os tratamentos foram: A) leite sem pré-maturação; B) leite deixado pré-maturar por 2:30 horas, com a acidez titulável sendo elevada em 0.03 a 0.04%; C) leite deixado pré-maturar por 3:30 horas, com a acidez titulável sendo elevada em 0.06 a 0.07%. Para o preparo dos queijos empregou-se a metodologia descrita em (3), inoculando-se o leite com uma cultura láctica tipo BD (6). O tempo de coagulação foi fixado em 45 minutos, tendo-se após os testes realizados

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 26 outubro 1982.

\* Professor Adjunto do Departamento de Tecnologia dos Produtos Agropecuários da Faculdade de Ciências Agrônômicas – “Campus” de Botucatu – UNESP.

para a coagulação ocorrer no tempo desejado (5), diminuído a quantidade de coagulo nos tratamentos B e C.

Os queijos obtidos foram analisados aos 3, 5, 7, 10, 20 e 30 dias quanto a acidez titulável (1) e aos 10, 20, e 30 dias em relação a umidade (1), matéria graxa (15), proteína bruta (1), resíduo mineral fixo (1), cloreto de sódio (1), nitrogênio solúvel (15) e nitrogênio não proteico (11). Procedeu-se também à avaliação das propriedades organolépticas em relação ao sabor-aroma, consistência, textura, coloração-aspecto e qualidade geral, 20 dias após a fabricação. Para a avaliação organoléptica empregou-se a metodologia utilizada por Bonassi *et al* (3), utilizando-se no julgamento 12 juizes.

Os resultados obtidos foram comparados através da análise de variância e a comparação das médias dos tratamentos foi feita com a utilização do teste de Tukey (8).

### Resultados e discussão

O tempo de coagulação foi fixado em 45 minutos, em virtude de ser o período normalmente utilizado para o queijo tipo Minas padronizado (3). A fixação do tempo de coagulação e a elevação da acidez do leite nos tratamentos B e C produziu coagulo em 37% no tratamento B e 57% no tratamento C. Se ao contrário, fosse utilizado para os três tratamentos, a mesma quantidade de coagulo do tratamento A (sem pré-maturação), ter-se-ia redução do tempo de coagulação nos tratamentos B e C. Esta redução do tempo de coagulação, segundo os ensaios realizados prelimi-

narmente, causaram problemas de textura e consistência para o queijo tipo Minas prensado.

Os resultados obtidos no julgamento das propriedades organolépticas no presente trabalho, são apresentados no Quadro 1 e os teores médios obtidos nas análises físico-químicas e químicas são apresentados no Quadro 2. Foi possível também observar que a coágulo obtido de leite pré-maturado se apresentou mais firme.

Em relação às propriedades organolépticas pode-se verificar através do Quadro 1 que os queijos tipo Minas fabricados, com leite pré-maturado tiveram comportamento inferior em relação à consistência, textura, coloração/aspecto e qualidade geral. Quanto ao sabor e aroma não houve diferença entre os três tratamentos. Os queijos obtidos de leite sem pré-maturação apresentaram-se mais macios, com maior número de buracos mecânicos e olhos em cabeça de alfinete internamente. Os queijos obtidos de leite pré-maturado apresentaram consistência mais firme e friável (2).

O aparecimento de manchas esbranquiçadas nos queijos fabricados com leite pré-maturado propiciou que fossem emitidas notas inferiores para os tratamentos B e C, na avaliação da coloração. O aparecimento destas manchas observadas também em trabalho de Bonassi *et al* (4) foi atribuído ao maior desenvolvimento, de acidez na coalhada (2, 12).

Em relação aos resultados das análises químicas apresentados no Quadro 2, pode-se constatar que não houve diferença quanto a acidez titulável e quanto

Quadro 1. Médias das notas atribuídas pelos juizes, bem como valores de F e respectivos níveis de significância. Escala de 1 a 5, na qual: 1 = péssimo, 2 = ruim, 3 = regular, 4 = bom, 5 = ótimo.

Tratamentos	Sabor/aroma	Consistência	Textura	Color/aspecto	Qualidade geral
A	3.90a <sup>1</sup>	4.23a <sup>1</sup>	4.08a <sup>1</sup>	4.04a <sup>1</sup>	4.01a <sup>1</sup>
B	4.04a	3.52b	3.29b	3.81b	3.79ab
C	3.86a	3.42b	3.31b	3.44b	3.63b
d. m. s. (Tukey a 5%)	0.33	0.31	0.37	0.41	0.23
F	0.86n. s.	20.38**	15.87**	5.68**	7.63**
CV%	8.79	9.14	11.52	11.91	6.37

1 Para cada propriedade organoléptica, letras iguais indicam não haver diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Quadro 2. Teores médios, expresso em g/100 g de queijo, das análises físico-químicas e químicas efetuadas, e os valores de F com os respectivos níveis de significância.

TRATAMENTOS	Acidez <sup>1</sup> titulável	Umidade <sup>2</sup>	Proteína <sup>2</sup>	Gordura <sup>2</sup>	Resíduo <sup>2</sup> mineral fixo	Cloreto <sup>2</sup> de sódio	Nitrogênio <sup>2</sup> solúvel	Nitrogênio <sup>2</sup> não proteico
A	0.96 a <sup>3</sup>	31.44 a <sup>3</sup>	27.03 a <sup>3</sup>	33.57 a <sup>3</sup>	4.56 a <sup>3</sup>	2.62 a <sup>3</sup>	0.350 a <sup>3</sup>	0.199 a <sup>3</sup>
B	1.04 a	31.05 a	27.40 a	34.29 a	4.35 a	2.56 a	0.325 a	0.187 a
C	0.88 a	30.79 a	28.05 a	34.73 a	3.76 b	2.74 a	0.262 b	0.172 b
d m s (Tukey a 5%)	0.17	2.72	1.66	1.36	0.23	0.74	0.042	0.024
F	2.81 n.s.	0.19 n.s.	1.36 n.s.	2.34 n.s.	44.19 **	0.08 n.s.	14.82 **	4.25*
CV%	12.53	4.27	2.93	1.95	2.61	14.50	6.61	6.25

1 Média das análises efetuadas aos 3, 5, 7, 20 e 30 dias nos 4 blocos

2 Média das análises efetuadas aos 10, 20 e 30 dias nos 4 blocos.

3 Para cada propriedade química, as letras iguais indicam não haver diferença ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

n s Não significativo

\* e

\*\* Significativo ao nível de 5 a 1% de probabilidade respectivamente.

aos teores de umidade, proteína bruta, gordura e cloreto de sódio. Resultados concordantes foram observados por Meurs (10) na elaboração do queijo Gouda com leite pré-maturado.

O resíduo mineral fixo foi menor nos queijos obtidos de leite pré-maturado como consequência provável da perda de cálcio no soro durante a fase de fabricação (7). Estes tratamentos apresentaram também menores teores de nitrogênio solúvel e nitrogênio não proteico, diferença que se tornou mais acentuada no tratamento C. Tendo-se em vista os trabalhos de O'Keefe *et al* (13, 14) e Visser e Groot-Mostert (16) pode-se deduzir que isto foi consequência da menor quantidade de coalho utilizada nos tratamentos B e C.

### Resumo

Este estudo teve por finalidade verificar a influência da pré-maturação do leite na elaboração do queijo tipo Minas. Os tratamentos foram: A) leite sem pré-maturação; B) leite deixado pré-maturar por 2:30 horas, elevando a acidez titulável (expressa em ácido láctico) em 0.03 a 0.04%; C) leite deixado pré-maturar por 3:30 horas elevando a acidez titulável em 0.06 a 0.07%. A quantidade de coalho foi fixada para causar a coagulação em 45 minutos.

Os queijos obtidos foram analisados aos 3, 5, 7, 10, 20 e 30 dias quanto a acidez titulável e aos 10, 20

e 30 dias em relação à umidade, matéria graxa, proteína bruta, resíduo mineral fixo, cloreto de sódio, nitrogênio solúvel e nitrogênio não proteico. Procedeu-se também à avaliação das propriedades organolépticas: sabor-aroma, consistência, textura, coloração-aspecto e qualidade geral, 20 dias após a fabricação.

Após a obtenção dos resultados verificou-se que a) não houve diferença entre os tres tratamentos quanto aos teores de acidez, umidade, cloretos, proteína e gordura; b) os teores de resíduo mineral fixo, nitrogênio solúvel e nitrogênio não proteico foram menores nos queijos obtidos de leite pré-maturado, diferença que se tornou mais acentuada no tratamento C; c) não houve diferença para sabor-aroma entre os tres tratamentos, d) os queijos fabricados com leite pré-maturado apresentaram menores valores para consistência, textura e coloração.

### Literatura citada

1. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, Washington. Official methods of analysis. 12 ed Washington, 1975. 1 094 p.
2. BONASSI, I. A. Defeitos em queijos. *Atualidades Agroveterinárias (Brasil)* 6(25):24-27. 1976.

3. BONASSI, I. A., LIMA, U. DE A. e GOLDONI, J. S. Efeito da quantidade de coalho nas propriedades organolépticas do queijo tipo Minas. *Botucatu Cient. Ser. A. 1*(fasc. único):37-41. 1976.
4. BONASSI, I. A., LIMA, U. DE A. e GOLDONI, J. S. Efeito da variação da quantidade de bactérias lácticas na fabricação do queijo tipo Minas. *Ciência e Cultura (Brasil)* 30(11):1 317-20. 1978.
5. BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. DIVISÃO DE INSPEÇÃO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL. Técnica de análises químicas. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes (Brasil)* 15(90):3-19. 1960.
6. DINESEN, V. A. Seleção e preparo de culturas lácticas comercialmente utilizáveis, especialmente na indústria de queijos. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes (Brasil)* 31(188)13-21. 1976.
7. ERNSTROM, C. A. e WONG, N. B. Milk clotting enzymes and cheese chemistry. In Webb, B. H., Johnson, A. e Alford, H. *Fundamentals of dairy chemistry* 2 ed. Westport, AVI, 1974. pp. 662-771.
8. GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 3 ed. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1963. 384 p.
9. IRVINE, D. M. Developments in the automation and mechanization of the cheese industry. Part I. *Dairy Science Abstracts* 29(5):243-258. 1967.
10. MEURS, J. C. The influence of pre-ripening of milk on cheese manufacture and the quality of the cheese. *South African Journal of Dairy Technology* 10(2):105-109. 1978.
11. MEZINCESCU, M. D. e SZABO, F. Method for the determination of the non protein nitrogen of tissue. *Journal of Biological Chemistry* 115:131-138. 1936.
12. NELSON, J. A. e TROUT, E. M. *Judging dairy products*. 4 ed. Milwaukee, Olsen, 1964. 463 p.
13. O'KEEFE, R. B., FOX, P. F. e DALY, C. Contribution of rennet and starter proteases to proteolysis in Cheddar cheese. *Journal of Dairy Research* 43(1):97-107. 1976.
14. O'KEEFE, R. B., FOX, P. F. e DALY, C. Proteolysis in Cheddar cheese: role of coagulant and starter bacteria. *Journal of Dairy Research* 45(3):465-477. 1978.
15. SCHIMIDT-HEBBEL, H. Alimentos proteicos: queso. In *Química y tecnología de los alimentos*. Santiago, Chile, Salesiana, 1956. Cap. 3, pp. 52-56.
16. VISSER, F. M. V. e GROOI-MOSTIERT, A. E. A. Contribution of enzymes from rennet, starter bacteria and milk proteolysis and flavour development in Gouda cheese. IV. Protein breakdown: a gel electrophoretical study. *Ned. Melk en Zuiveltidschr.* 31:247-264. 1977.

M. R. VIGNA\*  
O. A. FERNANDEZ\*  
R. E. BREVEDAN\*

### Summary

*Two herbicides, glifosate and MCPA + picloram, were sprayed at different doses throughout the year's growth cycle of Solanum elaeagnifolium. Greatest susceptibility of the plants was registered when chemicals were applied on the last days of December or the first week of January, the plants being at this moment at the initiation of their full flowering period. Significantly greater toxicity was observed with the a mixture of MCPA and picloram.*

### Introducción

**S**olanum elaeagnifolium Cav. es una maleza de origen americano que se ha expandido a otras partes del mundo (3, 6, 19, 26) donde se caracteriza por su incidencia negativa sobre la producción agrícola. Está ampliamente distribuida en zonas templadas semiáridas y subhúmedas de la Argentina (24).

Es una hemipterofita herbácea subleñosa de altura variable entre 30 a 60 cm. Inicia su ciclo anual de crecimiento todos los años a principios de primavera a partir de un mismo pie y se extiende hasta marzo o abril del otoño siguiente, momento en que, coincidiendo con las primeras heladas, la parte aérea muere y el resto de la planta entra en receso invernal. La floración y fructificación se extiende desde principios de verano hasta la iniciación del otoño.

La importancia de esta planta como maleza está ligada a su modo de propagación, relacionado con una abundante producción de semillas (5) y un crecimiento vegetativo de sus raíces gemíferas. La capacidad de sobrevivencia de esta especie y su resistencia a condi-

ciones adversas, se halla vinculada a la existencia de un sistema radical heterorizo extenso y complejo que ha sido estudiado por varios autores (9, 18). Cada planta posee una raíz axonomorfa gruesa y suberificada, casi siempre única, que puede alcanzar profundidades superiores a los dos metros. De esta raíz vertical principal se originan a distintos niveles, pero preferentemente cerca de la superficie del suelo, varias raíces de crecimiento diageotrópico que se extienden en distintas direcciones. Sobre estas raíces, a intervalos más o menos regulares, se originan a su vez nuevas plantas, compuestas por un vástago aéreo y un nuevo sistema radical similar al ya descrito.

Hasta el presente se han efectuado numerosos ensayos de control de la especie, basados en la aplicación de herbicidas con resultados frecuentemente contradictorios. Algunos productos de aplicación en preemergencia han sido destacados por varios autores en zonas cultivadas con algodón y sorgo, tales como bromacil (5-bromo-3-sec-butil-6-metiluracilo) y atrazina (2-cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-S-triazina) (5), EPTC (etil-N, N-di-n-propil-tiocarbamato) y trifluralina (trifluoruro-2,6-dinitro-N, N-dipropil-p-toluidina) (4, 13) aunque su residualidad puede ser un factor negativo para la siembra de las especies cultivadas (1).

El control postemergente de la maleza ha recibido particular atención en Estados Unidos, Australia, India y Argentina. En la India (3) se mostró la ineffectividad del 2,4-D (ácido 2,4-dicloro fenoxiacético)

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 31 de marzo de 1982.  
Trabajo realizado con fondos provistos por la Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología y una beca de Investigación otorgada al primer autor por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

\* Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida y Departamento de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Sur (8000) Bahía Blanca Argentina.

y 2, 4, 5T (ácido 2, 4, 5-tricloro acético) para el control de *S. elaeagnifolium* más allá de ocho semanas después de aplicado. Resultados similares fueron obtenidos en la zona semiárida Argentina (21).

En Australia donde esta especie fue declarada plaga de la agricultura en 1950 se recomendó el empleo de 2, 4-D para el control a corto plazo (18), pero se indicó que son necesarias aplicaciones de una dilución de 2, 4-D y picloram (ácido 4-amino-3, 5, 6-tricloro picolínico) para el control prolongado. La mezcla de MCPA (ácido 2, metil, 4-clorofenoxiacético) y picloram, también fue indicada para el control de esta maleza (21).

El glifosato (sal isopropil amina del N-fosfonometil glicina) fue sugerido en Estados Unidos como promisorio para el control de *S. elaeagnifolium* (5).

Al plantear el presente ensayo utilizando productos herbicidas de postemergencia, se ha tenido en cuenta que durante determinados estadios de crecimiento y desarrollo de una planta la susceptibilidad a un cierto producto es mayor que en otros. En el caso de especies perennes debe considerarse la capacidad del herbicida para ser transportado, en particular a los órganos subterráneos que como el caso de esta especie, desempeñan una función importante en la reproducción de la planta.

El objetivo de este ensayo fue evaluar el comportamiento de dos herbicidas postemergentes que se han mostrado como más promisorios en el control de *S. elaeagnifolium*, tratando de identificar el momento en que la susceptibilidad es mayor. Se emplearon dos herbicidas en sus formulaciones comerciales: Tordon 213 (20% MCPA + 10% picloram) y Roundup (glifosato 48%).

#### Materiales y métodos

El ensayo fue realizado durante dos temporadas consecutivas de crecimiento (1978/79 y 1979/80) a 35 km al SE de Bahía Blanca en un campo experimental de la Universidad Nacional del Sur (62°38' O; 38°47' S).

Los dos herbicidas se aplicaron en distintas fechas a lo largo del ciclo anual de crecimiento de la maleza, mediante el empleo de un asperjador manual que arrojaba un caudal aproximado de 110 l/ha.

Para evitar la deriva del herbicida a parcelas vecinas en el momento de la aplicación se rodeó cada parcela con un armazón de madera de 0.90 cm de altura, el que tenía sus caras laterales cubiertas por una tela plástica.

Las parcelas experimentales, ubicadas en un lote naturalmente infestado con la maleza, fueron cuadrados de 70 cm de lado distribuidos completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. El número de plantas dentro de cada parcela osciló entre un mínimo de 9 y un máximo de 15 plantas. El hecho de tener identificadas cada planta dentro de cada parcela permitió el seguimiento individual de la respuesta de las mismas a la acción de los herbicidas.

En el Cuadro 1 se indican las concentraciones de los herbicidas utilizadas y en el Cuadro 2 se indican los estadios fenológicos de las plantas en el momento que se efectuaron los tratamientos. Los síntomas de fitotoxicidad fueron evaluados a los 2, 5, 15, 30 y 60 días luego de la aplicación de los herbicidas sobre las plantas de cada parcela, empleándose para su cuantificación una escala visual de daño equivalente a: 0, 20, 40, 60, 80 y 100% de follaje afectado, en donde el 0 equivale a un aspecto similar a las plantas testigo y 100 a la muerte total de la parte aérea.

La evaluación estadística de los valores porcentuales se efectuó por medio del análisis de la varianza, previa transformación angular de los datos ( $\arcsen \sqrt{\%}$ ), y usándose además la prueba de rango múltiple de Duncan.

Dada la particular capacidad de esta especie para desarrollar nuevas plantas a partir de sus raíces gemíferas, la muerte del follaje por la acción de un herbicida no garantiza que en la estación siguiente no se formen nuevos rebrotes a partir de aquellas, lo que indicaría el fracaso del tratamiento efectuado. Para estudiar esta capacidad de formar nuevos rebrotes a partir de las raíces en plantas tratadas con los herbicidas, tres plantas de cada parcela fueron identificadas con un anillo

Cuadro 1. Dosis de producto comercial de los dos herbicidas.

Herbicida	l/ha producto comercial	
	1978/79	1979/80
Tordon 213	1.1	0.8
	1.9	1.2
	2.7	1.9
Roundup	1.0	2.5
	1.8	5.0
	3.0	7.0

Cuadro 2. Estadios de desarrollo de *S. elaeagnifolium* correspondientes a cada una de las fechas en que se efectuaron los tratamientos con herbicidas.

Estadio de desarrollo	Temporada	
	1978/79	1979/80
1. Plantas jóvenes de hasta 10 cm de altura, con 10 a 15 hojas	5/12/78	
2. Plantas de 15 a 20 cm de altura, presentando primordios florales en desarrollo.	3/01/79	31/12/79
3. Plantas de aproximadamente 30 cm de altura, con gran abundancia de flores y frutos en desarrollo.	7/02/79	5/02/80
4. Plantas de 30 cm de altura, frutos abundantes, algunos en avanzado estado de madurez.	12/03/79	11/03/80

de cobre en la base del tallo y éste unido a una estaca por un alambre del mismo material. Un año más tarde de efectuados los tratamientos, se evaluó sobre cada una de dichas plantas el rebrote. La ausencia del mismo se interpretó como consecuencia de la muerte total de la planta, incluidas sus estructuras subterráneas. En aquellas parcelas que luego de tratadas mostraron una recuperación rápida de las plantas, no se tuvo en cuenta el rebrote.

Con la experiencia recogida en los tratamientos del primer año se trató en el segundo de ajustar las dosis a los requerimientos mínimos reales. En consecuencia y dado que durante el primer año se obtuvieron resultados positivos para casi todos los tratamientos con Tordón 213, con dosis que podrían estar por encima del mínimo necesario, en el segundo año se las disminuyó; de igual manera pero por razones opuestas se aumentaron las correspondientes al glifosato.

### Resultados

A los dos días de aplicada la combinación MCPA + picloram, aparecieron síntomas de fitotoxicidad en todas las fechas consideradas.

Se observó epinastia de tallos y hojas, las que se plegaron sobre su nervadura central manifestándose un amarillamiento gradual, produciéndose en algunos casos la muerte total de los vástagos a los 30 días. Los resultados observados a los 30 días del tratamiento se presentan en el Cuadro 3.

Esta formulación garantizó un excelente control de la parte aérea de la planta en cualquiera de las

dosis empleadas cuando se asperjó a principios de enero, en ese momento las plantas estaban en activa floración. En dicha fecha el transporte del herbicida fue evidente a los pocos días del tratamiento y se exteriorizó por la aparición de síntomas de la acción del herbicida en plantas fuera de las parcelas tratadas que aparecían aisladas dentro de una población de aspecto normal. Este hecho se atribuyó al transporte del herbicida a través del sistema de raíces horizontales antes descrito. La distancia máxima a la que se observó una planta afectada, fuera de la parcela, fue ligeramente superior a un metro.

En los tratamientos efectuados a principios de diciembre y principios de marzo el efecto fue reducido y las plantas se recuperaron, de allí que como se ha mencionado no se marcaron plantas para evaluar el rebrote al año siguiente, en el que presentaron un aspecto similar al testigo.

Los síntomas de fitotoxicidad por la acción de glifosato comenzaron a manifestarse por lo menos una semana luego de la aplicación y aparecieron principalmente en los órganos cercanos al ápice. La sintomatología que presentaron las plantas en su parte aérea a los 30 días se caracterizó por la presencia de las hojas apicales de color blanco, las intermedias amarillas y las inferiores fueron menos afectadas. Las hojas apicales se fueron secando y plegando hasta su caída dependiendo ello de la dosis y momento de aplicación.

Glifosato mostró ser más efectivo en el control del follaje de *S. elaeagnifolium* cuando se aplicó a comienzos de enero, sin embargo su efecto en ambas temporadas fue considerablemente menor que el producido por la mezcla MCPA + picloram.

Las dosis empleadas en 1978/79 únicamente produjeron efectos de cierta consideración sobre el follaje cuando se asperjaron en dosis de 1.8 y 3.0 l/ha. Al año siguiente el empleo de 7.0 l/ha produjo la aparición de síntomas más severos (Cuadro 3).

En los primeros días de marzo, cuando las plantas estaban próximas a entrar en su receso invernal, se observó que varias plantas tratadas dos meses antes con glifosato que tenían su parte aérea parcialmente defoliada, presentaban en la base del tallo numerosas yemas que en ciertos casos rodeaban completamente la parte subterránea del cuello. Algunas de ellas dieron origen a plántulas de 10 y 15 cm de altura en la misma estación.

La efectividad en el control de rebrotes de *S. elaeagnifolium* al año siguiente de aplicados los herbicidas, se presenta en los Cuadros 4 y 5.

Cuadro 3. Porcentaje de daño de Tordon 213 y de Roundup sobre *S. elaeagnifolium* a los 30 días de aplicados en diferentes épocas del año y a lo largo de dos temporadas. Las cifras seguidas por la misma letra no difieren significativamente al nivel de  $P = 0.05$  según el ensayo de rango múltiple de Duncan.

Herbicida	Dosis l/ha	Fecha de aplicación Período 1978/79							
		5/12		3/1		7/2		12/3	
Tordon 213	1.1	66.6	cdef	100	a	80.0	abc	60.0	cdefg
	1.9	80.0	cde	100	a	93.3	ab	73.3	cd
	2.7	80.0	cde	100	a	100	a	60.0	cdefg
Roundup	1.0	30.0	hi	66.0	cdef	13.3	i	33.3	fghi
	1.8	46.6	efgh	80.0	abc	40.0	fghi	46.6	defgh
	3.0	46.6	efgh	66.6	cdef	33.3	ghi	46.6	defgh

Período 1979/80									
		31/12		5/2		13/3			
Tordon 213	0.8	100	a	26.6	fg	26.6	fg		
	1.2	86.6	bc	46.6	ef	60	de		
	1.9	93.3	ab	46.6	ef	46.6	ef		
Roundup	2.5	33.3	fg	20.0	g	26.6	fg		
	5.0	40.0	efg	40.0	efg	26.6	fg		
	7.0	26.6	fg	73.3	cd	46.6	ef		

Cuadro 4. Porcentaje de inhibición del rebrote de plantas de *Solanum elaeagnifolium* Cav. al año siguiente de tratadas con Tordon 213.

Fecha de aplicación	Dosis l/ha		
1978/79	1.0	1.9	2.7
5/12	0	0	30
3/1	0	100	100
7/2	0	0	100
12/3	0	0	0
1979/80	0.8	1.2	1.9
31/12	50	50	100
5/2	25	50	50

Las dosis medias y altas de la combinación MCPA + picloram fueron más efectivas en inhibir el rebrote (Cuadro 4). A medida que la fecha de aplicación de los tratamientos se apartó de la efectuada a comienzos de enero y al igual que lo acontecido en la parte aérea, el efecto sobre la inhibición de rebrotes disminuyó.

Cuadro 5. Porcentaje de inhibición del rebrote de plantas de *Solanum elaeagnifolium* Cav. al año de tratadas con Roundup.

Fecha de aplicación	Dosis l/ha		
1979/80	2.5	5.0	7.0
31/12	0	75	50
5/2	0	50	50

Plantas tratadas con 1.9 l/ha temprana en la estación de crecimiento (principios de diciembre) o muy tarde en la misma (marzo), rebrotaron normalmente al año siguiente. La misma dosis aplicada a principios de febrero permitió el desarrollo de vástagos que alcanzaron un desarrollo de hasta 10 y 15 cm de altura, muriendo posteriormente con los síntomas característicos de los compuestos auxínicos.

El control logrado con los tratamientos más efectivos de glifosato en ambas temporadas fue significativamente menor que el logrado con la combinación de MCPA + picloram.

Las dosis más bajas de glifosato no inhibieron el desarrollo de brotes vegetativos en la estación siguiente, dosis intermedias y altas produjeron inhibición parcial cuando los tratamientos se hicieron en enero y principios de febrero. Ocasionalmente se observó que algunos de los vástagos producidos al año siguiente de los tratamientos murieron tempranamente cuando las plantas tenían dos o tres hojas completamente desarrolladas.

### Discusión

La susceptibilidad de una especie a un herbicida es casi siempre función de la edad de la planta y el estado fenológico en que se encuentra en el momento de la aplicación del compuesto. El conocimiento del estado más susceptible de la maleza a lo largo de su ciclo anual es un criterio válido para su control con herbicidas. Esto es particularmente importante en el caso de especies, que como *S. elaeagnifolium* poseen un vigoroso sistema radical perenne, con una alta capacidad de regeneración (9) que resulta difícil de afectar por la aplicación de productos químicos.

En este trabajo las diferentes épocas elegidas para la aplicación de los herbicidas estudiados permitieron analizar las respuestas de la planta en las distintas etapas de desarrollo y para diferentes concentraciones de los mismos.

En especies anuales una regla general es que los tratamientos más efectivos se obtienen cuando se realizan en los primeros estadios de crecimiento. En especies perennes como la presente, el éxito de los tratamientos está asociado con la destrucción del sistema subterráneo, que depende frecuentemente del conocimiento del período en que el compuesto se transporta con preferencia al mismo y de su susceptibilidad en dicho momento.

La efectividad del picloram es en gran parte debida a su alta movilidad y resistencia a la alteración de la molécula dentro de la planta (11) y a su tendencia a acumularse en los ápices radicales (12). Recientemente se ha mostrado la capacidad de picloram para movilizarse en las raíces de *S. elaeagnifolium* a distancias considerables (20). La facilidad con que la formulación MCPA + picloram fue transportada por la especie quedó demostrada a campo cuando se observó la aparición de síntomas de fitotoxicidad y muerte de plantas no tratadas hasta una distancia superior a un metro de las que habían sido asperjadas con el herbicida, pero que estaban unidas a aquellas a través de sus raíces horizontales.

La muerte más rápida de la parte aérea de plantas de *Convolvulus arvensis*, que como la estudiada se

caracteriza por poseer un profundo sistema radical, cuando fueron tratadas con una combinación de 2,4-D y picloram se atribuyó a una mayor distribución acrópeta y basípeta para ambos herbicidas respecto a cuando se aplicaron por separado (2).

La absorción rápida de un compuesto o la muerte de la parte aérea no es un buen índice de control para *S. elaeagnifolium* de allí que en estos estudios se prestó particular atención al rebrote de las plantas.

Los tratamientos más exitosos con la mezcla MCPA + picloram, que ocasionaron la muerte de la parte aérea de la planta se obtuvieron cuando el producto se aplicó en dosis intermedias y altas desde principios de enero a principios de febrero. No ocurrió lo mismo con las restantes fechas, tanto anteriores como posteriores, donde sólo dosis altas provocaron efectos parciales.

Este mayor efecto se vio reflejado en la inhibición posterior del rebrote al año siguiente. En efecto, las dosis medias y altas de la mezcla MCPA + picloram suministradas a principios de enero se tradujeron en la incapacidad de las plantas para producir nuevos vástagos a partir de su tallo a nivel del suelo o de sus raíces; sin embargo la concentración más alta (2.7 l/ha) también fue efectiva aplicada en los primeros días de febrero. Para otras fechas anteriores o posteriores la planta fue capaz de regenerar nuevas estructuras vegetativas aéreas con mayor facilidad a medida que los tratamientos se alejaron de dicho momento. Esto puede tomarse como una indicación de que el momento en que se alcanzaría la destrucción del sistema subterráneo, quedaría limitado a un período muy corto durante el año que se ubicaría entre fin de diciembre y principios de enero para la latitud correspondiente al sur de la Provincia de Buenos Aires.

La dosis de 1.9 l/ha de la mezcla MCPA + picloram utilizada en este ensayo mostró ser la dosis mínima efectiva cuando se asperjó en el momento oportuno, tanto en su efecto sobre la parte aérea como en su capacidad de inhibición de rebrotes un año más tarde.

Los síntomas de fitotoxicidad causados por el glifosato en el follaje de *S. elaeagnifolium* tardaron por lo menos una semana en manifestarse, siendo más acentuados en los órganos más jóvenes, los ápices del vegetal, coincidiendo con lo observado por otros autores en otras especies (8, 15).

Los resultados de este trabajo muestran que el glifosato activa la formación de yemas semienterradas a la altura del cuello del tallo, coincidiendo con lo

visto anteriormente (16, 22), efecto que podría estar asociado con la pérdida de dominancia apical por acción de este compuesto (25).

La acción de este compuesto herbicida parece afectada principalmente por la humedad atmosférica. Se observó que el glifosato era dos veces más tóxico en *Cynodon dactylon* con una humedad relativa del 100% que con un 40% (14). Posiblemente la baja humedad relativa de la zona experimental durante los meses de verano incidió en el menor efecto de glifosato cuando se lo comparó con el otro herbicida.

El momento a lo largo del ciclo anual de crecimiento y desarrollo de *S. elaeagnifolium* en que se observó la máxima toxicidad para los dos herbicidas ensayados durante las dos temporadas, coincide en ambos casos con fines de diciembre y principios de enero, con un saldo más favorable para la formulación integrada por MCPA + picloram con respecto a glifosato.

La mayor susceptibilidad de *S. elaeagnifolium* a fines de diciembre y principios de enero para los herbicidas ensayados estaría asociada a un aumento importante de peso seco del sistema subterráneo y a una intensa actividad meristemática. Es notable observar que dicho período coincide no sólo con el momento en que se tiene el máximo de superficie foliar fotosintéticamente activa, sino también con un pico en el crecimiento y aumento de peso seco de las estructuras subterráneas, que son los órganos de sobrevivencia de la especie (23). Durante ese momento se observaron sobre las raíces horizontales gemíferas, la aparición de numerosos brotes vegetativos destinados a formar nuevas plantas. Dichas estructuras de alta actividad meristemática contribuyeron sin duda a crear zonas en la raíz de alto requerimiento de fotoasimilados que favorecerían el acceso de las moléculas de herbicida.

Si bien los resultados obtenidos permiten concluir que la época favorable para controlar efectivamente *S. elaeagnifolium* estaría ubicada entre fines de diciembre a principios de febrero, el momento óptimo para la acción de estos herbicidas estaría localizada hacia principios de enero ya que para alcanzar la máxima efectividad fueron suficientes dosis medias del producto empleado. La aplicación de dosis más altas ampliaría el período de aplicación con posibilidades de éxito.

Es probable que la aparición de síntomas de fitotoxicidad en rebrotes luego de casi un año de la aplicación de los dos herbicidas, fue consecuencia de que los mismos hayan sido almacenados en los tejidos de la raíz conjuntamente con las reservas de fotoasi-

milados y posteriormente ejercieran su efecto sobre los centros meristemáticos de la misma y sobre los brotes en la primavera siguiente asociado con la redistribución de azúcares. La posibilidad de que los herbicidas permanezcan almacenados en la planta y ejerzan su acción varios meses más tarde fue mostrada por varios autores (7, 10, 17).

### Resumen

Se aplicó el herbicida glifosato y uno compuesto por MCPA + picloram en distintas dosis a lo largo del ciclo anual de crecimiento de *Solanum elaeagnifolium*. La mayor susceptibilidad de las plantas se registró cuando los productos fueron aplicados a fines de diciembre o principios de enero, en momentos en que las plantas habían iniciado su período de intensa floración. El herbicida compuesto por MCPA + picloram resultó manifiestamente más tóxico.

### Literatura citada

1. ABERNATHY, J. R. BERNER, R. C., SMITH, D. T. y COOLEY, A. W. Influence of subsurface layering application of herbicides on cotton and silverleaf nightshade. Meeting of the Weed Science Society of America, 1974. pp. 10-11.
2. AGBAKBA, C. S. y GOODIN, J. R. Picloram enhances 2-4-D movement in field bindweed. *Weed Science* 18(1):19-21. 1970.
3. BALASUBRAMANIAN, M. y SAKHARAN RAO, J. Effects of a new herbicide on *Solanum elaeagnifolium* Cav., a recent weed in Coimbatore District. *PANS C: Weed Control* 14(3):282-289. 1968.
4. COOLEY, A. W., BARNER, R. C. y SMITH, D. T. Subsurface layering for perennial weed control. In 26th Annual Meeting of the Southern Weed Science Society. Proceedings. 1973. p. 453.
5. COOLEY, A. W. y SMITH, D. T. Silverleaf nightshade response to glyphosate. In 26th Annual Meeting of the Southern Weed Science Society. Proceedings, 1973. p. 59.
6. CUTHBERTSON, E. G., LEYS, R. A. y McMASTER, G. Silverleaf nightshade: a potential threat to agriculture. *Agricultural Gazette of New South Wales* 87(6):11-13. 1972.

7. ELIASSON, L. y HALLMEN, U. Translocation and metabolism of Picloram and 2,4-D in *Populus tremula*. *Physiologia Plantarum* 28(1):182-187. 1973.
8. FERNANDEZ, D. H. y BAYER, D. E. Penetration, translocation and toxicity of glyphosate in Bermudagrass (*Cynodon dactylon*). *Weed Science* 25(5):396-400. 1977.
9. FERNANDEZ, O. A. y BREVEDAN, R. E. Regeneración de *Solanum elaeagnifolium* Cav. a partir de fragmentos de sus raíces. *Darwiniana* (Argentina) 17:433-442. 1972.
10. HAY, J. R. Translocation of herbicides in marabu. II. Translocation of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid following foliage application. *Weeds* 4(4):349-356. 1956.
11. HAY, J. R. Herbicide transport in plants. In Audus, L. S. *Herbicides, physiology, biochemistry, ecology*. New York, Academic Press, 1976. Vol. 1, pp. 365-396.
12. ISENSEE, A. R., JONES, G. F. y TURNER, B. C. Root absorption and translocation of picloram by oats and soybeans. *Weed Science* 19(6):727-731. 1971.
13. JACKSON, D. W., ABERNATHY, J. R. y KEELING, J. W. Sorghum and silverleaf nightshade response to incorporated triazine herbicides. In *Proceedings of the 30th Annual Meeting of Southern Weed Science Society*, 1977. p. 62.
14. JORDAN, T. N. Effects of temperature and relative humidity on the toxicity of glyphosate to Bermudagrass (*Cynodon dactylon*). *Weed Science* 25(5):448-451. 1977.
15. KELLS, J. J. y RIECK, C. E. Effects of illuminance and time on accumulation of glyphosate in Johnsongrass (*Sorghum halepense*). *Weed Science* 27(2):235-237. 1979.
16. LARSON, F. E. Chemical stimulation of branching in deciduous fruit trees nursery stock with Ethyl 5-(4-chlorophenyl)-2H-tetrazole-2-acetate. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 104(6):770-773. 1979.
17. LEONARD, O. A. y WEAVER, R. J. Absorption and translocation of 2,4-D and Amitrole in shoots of the Tokay grape. *Hilgardia* 31(9):327-368. 1961.
18. MOLNAR, V. M. y MCKENZIE, D. N. Progress report on silverleaf nightshade research. Victoria, Australia, Department of Crown Lands and Survey, Vermin and Noxious Weeds Destructions Board, 1976.
19. MORTON, C. V. A revision of the Argentine species of *Solanum*. Argentina, Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, 1976.
20. RICHARDSON, R. G. Absorption, translocation and toxicity of picloram in silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.). *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 45(4):263-266. 1979.
21. RODRIGUEZ, N. M. Control de malezas perennes en la región semiárida pampeana. *Anales de la Sociedad Rural Argentina* 107(8):51-55. 1973.
22. SCHULTZ, M. E. y BURNSIDE, O. C. Absorption, translocation and metabolism of 2,4-D and glyphosate in hemp dogbane (*Apocynum cannabinum*). *Weed Science* 28(1):13-20. 1980.
23. VIGNA, M. R. Estudios sobre la biología de *Solanum elaeagnifolium* Cav. y su susceptibilidad a dos herbicidas. Tesis M. S. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina, Universidad Nacional del Sur, 1982.
24. VIGNA, M. R., FERNANDEZ, O. A. y BREVEDAN, R. E. Biología y control de *Solanum elaeagnifolium* Cav. *Revista de la Facultad de Agronomía* 2(2):79-89. 1981.
25. WHITWELL, T., BANKS, P., BASLER, E. y SANTELMANN, P. W. Glyphosate absorption and translocation in Bermudagrass (*Cynodon dactylon*) and activity in horsenettle (*Solanum carolinense*). *Weed Science* 28(1):93-96. 1980.
26. YANNITSAROS, A. y ECONOMIDOU, E. Studies on the adventive flora of Greece. I. General remarks on some recently introduced taxa. *Condollea* 29:111-119. 1974.

## Reseña de libros

HEINRICH, E. A. *et al.* Manual for Testing Insecticides on Rice. International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna (Philippines), 1981. 134 p.

Este manual proporciona al investigador en el cultivo del arroz, un ordenamiento y un análisis escueto sobre un tema tan valioso y discutido como lo es la evaluación de insecticidas.

El libro consta de nueve capítulos que describen un panorama muy claro de los criterios a considerar por parte del investigador dedicado al estudio de los insecticidas en arroz.

El texto describe cómo y cuál es la técnica utilizada para evaluar a nivel de insectario y de campo, el efecto de un insecticida contra una población de insectos dañinos y la actividad del mismo, sobre el suelo, plantas y fauna benéfica.

Los capítulos del 2 al 5 describen los pasos a seguir para calcular la  $DL_{50}$  del producto a evaluar, los métodos usados en arroz para cría de insectos y como utilizar estas poblaciones en los momentos adecuados al analizar el producto químico en pruebas de insectario y en el campo. Indica los errores frecuentes en que se incurren al momento de valorar un insecticida, de tal forma que los datos que se generan de esa investigación sean confiables. En el capítulo 8 describe un ejemplo teórico del diseño estadístico ideal, el cual a mi entender está muy bien tratado.

Al final del manual encontramos una serie de apéndices muy valiosos mostrando cuadros de conversión de insecticidas, lista de las compañías que se encargan de investigación y desarrollo de insecticidas, etc. Concluye con un glosario de términos utilizados en los capítulos antes mencionados.

En resumen, considero el texto como un acierto de parte de los autores, pues para el investigador

de plaguicidas es una obra que debe de tener a su alcance para el docente involucrado en el tema constituye un excelente libro de consulta. El manual indirectamente realiza a la vez una autocrítica a la distorsión que se da cuando se realizan ensayos de insecticidas. Recomiendo su lectura a todo aquel profesional costarricense que esté interesado en el tema, ya que tendrá la oportunidad de valorar su propia investigación.

GILBERTO CORRALES M.  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
HEREDIA, COSTA RICA

ALBAIGES, J (ed.) Analytical techniques in environmental chemistry. Pergamon Press Ltda. Oxford, Inglaterra. 646 p.

Este volumen presenta los trabajos expuestos en el Congreso Internacional sobre Técnicas Analíticas en Química Ambiental celebrado en Barcelona en 1978 e incluye sesenta trabajos de alto nivel y se adjunta un índice. El volumen, incluye un índice, aunque no tiene ninguna subdivisión, lo que podría haber simplificado su uso.

Aproximadamente la mitad de los trabajos se refieren a la determinación de compuestos orgánicos, en especial sobre hidrocarburos. Alrededor de un tercio del volumen se ocupa de la detección de contaminantes inorgánicos.

En general los trabajos tratan sobre la instrumentación más avanzada, como la emisión de rayos X, cromatografía de líquidos, técnicas combinadas de cromatografía de gas con espectrografía de masas, etc. El volumen está escrito para el especialista en química ambiental y requiere para su estudio un buen conocimiento global de química.

El gran valor del volumen descansa en reunir muchas de las técnicas recientes en un solo volumen bien presentado y editado. Se recomienda como obra de consulta esencial para todas las bibliotecas que sirven a grupos que trabajan en química ambiental.

ELEMER BORNEMISZA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

### Summary

*Bidens pilosa* L. (Compositae) one among the World's worst weeds, produces open globose heads of desmochorous achenes disposed radially around the receptacle. These achenes are more numerous (about 60%) in the inferior hemisphere and their length decreases, while their width increases, along an apex – basis gradient. The achenes nearer to the basis (about 20%) are much shorter and differ from the others also in shape and in ornamentations. These brachycarpous achenes remain connected to the receptacle longer than the other ones and showed a very low percentage of germination, in common laboratory conditions. *B. pilosa*, therefore, shows a certain degree of heterocarpy, perhaps associated with the process of dispersal and germination of its achenes.

### Introdução

O pição-preto (*Bidens pilosa* L.), pertencente à família Compositae, Subfamília Asteroideae, tribo Heliantheae, subtribo Coreopsidinae, e é uma espécie cosmopolita tropical das mais importantes (16). Está incluída entre as piores plantas daninhas do mundo por Holm *et al.* (10) e no Brasil já foi citada por inúmeros autores, entre os quais Cardenas e Coulston (4), De Marinis (6) e Blanco (2), sendo considerada altamente nociva.

Trata-se de uma espécie herbácea anual (terófito), com ciclo biológico de duração variável entre 60-90 dias (11) e 150-360 dias (15). Embora possa acidentalmente se propagar por meios vegetativos (9), esta espécie se reproduz normalmente através de seus nios, que lhe asseguram uma capacidade reprodutiva elevada (7, 10, 14). Segundo Holm *et al.* (10) esta capacidade reprodutiva varia entre 3 000 a 6 000 aquênios por indivíduo, podendo ocorrer, em algumas áreas, até três ou quatro gerações por ano. Segundo os mesmos autores, a germinação dos aquênios exige

luz e boa aeração, variando muito conforme a procedência da amostra e o tempo de armazenamento e costumando ser de 35 a 60% durante a primeira semana. Segundo Rochecouste e Vaughan (13) frutos com três a cinco anos de idade apresentaram 80% de germinação. De Marinis, em vários ensaios não publicado, obteve germinabilidade de até 80-90% tanto no escuro contínuo como em condições de alternância diária de iluminação. O mesmo autor (8) apontou algumas anomalias cotiledonares nesta espécie.

Os aquênios, que do ponto de vista ecomorfológico pertencem ao tipo desmócoro, já foram descritos por vários autores (1, 3, 11 e 12).

Segundo Baker (1), os aquênios tem 12.7 a 17.0 mm de comprimento por cerca de 1 mm de largura e possuem três ou quatro aristas de 2.1 a 3.2 mm de comprimento. Segundo Cabrera (3) os aquênios possuem entre 4 e 16 mm de comprimento e apresentam 2 ou 3 aristas de 2 a 4 mm de comprimento.

Segundo Leitao F<sup>o</sup> *et al.* (11) o comprimento do aquênio varia entre 4.7 e 10 mm e a largura entre 0.7 e 1.1 mm, sendo portanto as dimensões bastante variáveis. O papilho é constituído por 2 a 4 cerdas de cerca de 3 mm de comprimento.

Holm *et al.* (10) dizem apenas que o aquênio tem cerca de 11 mm de comprimento e possui um papilho de 2 a 4 aristas de 3 mm de comprimento.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em junho de 1982.

\* Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Rio Claro, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, 13 500 Rio Claro, SP.

O presente trabalho pretende estudar de maneira mais pormenorizada a variabilidade de alguns parâmetros morfológicos dos aquênios de *B. pilosa* relacionando-os com sua posição no capítulo.

O capítulo frutífero do piçã-preto é constituído por um certo número de aquênios (entre 32 e 54, em média 41, segundo De Marinis, 7) dispostos radialmente de modo a formar uma estrutura de âmbito esférico. Como as aristas, que constituem o principal meio de adesão dos frutos a seus vetores, ficam dispostas na periferia da esfera, conclui-se que esta organização radial é a que propicia a maior probabilidade de disseminação por desmocracia.

#### Materiais e métodos

Foram examinados 100 capítulos frutíferos retirados por sorteio de uma população natural de *B. pilosa*, estabelecida nos arredores da Sede do Horto Florestal "Navarro de Andrade", em Rio Claro. O clima do local é do tipo Cwa de Köeppen e o solo é latossol roxo, de textura argilosa.

Todos os aquênios existentes nos 100 capítulos foram preliminarmente classificados quanto a sua orientação, de acordo com o diagrama angular representado na Figura 1, em seis classes posicionais (setores).

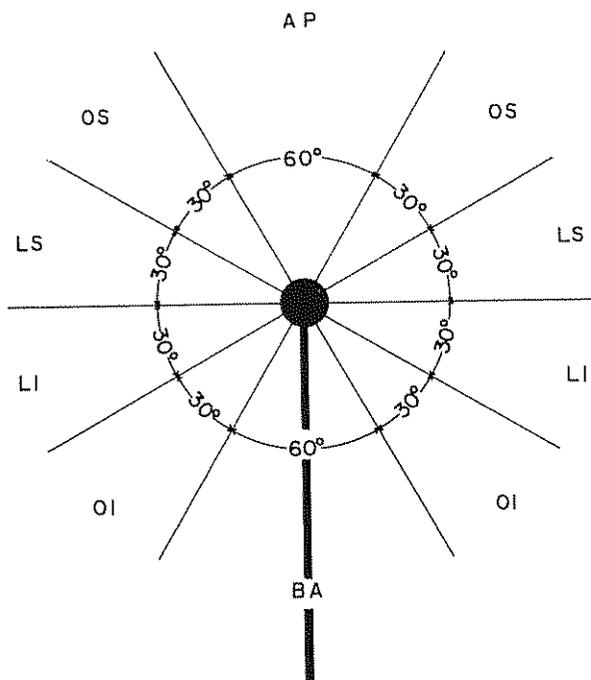


Fig. 1. Diagrama angular do capítulo frutífero de *B. pilosa*, mostrando as classes radiais (setores).

De cada aquênio foram observados os seguintes parâmetros:

- C = Comprimento do corpo do aquênio (mm)
- L = Largura do corpo do aquênio (mm)
- C/L = Índice de alongamento do corpo do aquênio
- An = Número de aristas por aquênio
- Ac = Comprimento médio das aristas laterais

#### Resultados e discussão

A organização globosa do capítulo frutífero é alcançada aos poucos, pois que inicialmente os aquênios estão próximos e orientados para cima, conforme mostram as Figuras 2, 3 e 4.

No Quadro 1 e a Figura 5 apresentam a proporção de aquênios encontrados em cada classe radial, mostrando que o hemisfério superior é mais pobre (cerca de 2/5 do total) do que o inferior (cerca de

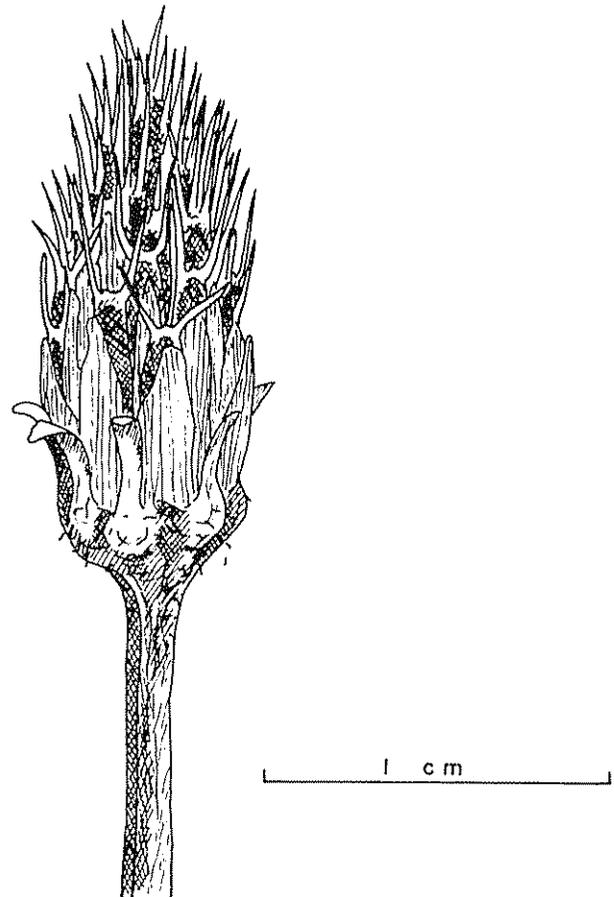
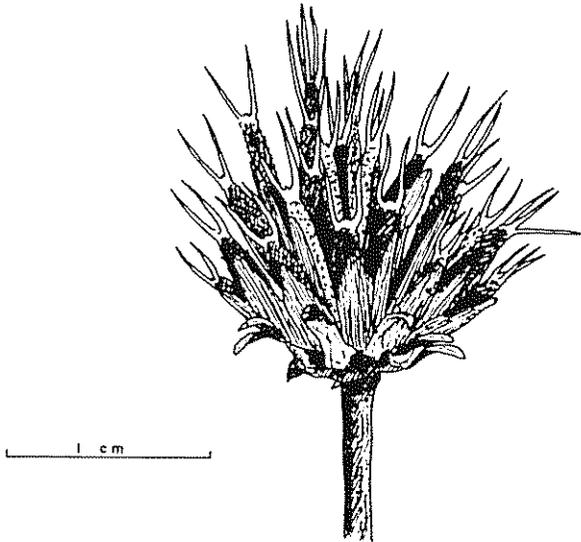
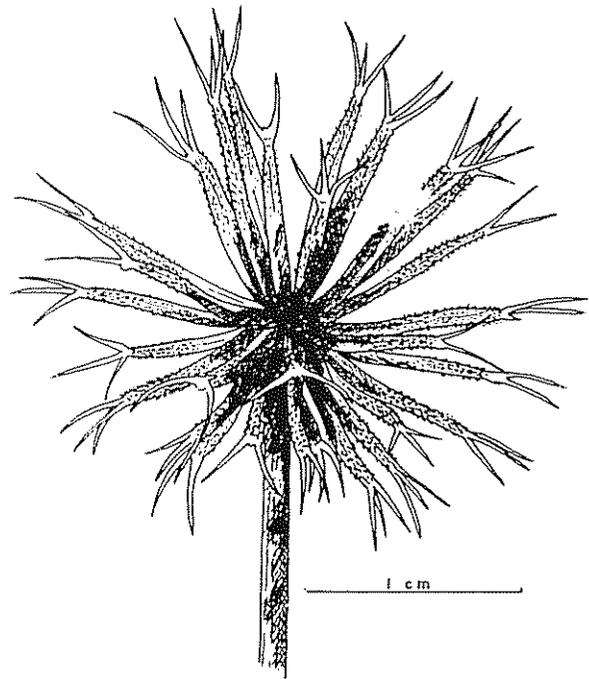


Fig. 2. Capítulo frutífero de *B. pilosa* ainda fechado.

Fig. 3. Capitulo frutifero de *B. pilosa* semi aberto

3/5 do total). Esta diferenca decorre principalmente do maior numero de aquenios basais (BA) em comparacao como o numero dos apicais (AP). Os aquenios obliquos (OS e OI) contribuem em menor grau para esta diferenca entre os hemisferios e os laterais (LS e LI) em grau ainda menor. Estes dados sugerem que os aquenios basais devam exercer algum papel na disseminacao da especie, pois que do contrario teriam sido eliminados pela evolucao adaptativa.

No Quadro 2 e as Figuras 6 e 7 mostram a variacao dos parametros estudados nas diferentes classes radiais, revelando a existencia de gradientes dimensionais nitidos. Assim, o comprimento do corpo do aquenio (C) diminui no sentido apice-base, enquanto

Fig. 4. Capitulo frutifero de *B. pilosa* completamente aberto

que a largura (L) aumenta. Estes dois fenomenos provocam tambem a diminuicao progressiva e acentuada do indice de alongamento (C/L), que nos aquenios basais tipicos chega a ser, em media de apenas 1/3 do correspondente valor dos aquenios apicais. O numero medio de aristas segue um padrao diferente porque diminui no sentido apice-lados e tambem no sentido base-lados. Em compensacao o comprimento das aristas acompanha o comprimento do corpo do aquenio, diminuindo no sentido apice-

Quadro 1. Numero proporcional de aquenios nos hemisferios e setores do capitulo frutifero de *B. pilosa* L.

Setor e hemisferio	Em % do hemisferio	Em % do capitulo frutifero inteiro
AP = Apical	21.88	8.64
OS = Obliquo superior	45.31	17.90
LS = Lateral superior	32.81	12.96
HS = Hemisferio superior	100.00	39.50
LI = Lateral inferior	26.53	16.05
OI = Obliquo inferior	37.76	22.84
BA = Basal	35.71	21.61
HI = Hemisferio inferior	100.00	60.50
CF = Capitulo frutifero		100.00

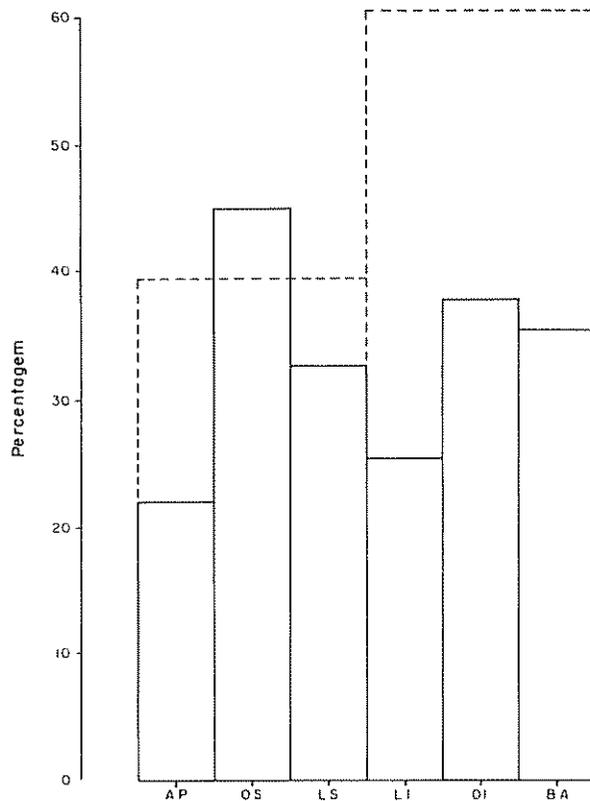


Fig. 5. Distribuição percentual das classes radiais dos aquênios de *B. pilosa* no capítulo.

base, embora menos do que proporcionalmente. Decorre disto que as aristas, embora diminuindo o valor absoluto do seu comprimento, sofrem um encurtamento relativamente menor do que seus respectivos aquênios. Existe, portanto, no capítulo frutífero de *B. pilosa*, um certo grau de heterocarpia gradencial que se acentua fortemente no setor basal.

De fato os aquênios basais (BA), além de bem mais curtos e espessos, o que lhes permite atribuir

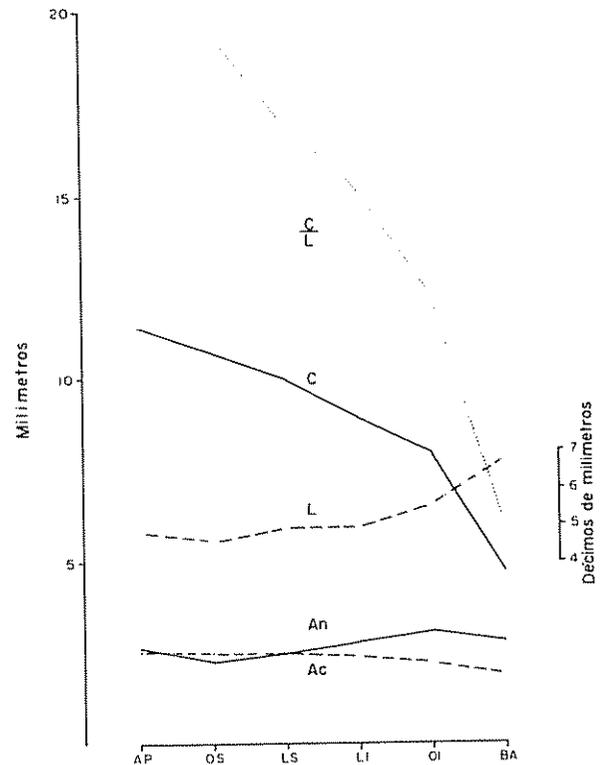


Fig. 6. Valores médios de alguns parâmetros dos aquênios de *B. pilosa*.

(C = Comprimento do corpo do aquênio; L = Largura do corpo do aquênio; C/L = Índice de alongamento do corpo do aquênio; An = Número de aristas por aquênio; Ac = Comprimento médio das aristas laterais).

a designação de braquicarpos, apresentam também diferença na forma e nas ornamentações quando com os demais (Figura 8). Foi verificado, ainda, que eles se destacam mais dificilmente do receptáculo e que, nos testes normais de laboratório, apresentam pouca ou nenhuma germinabilidade, embora frequentemente se mostrem viáveis pelo teste do tetrazólio.

Quadro 2. Valores médios de alguns parâmetros dos aquênios nos setores do capítulo frutífero de *B. pilosa*

Setor	C	L	C/L	An	Ac
AP = Apical	11.43	0.57	20.01	2.64	2.54
OS = Obliquo superior	10.72	0.55	19.56	2.28	2.42
LS = Lateral superior	9.96	0.58	17.00	2.38	2.44
LI = Lateral inferior	8.92	0.58	15.26	2.73	2.37
OI = Obliquo inferior	7.96	0.65	12.34	3.03	2.15
BA = Basal	4.66	0.77	6.06	2.74	1.83

C = Comprimento do corpo do aquênio (mm); L = Largura do corpo do aquênio (mm); An = Número de aristas por aquênio; Ac = Comprimento médio das aristas laterais.

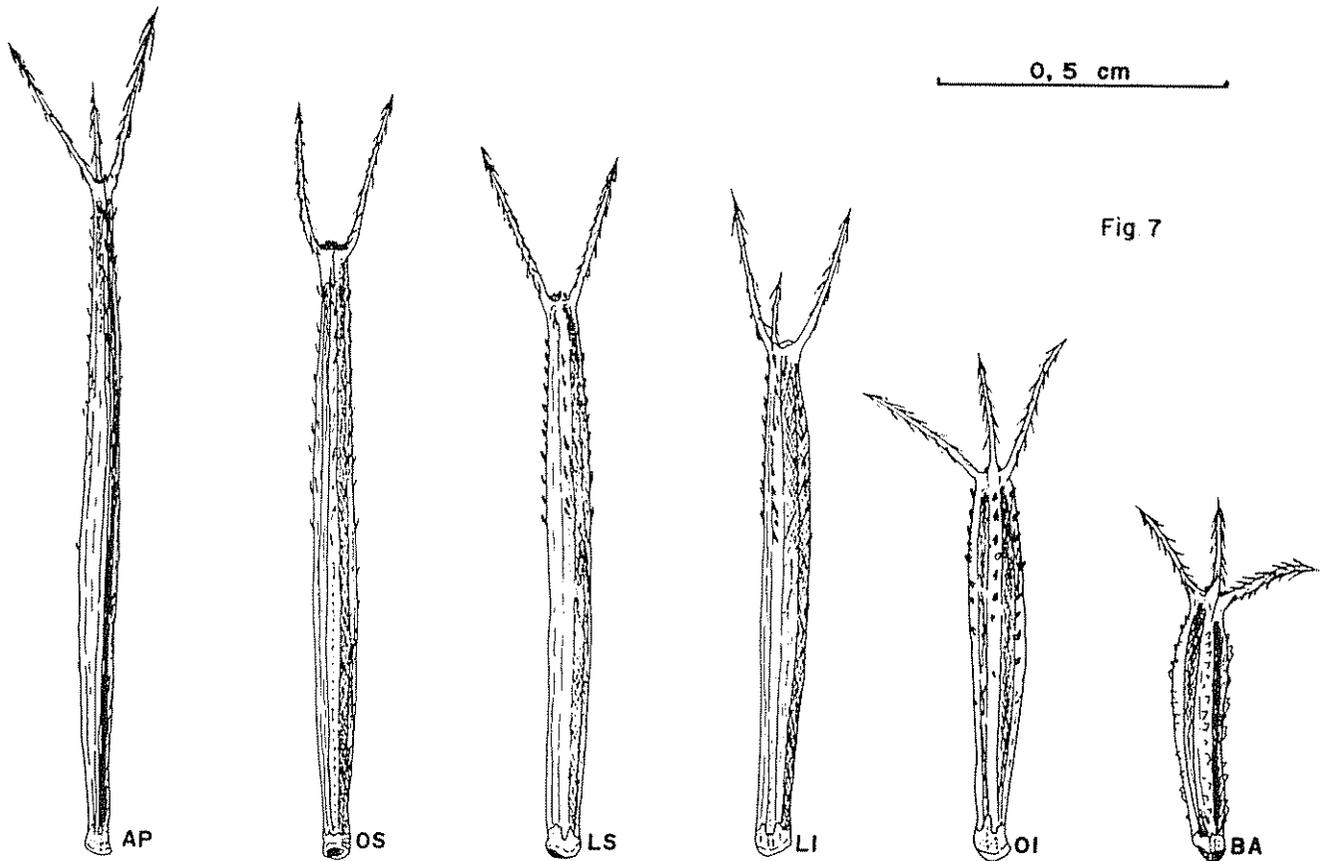
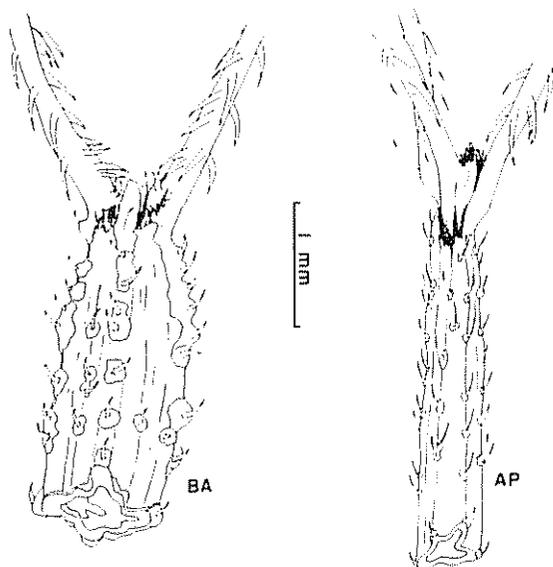


Fig 7

Fig 7 Aspecto geral médio dos aquênios das diferentes classes radiais do capítulo frutífero de *B. pilosa*Fig. 8. Comparação entre os aquênios basais (BA) e apicais (AP) de *B. pilosa*.

É portanto lícito supor que estes aquênios braquicarpos inseridos na base do capítulo possam ter algum papel peculiar nos processos de disseminação e estabelecimento de *Bidens pilosa* L.

#### Resumen

*Bidens pilosa* L. (Compositae), una entre las peores malezas del mundo, produce capítulos abiertos y globosos con muchos aquenios en disposición radiada alrededor del receptáculo. Estos aquenios, que se hallan en su mayor proporción (cerca de 60%) en el hemisferio inferior presentan menor largura y mayor anchura, desde el apice en dirección a la base del capítulo. Los aquenios de la región basal (cerca de 20%) son mucho más cortos y difieren de los otros también en su forma y ornamentaciones. Estos aquenios, aquí llamados braquicarpos, se separan con mayor dificultad del receptáculo y muestran germinación mucho menor, en las condiciones normales de laboratorio. *B. pilosa*, por lo tanto, presenta cierto grado de heterocarpia, probablemente asociada a los procesos de dispersión y germinación de sus aquenios

## Literatura citada

1. BAKER, J. G. Compositae. IV In Martii Flora Brasiliensis, VI(III) Monachii, 1884
2. BLANCO, H. G. Catálogo das espécies de mato infestantes de áreas cultivadas no Brasil. Família do pição-preto (Compositae) O. Biológico (Brasil) 42(3-4):62-97. 1976.
3. CABRERA, A. Compuestas. In Flora de la Provincia de Buenos Aires, VI. Colección Científica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires, 1963.
4. CARDENAS, J. y COULSTON, L. Weeds of Brazil. A list of common and scientific names. Corvallis, Oregon State University, 1967.
5. DANSEREAU, P. Biogeography. An ecological perspective. New York, Ronald Press, 1957.
6. DE MARINIS, G. Catálogo brasileiro de plantas daninhas da família Compositae II Ciência e Cultura (Brasil) 25(6, supl.):521. 1973.
7. DE MARINIS, G. Nota sobre a capacidade reprodutiva de *Bidens pilosa* L. Revista de Agricultura (Brasil) 48(2-3):95-100. 1973
8. DE MARINIS, G. Anomalias cotiledonares em *Bidens pilosa* L. In Seminário Brasileiro de Herbicidas e Ervas Daninhas, 12<sup>o</sup>, Fortaleza, 1978. Resumos p. 120
9. HADAC, E. y HADACOVA, V. Notes on the ecology and distribution of *Bidens pilosa* L. in Cuba Folia Geobotanica et Phytotaxonomica 4:165-173 1969
10. HOLM, L. G., PLUCKNETT, D. L., PANCHO, J. V. y HERBERGER, J. P. The world's worst weeds. Distribution and biology Honolulu, Hawaii University Press, 1977.
11. LEITÃO, F., H. DE F., ARANHA, C. e BACCHI, O. Plantas invasoras de culturas no Estado de São Paulo, Brasil, Hucitec, 1975. 2 v.
12. PANCHO, J. V. y GUANTES, M. M. Seed identification of common weeds in lowland rice fields. Philippine Agriculturist 46(7): 481-513 1962
13. ROCHECOUSTE, E. y VAUGHAN, R. Weeds of Mauritius *Bidens pilosa* L. Mauritius Sugar Industry Research Institute. Leaflet Series I. 1959.
14. SCHWERZEL, P. J. Seed production of some common Rhodesian weeds. PANS C: Weed Control 13(3):215-217 1967.
15. TAMASHIRO, J. Y. e LEITÃO F., H. DE F. Observações sobre o ciclo de vida de *Bidens pilosa* L. (Compositae-Heliantheae). Hoehnea (Brasil) 7:27-40. 1978.
16. WAGENITZ, G. Campanulales. In A Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien. zwölfte Aufl. Berlin-Nikolassee, Gebruder Borntraeger, 1964. v. 2.

## EVALUACION AL SACRIFICIO EN CABRITOS PROVENIENTES DE LOS SISTEMAS DE CRIANZA INTENSIVO Y EXTENSIVO<sup>1</sup>

M. SAMAME\*  
E. LOZANO\*\*  
S. BERNAL\*\*

### Summary

*In order to evaluate carcass yield of goats, two groups of kids from 8 to 9 months old were slaughtered and weighed. Fifteen animals had been raised with an intensive feeding system using sugar cane pods supplemented with molasses and a raw protein mixture made up of 40% poultry waste and 60% cotton seed meal. The other 14 animals had been fed under an extensive system, including carob trees (*Prosopis* sp), Sapota trees (*Capparis angulata*), Acacia macrocanta and some pasture.*

*An unrestricted randomized design was used to evaluate carcass yield, offal, waste and skin. The results were 39.48% and 45.06%, 25.28% and 23.49%, 26.6% and 22.63%; and 5.54% and 8.27% for intensive and extensive systems respectively ( $P \leq 0.01$ ). The yield on carcass cuts was 31.38% and 34.28% ( $P \leq 0.01$ ) for leg; 21.29% and 22.16% for shoulder blade-arm; 14.15% and 12.41% for neck ( $P \leq 0.01$ ); 12.47% and 13.19% for loin; 10.09% and 9.76% for breast; 9.09% and 7.27% ( $P \leq 0.01$ ) for ribs, under intensive and extensive feeding systems respectively. In the same order, the carcass length was 53.18 cm and 61.57 cm ( $P \leq 0.01$ ), leg length was 36.27 cm and 36.75 cm, and longissimus dorsi area was 6.5 and 9.31 cm<sup>2</sup> ( $P \leq 0.01$ ). Digestive tract content was 22.7% of live weight for intensive systems and 18.81% for extensive systems.*

### Introducción

**E**l 77% de la población mundial de ganado caprino se encuentra en países de poco desarrollo y se caracteriza por su bajo rendimiento; aún así, contribuye significativamente a la economía y el suministro de alimentos de estos países (14). El ganado caprino posee una habilidad propia para prosperar bajo las diversas condiciones de habitat natural, integrado a situaciones económicas disímiles (11), con una influencia de importancia a nivel de pequeño productor debida especialmente a un tamaño reducido de la carcasa la que facilita su uso a nivel de consumo familiar (7).

Como características resaltantes de la habilidad típica del ganado caprino se ha señalado una mayor ingestión de nutrimentos, tales como proteína, debido a que mediante el "ramoneo" de yemas y partes tiernas de la vegetación le permite incrementar su consumo (13). También se ha demostrado su mayor capacidad digestiva para el aprovechamiento de alimentos fibrosos y un mayor consumo de la materia seca, que oscila entre 5 y 7% del peso vivo (11).

En la crianza estabulada o la extensiva se han reportado efectos del sistema de alimentación, edad, raza y manejo animal sobre el rendimiento del caprino (2, 3, 4, 5, 6, 8, 10).

El rendimiento de carcasa se ha calculado entre 41.0 y 51.0% para animales no sometidos a engorde y engordados, respectivamente (9), con un peso vivo inicial promedio de 16.0 kg. Para cabritos castrados y sacrificados a los 11 y 16 meses de edad, con pesos de 19.3 y 22.2 kg, se ha encontrado que sus pesos de carcasa son de 8.39 y 10.11 kg, que expresados como

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 13 octubre de 1982.

\* Dirección actual: Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo", Programa de Zootecnia, Lambayeque, Perú.

\*\* Catedráticos del Departamento Académico de Producción Animal, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque Perú.

rendimientos de carcasa corresponden a 43.4 y 45.5%, respectivamente (3).

### Materiales y métodos

Bajo el diseño irrestricto al azar se evalúa el rendimiento al sacrificio de 15 cabritos sometidos a engorde intensivo y de 14 cabritos manejados en una crianza de tipo extensivo, según se presenta en el Cuadro 1. Ambos lotes mantenían una edad aproximada de 8 meses, enteros, del tipo criollo, que es el predominante y generalizado en las explotaciones de la Costa Norte del Perú.

La alimentación del grupo sometido a estabulación, durante un periodo de 120 días, consistió en cogollo de caña chamuscado (después de la quema), ofrecido *ad libitum*, más un suplemento proteico, con 21% de proteína cruda en base seca de la cual el 45% era aportada por la gallinaza (proveniente de una crianza de aves de postura en batería y sin ningún tratamiento previo), y el 55% restante lo aportaba la torta de algodón. Los niveles de consumo real alcanzado se presenta en el Cuadro 1. Además recibieron melaza de caña de azúcar en cantidad de 0.45 kg/animal/día, sales minerales en bloque y agua a discreción.

En el sistema extensivo la alimentación registró variaciones en la dieta y siendo la base de su sustento la ramazón y vaina del algarrobo (*Prosopis* sp), hojarasca y frutos del zapote (*Capparis angulata*), además de otras especies vegetales como el vichayo (*Capparis ovalifolia*) y un poco de pastos estacionales. Este grupo no recibió ninguna clase de suplementación.

Los animales fueron retirados del alimento veinticuatro horas previas al sacrificio a fin de establecer el ayuno requerido. Se procedió a tomar el peso vivo final que constituye el peso al sacrificio en el siguiente orden:

Matanza y sangrado, desollado, eviscerado, lavado y limpieza, oreo e identificación de carcasa y refrigeración de la carcasa.

Al mismo tiempo se controló el peso de la menudencia, desperdicios, cuero y carcasa caliente. La longitud de carcasa (medida del borde craneal de la sínfisis pubis a la unión de la primera costilla con el esternón), la longitud de pierna (tomada entre el borde craneal de la sínfisis pubis al borde distal del garrón) y el área de lomo (medida en el corte del *longissimus dorsi* a la altura de la doceava y terceava costilla o último espacio intercostal, y determinada por el método del planímetro), como se describe en la Figura 1.

Cuadro 1. Arreglo de tratamientos.

Tratamientos	Crianza	
	Intensiva	Extensiva
No de animales	15	14
g Proteína cruda/ 100 kg peso vivo/día <sup>a</sup>	500	—
g Proteína cruda/ animal/día <sup>b</sup>	80	—

a,b Proteína del Suplemento

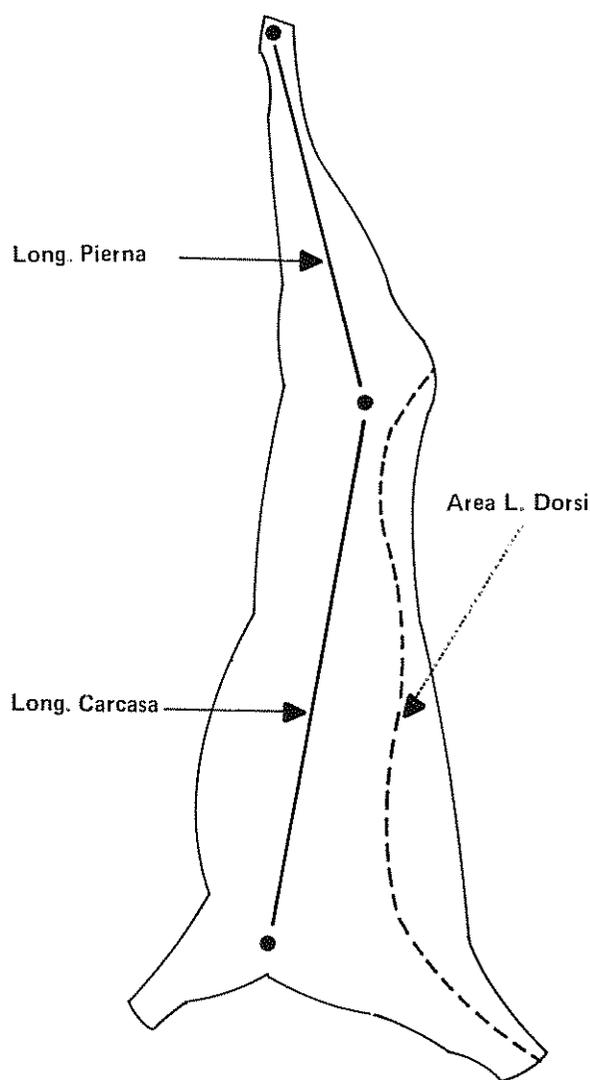


Fig. 1. Mediciones en carcasa de caprinos

El trozado de la carcasa para la evaluación de cortes, se realizó según el esquema presentado en la Figura 2.

### Resultados y discusión

#### Peso vivo y de carcasa fresca

En primer término se evaluó el peso vivo al sacrificio y de la carcasa caliente, según el sistema de crianza y alimentación (Cuadro 2). Se encontró que los pesos de 18.66 kg y 23.22 kg para el sistema intensivo y extensivo, respectivamente, resultaron esta-

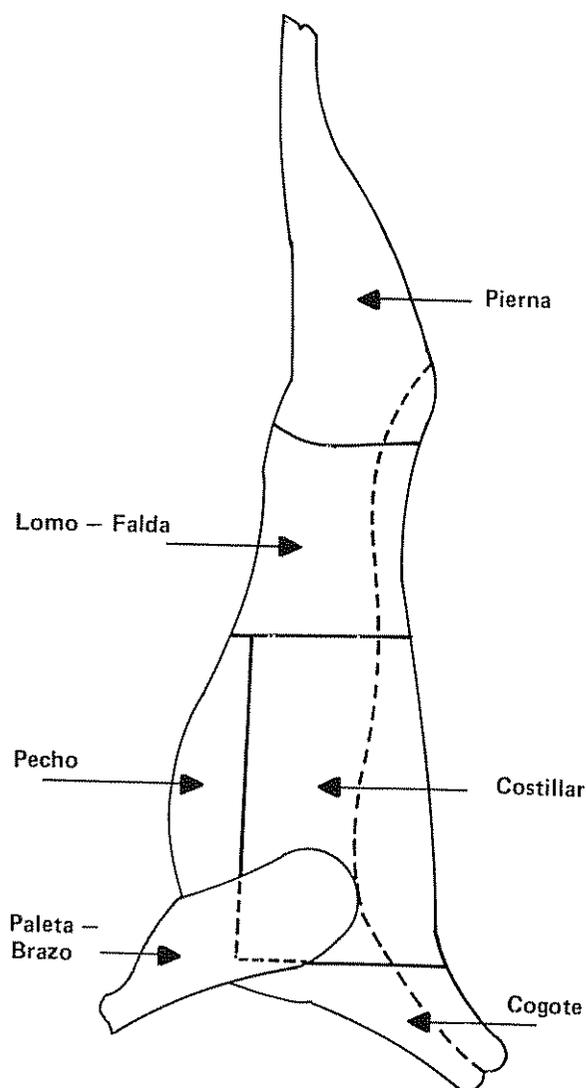


Fig. 2. Cortes en carcasa de caprinos.

Cuadro 2. Peso vivo promedio, al beneficio, de la carcasa según el sistema de crianza caprina.

Descripción	Crianza <sup>1</sup>	
	Intensiva	Extensiva
Peso vivo al sacrificio (kg)	18.66 <sup>a</sup>	23.22 <sup>b</sup>
Peso de carcasa caliente (kg)	7.40 <sup>a</sup>	10.55 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> C V = 16%

dísticamente diferentes ( $P \leq 0.01$ ). El menor peso del ganado estabulado está relacionado con el stress sufrido por el confinamiento y su lenta recuperación subsiguiente; mientras que el ganado cabrío criado en forma extensiva dispuso de una vegetación suficiente para ganancia de peso. El análisis de correlación simple indicó un alto grado de asociación ( $r = 0.97$ ,  $P \leq 0.01$ ), entre peso vivo al sacrificio y peso de la carcasa caliente. Este grupo no recibió ninguna clase de suplementación.

El lote en confinamiento registró un consumo promedio de 5.0 kg MS total/100 kg peso vivo/día, que resulta adecuado para la especie.

Se ha reportado un resultado similar, con pesos vivos al sacrificio entre 19.3 y 22.2 kg y cuyos pesos de carcasa son de 8.39 y 10.11 kg, respectivamente (3).

#### Rendimientos al sacrificio

Los datos obtenidos de los componentes del rendimiento al sacrificio en la especie caprina se observan en el Cuadro 3. El análisis de varianza mostró que el rendimiento de carcasa (45.06%) y cuero (8.27%), pertenecientes al sistema extensivo es superior y altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ) al comparar con el sistema intensivo. Los rendimientos de desperdicios y menudencia en el sistema intensivo son superiores y estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.01$ ) a lo encontrado para el sistema extensivo. El análisis de correlación determinó que existe una asociación negativa entre el rendimiento de carcasa y menudencia ( $r = 0.61$ ,  $P \leq 0.01$ ), carcasa y desperdicios ( $r = 0.73$ ,  $P \leq 0.01$ ), y una asociación positiva entre carcasa y cuero ( $r = 0.61$ ,  $P \leq 0.01$ ). Estos resultados son concordantes con otros trabajos (3, 9, 15).

Se asume que la correlación positiva entre carcasa y cuerpo es una derivación de la relación observada entre el peso vivo y el rendimiento de carcasa, lo que a su vez explica que a mayor tamaño y peso vivo habrá un cuero más grande y de mayor peso.

Cuadro 3. Rendimientos al sacrificio según el tratamiento, % del peso vivo.

Descripción	Crianza		C.V. %
	Intensiva	Extensiva	
	%		
Carcasa	39.48	45.06	7.0
Menudencia	25.28	23.49	10.4
Desperdicios	26.60	22.63	15.8
Cuero	5.54	8.27	7.9

### Rendimiento de cortes en la carcasa

El trozado de la carcasa de acuerdo a la Figura 2, según el sistema de alimentación se encuentra en el Cuadro 4. Tal como se analiza en los resultados, solamente los cortes de costillar y cogote o pescuezo resultaron estadísticamente superiores ( $P \leq 0.01$ ) en el sistema intensivo; en tanto que, el corte en pierna para el sistema intensivo fue superior al sistema extensivo ( $P \leq 0.01$ ). El análisis de correlación evidencia asociaciones negativas entre pierna y costillar ( $r = 0.57$ ,  $P \leq 0.01$ ); entre pierna y cogote o pescuezo ( $r = -0.42$ ,  $P \leq 0.05$ ). Comparado con lo reportado en otro estudio (12) se determina una superioridad en los resultados del presente estudio en lo que respecta a los porcentajes de pierna, lomo, falda.

### Área de lomo y dimensiones de la carcasa

Los valores correspondientes a longitud de carcasa, longitud de pierna y área de lomo, según los sistemas de engorde, se presentan en el Cuadro 5. El análisis de varianza mostró que existen diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) en longitud de carcasa y significativas ( $P \leq 0.05$ ) en área de lomo y con clara ventaja del sistema extensivo. Así mismo, corroborando otras asociaciones, se determinó correlaciones de longitud de carcasa y longitud de pierna ( $r = 0.43$ ,  $P \leq 0.05$ ) y longitud de pierna y área de lomo ( $r = 0.50$ ,  $P \leq 0.01$ ).

Khan y Sahni (12), encontraron longitudes de carcasa entre 47.8 y 54.6 para cabritos de 6 a 9 meses de edad, respectivamente; siendo inferiores a lo hallado en el presente estudio, de donde se deduce que la longitud de la carcasa guarda una estrecha relación con la edad del animal.

### Rendimiento de las menudencias y desperdicios

Los diferentes constituyentes de la menudencia y desperdicios resultantes del sacrificio, expresados

Cuadro 4. Rendimiento en cortes de la carcasa, %.

Descripción	Crianza	
	Intensiva	Extensiva
	%	
Pierna	31.38	34.28
Paleta - brazo	21.29	22.16
Pescuezo	14.16	12.41
Lomo - Falda	12.47	13.19
Pecho	10.09	9.76
Costilla	9.09	7.27

Cuadro 5. Longitudes y área de lomo de cabritos según el sistema de crianza.

Descripción	Sistema	
	Intensivo	Extensivo
Longitud de carcasa, (cm)	53.18	61.57
Longitud de pierna (cm)	36.27	36.75
Área de lomo (cm <sup>2</sup> )	6.508	9.31

como porcentaje del peso vivo, están en el Cuadro 6. Considerando que al sacrificio se observó un mayor rendimiento de menudencias para el lote de engorde en confinamiento, era de esperarse que los constituyentes de la misma resultaron también superiores. El análisis de varianza indicó que existen diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), para cabeza, estómago vacío, patas y corazón; y significativas ( $P \leq 0.05$ ) para testículos e intestino vacío.

En lo referente al contenido digestivo o basofia se nota que éste varía entre el 18.81 y 22.74% del peso vivo en animales de crianza extensiva e intensiva, respectivamente; cantidades que resultan ser estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.01$ ), y constituyen pérdidas de consideración en la explotación caprina. Según la literatura (4), la tasa de velocidad de paso del alimento guarda estrecha relación con la digestibilidad del alimento. Esto explica que la utilización del cogollo chamuscado como base de la alimentación en confinamiento resulta ser desventajoso al momento de evaluar los rendimientos al sacrificio, debido a su baja digestibilidad.

Cuadro 6. Constituyentes de la menudencia en relación al peso vivo.

Descripción	Crianza	
	Intensiva	Extensiva
	%	
Cabeza	7.89	6.90
Estómago vacío	5.10	3.88
Intestino vacío	4.73	4.16
Patas	3.43	2.97
Hígado	2.25	2.27
Pulmones	1.39	1.97
Testículos	1.18	0.88
Corazón	0.65	0.46

Según Gayli (9), el contenido estomacal para cabritos es de 17.5%, es decir inferior a nuestros datos; sin embargo Arbaiza (1), reporta un valor de 19.7% de contenido del tracto digestivo en cabritos de 13.3 kg de peso vivo.

### Conclusiones

De los resultados obtenidos en el presente estudio se llega a las siguientes conclusiones:

1. El confinamiento de cabritos criollos en su fase de crecimiento — engorde causó un stress cuya recuperación fue lenta, constituyendo una desventaja en los rendimientos, aún cuando la baja calidad de la dieta constituyó un factor decisivo en dicho comportamiento.
2. Cabritos que son criados en forma extensiva, con adecuada disponibilidad y posibilidad de seleccionar su alimento, muestran adecuados niveles de rendimiento al sacrificio.
3. En la evaluación de carcasa en cabritos, a través del rendimiento en cortes, más del 50% lo constituyen la pierna y paleta-brazo.
4. El contenido del tracto digestivo, basofia, representa una pérdida apreciable del peso vivo, estando influenciado por el tipo de alimento suministrado.

### Resumen

Con el propósito de evaluar los rendimientos de la especie caprina se sacrificaron 15 animales provenientes de un sistema de engorde en confinamiento (alimentados con cogollo de caña, suplementados con melaza y una mezcla de gallinaza y pasta de algodón conformando un suplemento con 100% de proteína cruda), y 14 animales conducidos en crianza extensiva,

alimentados a base de algarrobo (*Prosopis* sp), faique (*Acacia macrocanta*), zapote (*Capparis angulata*) y pastos en menor proporción. Ambos con una edad promedio entre 8 y 9 meses.

Bajo el diseño irrestricto al azar se analizaron los rendimientos al sacrificio para carcasa, menudencia, desperdicios y cuero; habiéndose encontrado valores de 39.48 y 45.06%, 25.28 y 23.49%, 26.6 y 22.63%, 5.54 y 8.27% para crianza intensiva y extensiva, respectivamente, y con diferencias altamente significativas entre dichos valores ( $P \leq 0.01$ ). El rendimiento con cortes de la carcasa fue el siguiente: pierna, 31.38 y 34.28% ( $P \leq 0.01$ ); paleta-brazo, 21.29 y 22.16%; cogote o pescuezo, 14.46 y 12.41% ( $P \leq 0.01$ ); lomo y falda; 12.47 y 13.19%; pecho, 10.09 y 9.76% ( $P \leq 0.01$ ), en crianza intensiva y extensiva, respectivamente. En el mismo orden, se determinó longitud de carcasa de 53.18 y 61.57 cm ( $P \leq 0.01$ ); longitud de pierna de 36.27 y 36.75 cm y área de lomo de 6.508 y 9.31 cm<sup>2</sup> ( $P \leq 0.01$ ), respectivamente. También se determinó que el contenido del tracto digestivo en animales en confinamiento y extensivo es de 22.74 y 18.81% del peso vivo.

### Literatura citada

1. ARBIZA, S. Bases de la cría de cabras. Fascículo III. Productos caprinos. I. Leche y carne. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Profesionales, 1978. 70 p.
2. BARBIERI, V., MINIERI, L. y RENDINA, N. Preliminary research into the carcass yield of kids on different diets and slaughtered at different ages. *Animal Breeding Abstracts* 42(12):5 363. 1974.
3. CALLACNA, M. y CORDERO, I. Crecimiento de cabritos Anglo Nubia y Criollos y composición corporal. Chiclayo, Perú. Instituto Nacional de Investigación Agraria, Centro de Investigación Agropecuaria Norte. Boletín No. 104. 1980. 16 p.
4. CAMPOS, J. La gallinaza como fuente proteica en el engorde de cabritos alimentados con cogollo de caña. Tesis Ing. Zootecnista. Lambayeque, Perú, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo", 1981. 62 p.
5. CONGIU, F. Meat production from kids and lambs at different ages. *Animal Breeding Abstracts* 47(7):3 727. 1979.

6. CHAULA, D. y NATH, I. A note on the studies on meat production in goats: Effects of castration on dressed meat production in Beetal and its exotic crosses. *Animal Breeding Abstracts* 48(6):3 195. 1980.
7. DE HASS, J. Boer crossbred goats in Kenya and the indigenous small east African goat: A comparison of growth rates. *Animal Research and Development* 6:72-75. 1977.
8. EGGEN, N., SMITH, G., CARPENTER, Z., BERRY, B. y MAURICE, S. Composition of Angora goat carcasses. *Journal of Animal Science* 37(1):260-261. 1973.
9. GAILY, E., GHANEM, Y. y MUKHTAR, . A comparative study of some carcass characteristics of Sudan desert sheep and goats. *Animal Production* 14:351-357 1972.
10. GHANEKAR, V., BHATAWADEKAR, S. y SOMAN, B. Effect of age on the weight of carcass and its different cuts in male kids of Angora cross. *Animal Breeding Abstracts* 42(2):1 114 1974.
11. HORST, P. The economic importance of the goat in the tropics. *Animal Research and Development* 4:69-85. 1975.
12. KHAN, B. y SAHNI, K. A study of some carcass characteristics in jamunapari kids. *Animal Breeding Abstracts* 48(5):273. 1980.
13. NOLTE, M. Relación cabra-monte. La Molina, Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria, 1981. 49 p. (Serie: Ciencia y Práctica Zootécnica)
14. SMALL RUMINANT COLLABORATIVE RESEARCH SUPPORT PROGRAM. Davis, University of California, 1981. 34 p.
15. TROPICAL AGRICULTURE RESEARCH CENTER. Proceedings of Sabroa Workshop on Animal Genetics Resources in Asia and Oceania, University of Tsukuba, 1980. Tsukuba, Science City, 1980.

## COMUNICACIONES

### Trampa para determinar la densidad poblacional de la babosa, *Vaginulus plebeius*<sup>1</sup>, plaga de frijol común.

**Summary.** Pit fall traps baited with a mixture of bran, molasses, bear and carbaryl are accurate indicators of the population density of active slugs, *Vaginulus plebeius*. For each active slug encountered in direct nighttime counts, 7 were trapped. The traps are simple and inexpensive to construct and use. They should be useful for dry bean farmers of Central America who must make chemical control decisions.

En El Salvador, Honduras y Nicaragua, la babosa, *Vaginulus plebeius* Fisher (Pulmonata: Veronicellidae) es un importante factor limitante en la producción del frijol, *Phaseolus vulgaris* L. La necesidad de poder cuantificar la densidad de población de la plaga es esencial no sólo para propósitos de investigación, sino también para tomar decisiones prácticas sobre su combate. Para estimaciones absolutas de la densidad de babosas es necesario escarbar el mantillo y la superficie del suelo. Por medio de un proceso tedioso, existiendo una gran variabilidad subjetiva en la recolección de muestras. Además, las condiciones de suelo, temperatura y humedad afectan la distribución vertical de las babosas. Finalmente, el potencial de daño no está directamente relacionado con la densidad absoluta existente, sino con la proporción de esta que sale del refugio en busca de alimento.

En una serie de estudios preliminares se ensayaron varios métodos para determinar el número de babosas activas. Una trampa simple formada por una lata aplastada, colocada sobre la superficie del suelo con cebo envenenado adentro, fue mucho menos efectiva

que las otras trampas probadas, probablemente porque las babosas envenenadas se alejan del área de la trampa antes de morir. Trampas consistentes en un pedazo de costal doblado, bajo el cual se colocó el cebo, frecuentemente resultaron en un mayor número de babosas capturadas que en las latas enterradas. Sin embargo, su uso se encuentra limitado por el hecho de que deben inspeccionarse temprano de la mañana antes que las babosas que se hayan refugiado bajo el mismo, se entierren en el suelo.

La trampa seleccionada como la mejor (Figura 1) consiste en una lata de 1 litro enterrada en el suelo, dentro del cual se coloca una pequeña cantidad de cebo envenenado. Una cubierta protege el cebo de la lluvia y de residuos llevados por el aire. Las babosas que entran en la trampa y comen el cebo envenenado no pueden salir y mueren en el fondo. Se usó un cebo similar al sugerido por Mancía (2) para el control de la babosa consistente en: afrecho de trigo seco

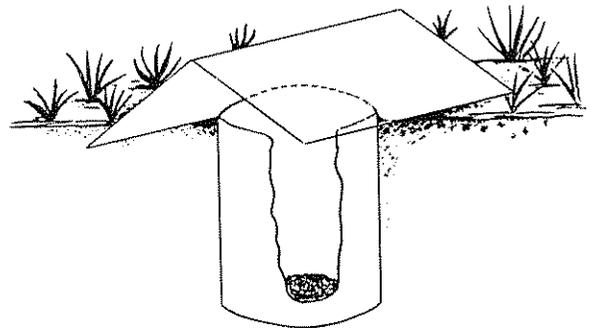


Fig 1. La trampa para babosas consistiendo en una lata enterrada con cebo envenenado en su fondo. Un techo evita la entrada de basura y lluvia.

1 Pulmonata: Veronicellidae.

(0.9 kg), miel de purga (150 ml), agua (150 ml) y carbaryl 80 WP (35 gramos). Se agregó 150 ml de cerveza Pilsener (R) a la mezcla ya que en ensayos preliminares se determinó que este ingrediente adicional resultó en un incremento de 1.3 a 1.9 más babosas/trampa.

Esta investigación se realizó con el propósito de evaluar la precisión de las trampas hechas con latas enterradas, es decir determinar la eficacia con que reflejan la densidad real de población de babosas activas. Idealmente debería existir una relación lineal entre la densidad de babosas presentes alrededor de las trampas y la cantidad atrapada en ellas.

### Materiales y métodos

El 30 de agosto de 1979, siete grupos de trampas fueron colocados en un campo con poca maleza en San Andrés, Departamento de La Libertad, El Salvador, de manera que cada grupo estuviera progresivamente más distante de un cerco vivo fuertemente infestado con babosas. Cada grupo consistió de cuatro latas enterradas y espaciadas a intervalos de 5 m, dejándose 4 m entre grupos. En todas las trampas se puso cebo mezclado con cerveza, aplicándose al atardecer.

Entre las 2 010 y las 2 100 horas en cada grupo se hicieron 5 recuentos de 1 m<sup>2</sup> cada uno para contar las babosas activas. Cinco muestras más por grupo fueron tomadas entre las 0020 y las 0100 horas y nuevamente entre las 0345 y las 0425 horas. Se usó para los recuentos un marco de madera de 1 m<sup>2</sup> y una lámpara de mano. El 31 de agosto se determinó el número de babosas presentes en cada trampa.

El 1 de setiembre se llevó a cabo un estudio similar en propósitos y procedimientos al anterior, realizando los cambios en metodología listados a continuación: las trampas fueron colocadas en forma de rectángulo en vez de una hilera, sólo se usaron 2 en vez de 3 períodos de muestreo, tomándose 10 muestras en vez de 5 en cada período; las muestras se tomaron entre las 1930 y las 2040 y las 0200 las 0310 horas. Las trampas fueron inspeccionadas a la mañana siguiente.

### Resultados

En la Figura 2 el promedio de babosas/trampa en cada área está relacionado con el promedio de babosas activas/m<sup>2</sup> en la misma área la noche anterior. Se presentan los datos en conjunto para ambas fechas. La línea de regresión calculada muestra que por cada babosa encontrada en las cercanías de las trampas, se hallaron 7 dentro de las latas. El valor de  $r^2 = 0.68$  es

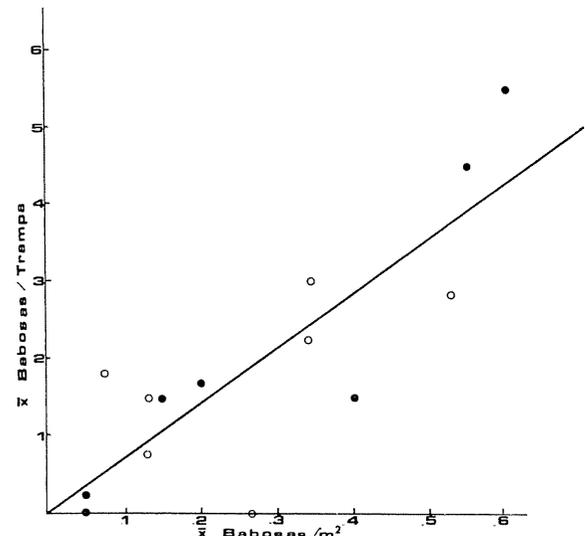


Fig. 2. Relación entre la media de babosas/m<sup>2</sup> y media de babosas/trampa de tipo de lata enterrada. San Andrés, El Salvador. 1979.

alto considerando las bajas densidades de babosas activas presentes y la dificultad de medir con exactitud la variable independiente.

La construcción de las trampas es fácil y económica. Usadas en grupos de 4 o más, las latas enterradas con cebo y cerveza pueden ser utilizadas inmediatamente como medio de investigación. También se muestran promisorias como un medio para tomar decisiones prácticas de control de la plaga. Los agricultores podrían colocar trampas en sus campos antes de la siembra del frijol y determinar donde las poblaciones de babosas son excesivamente altas y requieren tratamiento.

Estas trampas fueron exitosamente utilizadas en los estudios sobre niveles económicos de daño en frijol común que reportan Andrews y Huezco de Mira (1).

### Resumen

Latas enterradas con un cebo a base de afrecho, miel de purga, cerveza y carbaryl son acertados indicadores de la densidad poblacional de individuos activos de la babosa, *Vaginulus plebeius*. Se hallaron 7 babosas/trampa por cada babosa activa/m<sup>2</sup> encontrada alrededor de la trampa en conteos directos la noche anterior. Esta trampa simple y de bajo costo podría ser útil para los agricultores que deseen determinar la presencia de "manchas" de la plaga, así como tomar decisiones respecto a control químico basándose en niveles económicos de daño.

### Agradecimientos

Agradezco a la Ing. Ana Margoth Chávez de Andrews y al Sr. Napoleón Flores por su ayuda en el campo y a los Dr. Luciano Campos, Pablo Paz y Mario Contreras por sus sugerencias sobre el manuscrito. Este trabajo fue apoyado por el CENTA – MAG y por la AID – El Salvador.

13 de julio de 1982

KEITH L. ANDREWS\*

\* Anteriormente Asesor Departamento de Parasitología Vegetal, CENTA–MAG, El Salvador Actualmente, Profesor, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras y Assistant Research Scientist, Department of Entomology and Nematology, University of Florida, Gainesville, FL 32611, USA

### Literatura citada

1. ANDREWS, K. L. y HUEZO DE MIRA, A. Relación entre la población de la babosa *Vaginulus plebeius* y el daño en frijol común, *Phaseolus vulgaris* sometido a Turrialba. 33(2):165-168. 1983.
2. MANCIA, J. E. Biología y control de la babosa del frijol *Vaginulus plebeius* Fisher en El Salvador. Circular Num. 96 CENTA – MAG Santa Tecla, El Salvador. 12 p. 1974.

### The importance of lower pods in the control of the cocoa *Phytophthora* pod rot

**Resumen.** El presente estudio revela que las primeras mazorcas de cacao infectadas por *Phytophthora palmivora* son aquellas más cercanas al pie del árbol. Este hecho parece confirmar que el suelo representa la principal fuente de inóculo. Sin embargo, se encontró que el primer metro del árbol desde la base contribuye hasta en un 31.0% de la producción anual de mazorcas de las cuales se pierden verdes solamente un 4.2% de la producción total del árbol. Los bajos niveles de pérdida total de mazorcas no justifican la recomendación de suprimir o remover todas las flores en el metro del árbol más cercano al suelo, como medida de control de esta enfermedad.

The soil is known to be the major source of inoculum of the *Phytophthora* pod rot disease of

cocoa at the onset of the season (13, 12, 9). Okaisabor (10) tried to suppress the soil phase of the pathogen by soil drench. Regular application of insecticides is also thought to be a useful proposition in controlling those insects which carry propagules along with the soil which they use in building tents and some other insects which act as vectors for the spread of the disease (3, 11). Okaisabor (7) showed that by removing the lower pods from the base to a height of three feet it was possible to reduce the overall loss in the plot. Maddison (4) believes that the use of flower suppressing agents to reduce the number of flowers at the basal region of the stem is likely to be more acceptable to farmers than pod removal, both of which are designed to ensure that there are no pods near the soil on to which rain-splash can disperse the spores of *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. It thus appears that the removal of basal pods is an important factor and merits serious consideration in devising control measures for the disease. The question which the present investigation sets out to answer is whether removal or suppression of all pods at the base of trees is a worthwhile consideration judging from the number of pods that are infected as against those removed or suppressed.

### Experimental

Fifty cocoa trees were selected in each of plots N3/2, N3/4 and N4/2B at the Gambari Experimental Station, Ibadan. The cacao in N4/2B are F3 Amazon planted during the 1963/64 season. Those in N3/4 were of the WACRI 1945 Progeny Trial II, while the trees in plot N3/2 are ICSI clonal planting of 1951. Each selected tree was marked at one metre intervals from soil level upwards. Records of healthy and *P. palmivora* infected pods were taken at fortnightly intervals between January and December, 1976. Routine farm operations which included regular harvesting of ripe and diseased pods, fungicide and insecticide sprayings were carried out in the plots.

### Results

The production pattern of the cocoa trees in the plots is such that a large proportion of the pods are borne on the tree trunks. Although some of the trees are fairly tall, especially some of those in plot N3/4, the canopy is reached at or slightly above the 4 metre level in most of the experimental trees.

The first infections in N3/2 were observed on two pods which were 0-1 m above the soil; one each on two trees on 27th April. After the removal of those diseased pods, no new infections were ob-

served in the whole plot for another three months when the first infections on another tree were observed on three immature pods; one each at 0-1, 1-2 and 2-3 m above soil. Further observations during the experimental period showed that a number of first infections started on some trees at 2-3 and even 3-4 m above the soil. Four of such infections were definitely identified as originating from flower cushions. The first infections in N4/2B were observed on 26th May on three trees, each with one diseased pod at 0-1 m above the soil. Infections started on a number of trees at 1-2 and 2-3 m above the soil later in the year. Many of such infections were not immediately traceable to the soil, although one can't rule out the possibility of their being secondary infections from diseased pods for which soil was the primary source of inoculum. The disease started rather late in N3/4 where the first infected pod was observed just above the soil level on a tree (T49) on 7th July. No new infections were observed in the plot between 7th July and 20th August when the first infections on a few other trees were observed at various height levels.

Table 1 shows that more pods were produced within the first metre from soil level than at any other height level excepting N3/2 in which pod production was slightly higher at 1-2 m than at 0-1 m above the soil level.

Incidence of *Phytophthora* pod rot was highest in N3/2 (3.4% p.a.) and lowest in N3/4 (2.6% p.a.).

While 4.2% of the on-tree pods within the first metre above the soil in N3/2 were infected, only 2.2% of those at 3-4 m above soil were infected. Similarly 3.9% of the on-tree pods within the first metre above soil were infected in N3/4 as against 1.9% that were infected at 3-4 m. In N4/2B, 4.4% of the on-tree pods at 0.1 m above the soil were infected, but only 1.6% of those at 3-4 m were infected.

Table 2 shows that there were more pods on the trees in N3/2 between July and December (66.2%) than within the first half of the year (33.8%). Similarly 55.3% of the on-tree pods in N3/4 were recorded between July and December as against 44.7% between January and June. The corresponding figures for N4/2B were 41.3 and 58.7%. Between July and December 35.3% of the on-tree pods in N4/2B were within the first metre above the soil level. A greater proportion, 65.7 and 68.2% of the on-tree pods between July and December in N3/4 and N3/2 respectively were within the first metre above the soil level. In N3/2 4.9% of the on-tree pods found at 0-1 m above the soil between July and December were infected. The corresponding figures were 5.0, 4.4 and 3.2% at the 1-2, 2-3 and 3-4 m levels respectively. Similarly 5.9% of the on-tree pods in N3/4 at 0-1 m above the soil between July and December were infected as against 3.9, 1.5 and 3.7% at 1-2, 2-3 and 3-4 m levels respectively. Disease incidence in N4/2B within the same period were 8.4, 4.6, 3.0 and 3.3% at the 0-1, 1-2, 2-3 and 3-4 m levels respectively.

Table 1. On-tree pods at various height levels (January - December 1976).

Plot	Type of pods	Height in metres				Total
		0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	
N 3/2	Healthy + Diseased	2 368	2 406	2 312	1 846	8 932
	(%)	26.5	26.9	25.9	20.7	
	<i>P. palmivora</i> infected	100	89	78	41	308(3.4)**
	%*	4.2	3.2	3.4	2.2	
N 3/4	Healthy + Diseased	2 076	1 825	1 495	1 090	6 486
	(%)	32.0	28.1	23.0	16.8	
	<i>P. palmivora</i> infected	80	36	34	21	171(2.6)**
	%*	3.9	2.0	2.3	1.9	
N 4/2B	Healthy + Diseased	1 995	1 613	1 016	702	5 326
	(%)	37.4	30.3	19.1	15.2	
	<i>P. palmivora</i> infected	88	41	15	11	155(2.9)**
	%*	4.4	2.5	1.5	1.6	

(%) Denotes percentage of total annual on-tree pods.

%\* Denotes percentage of total on-tree pods at that height level

( )\*\* Denotes percentage annual disease incidence in that plot

Table 2. On-tree pods at various height levels (July-December 1976).

Plot	Type of pods	Height in metres				Total	
		0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 1		
N 3/2	Healthy + Diseased	1 616	1 588	1 512	1 199	5 915	
	(%)	68.2	66.0	65.4	64.9		
	<i>P. palmivora</i> infected	80	79	66	38	263(4.4)**	
	%*	4.9	5.0	4.4	3.2		
N 3/4	Healthy + Diseased	1 365	912	749	566	3 592	
	(%)	65.7	50.0	50.1	51.9		
	<i>P. palmivora</i> infected	80	36	34	21	169(4.7)**	
	%*	5.9	3.9	4.5	3.7		
N 4/2B	Healthy + Diseased	704	711	460	329	2 204	
	(%)	35.3	44.1	45.3	46.8		
	<i>P. palmivora</i> infected	59	33	14	11	117(5.3)**	
	%*	8.4	4.6	3.0	3.3		
		(%)	3.0	2.0	1.4	1.6	

(%) Denotes percentage of annual on-tree pods (see Table 1) at that height level

%\* Denotes percentage of total on-tree pods at that height level between July and December

( )\*\* Denotes percentage disease incidence in that plot for the period.

### Discussion

Slightly less than a third (30.5%) of the annual on-tree pods in the three plots were produced within the first metre above soil. The fact that 57.2% of them are on the tree between July and December, while the first infections were observed between April and July, tends to suggest that a large proportion of the pods were on the trees at a time when weather conditions were favourable for the initiation and spread of the *Phytophthora* pod rot disease. This situation is confirmed by the results which showed that incidence of the disease was higher at comparable height levels in all the plots within the second than the first half of the year. This is to be expected since the second half falls within the peak of the rainy season and the initiation and spread of the disease is favoured by high relative humidity (8). Results in Tables 1 and 2 show that the annual incidence is rather low in all the plots. This is perhaps due to the fact that the figures were calculated on the basis of on-tree pods rather than harvested pods. The results also tend to show that the incidence of the disease appears to decrease with increase in the height of the pods from soil level. This confirms previous reports that the disease starts on pods at ground level and spreads up the tree (7). The fact that the first infections in a number of trees were traced to cushion infections suggests however that a few

primary infections must have originated from sources other than the soil. Mummified pods (1, 5), flower cushion infections (5, 6) and stem cankers (2) have been reported to be sources of primary infections. Similarly, invertebrates including ants have been reported to serve as vectors for the spread of spores of *Phytophthora palmivora* (3).

Loss of all the 100 infected pods within the first metre above soil in N3/2 does not appear to justify the removal or suppression of all the 2368 pods produced at that height level as the incidence level is only 4.2%. The same is true of plots N3/4 and N4/2B where the annual disease incidences are 3.9 and 4.4% respectively. Even if one were to limit basal pod removal or suppression of flowering to only the disease epidemics period (July-December), as much as 68.2% of all on-tree pods in N3/2 at that height level, which is 26.5% of the annual on-tree pods, would have been lost in an attempt to prevent an annual incidence of 3.4%. Similarly 65.7 and 35.3% of the on-tree pods at 0-1 m, which will be 32.0 and 37.4% of the annual on-tree pods at 0-1 m in plots N3/4 and N4/2B respectively, would have been sacrificed in an attempt to prevent annual disease incidence of 2.6 and 2.9% respectively. It appears therefore that, excepting in cases where disease incidence is known to be extremely high, neither the removal of all basal pods nor the suppression of flowers at the basal level should be

carried out solely as a disease control measure. Other methods which might include special fungicide and insecticide sprays, plot sanitation and even soil drenches could be more worthwhile propositions.

### Summary

This investigation shows that first infections by *Phytophthora palmivora* are usually found among cocoa pods lower down the tree trunks. This appears to confirm the role of soil as a major source of inoculum. It was found however, that the first metre up the tree trunk accounts for as much as 31.0% of the annual pod production as against an overall whole tree annual pod loss of only 4.2%. Such a low level of total pod loss does not justify the recommendation of suppression or removal of all flowers within the first metre of each tree as a control measure.

20 November, 1981

A. A. ADEBAYO\*

\* Cocoa Research Institute of Nigeria, Ibadan

### Literature cited

1. ADEBAYO, A.A. The neglected side of blackpod control. *East African Agricultural and Forestry Journal* 40(1):72-76. 1974.
2. ASARE-NYAKO, A. Sources of primary field inoculum of *Phytophthora palmivora* in cocoa in Ghana. In *Première Réunion de Sous Group de Travail Afrique sur Phytophthora palmivora*, Yaounde, 1971. (Communication no. 16).
3. EVANS, H.C. Invertebrate vectors of *Phytophthora* pod rot of cocoa in Ghana. In *Première Réunion de Sous Group de Travail Afrique sur Phytophthora palmivora*, Yaounde, 1971. (Communication no. 17).
4. MADDISON, A.C. Personal communications. 1977.
5. MANCO, G.R. *Phytophthora palmivora* in flower cushions, old infected pods and leaves of cocoa plants. *Turrialba (Costa Rica)* 16(2):148-155. 1966.
6. NEWHALL, A.G. A note of *Phytophthora palmivora* infected flower cushions on cacao at La Lola, Costa Rica. *Turrialba (Costa Rica)* 17(2):232-233. 1967.
7. OKAISABOR, E.K. Preliminary studies on the epidemiology of *Phytophthora palmivora*. I. Outbreak of blackpod disease of cocoa. *Nigerian Agricultural Journal* 2(2):67-70. 1965.
8. OKAISABOR, E.K. Preliminary studies on the epidemiology of *Phytophthora palmivora*. II. Effect of relative humidity on growth, sporulation and viability. *Nigerian Agricultural Journal* 3(2):69-71. 1966.
9. OKAISABOR, E.K. The survival of *Phytophthora palmivora* through the dry season. *Nigerian Agricultural Journal* 6(2):85-89. 1969.
10. OKAISABOR, E.K. Control of *Phytophthora* pod rot disease by soil treatment. *Phytopathologische Zeitschrift* 69:125-130. 1970.
11. OKAISABOR, E.K. Insect transmission and the control of pod rot disease by insecticides. In *Première Réunion de Sous Group de Travail Afrique sur Phytophthora palmivora*, Yaounde, 1971. (Communication no. 18).
12. TURNER, P.D. Behaviour of *Phytophthora palmivora* in the soil. *Plant Disease Reporter* 49(2):135-137. 1985.
13. WHARTON, A.L. Black pod disease: survival of the causal fungus during the dry season. *West African Cocoa Research Institute. Report 1953-54*. 1955. pp. 27-28.

### Métodos de multiplicación del babaco (*Carica pentagona* L.) por injertos.

**Summary.** "Babaco" (*Carica pentagona* L.) is a parthenocarpic species and it is multiplied mainly by cuttings. Successful trials of two types of graftings on young seedlings of "chamburo" (*Carica pubescens* L.) are reported. The more efficient method was by terminal graftings although lateral graftings were also efficient.

El babaco (*Carica pentagona* L.) es una especie partenocárpica y no produce semillas. Por esta razón, la única forma de propagación es por vía asexual, mediante la multiplicación por estacas o trozos de vegetal. Este particular, ha limitado la organización de huertos extensivos en zonas donde el cultivo ha encontrado condiciones apropiadas para su desarrollo. En el Ecuador el babaco se siembra entre los 1 900 y 2 800 metros sobre el nivel del mar.

Las frutas de esta especie tienen un sabor y consistencia especialmente apetecidos en el mercado local y son de gran potencial para la exportación. Localmente la fruta se usa para preparar refrescos, jaleas y dulces.

Existen en Ecuador otras especies de altura del género *Carica* estrechamente relacionadas con el babaco y que se reproducen por semillas. Entre éstas se destaca el chamburo (*Carica pubescens* B.).

Desde 1979 se estudia la excelente posibilidad que ofrece el chamburo como patrón, para injertar babacos. La característica más importante es la afinidad que existe entre ambas especies, además de la rusticidad, precocidad, resistencia a enfermedades y plagas y un sistema radicular excelente. Los frutos del chamburo contienen abundantes semillas fértiles (promedio 99 en una muestra de 21 frutos), las cuales dan origen a plantas vigorosas.

#### Injerto de punta de rama

##### Preparación del patrón

Los frutos del chamburo deben cosecharse en estado de madurez óptima. Se extraen las semillas y se dejan fermentar en un recipiente. A los 4 días las semillas se lavan, quedando libre del mucilago que las recubre, se secan a la sombra y se guardan por unos pocos días, para luego desinfectarlas y proceder a formar los semilleros.

Bajo condiciones normales, las semillas demoran unos treinta días en germinar. Es preferible pasarlas a fundas de plástico y a los 2-3 meses de edad y plantarlas en el huerto definitivo. A la edad de 6 meses,

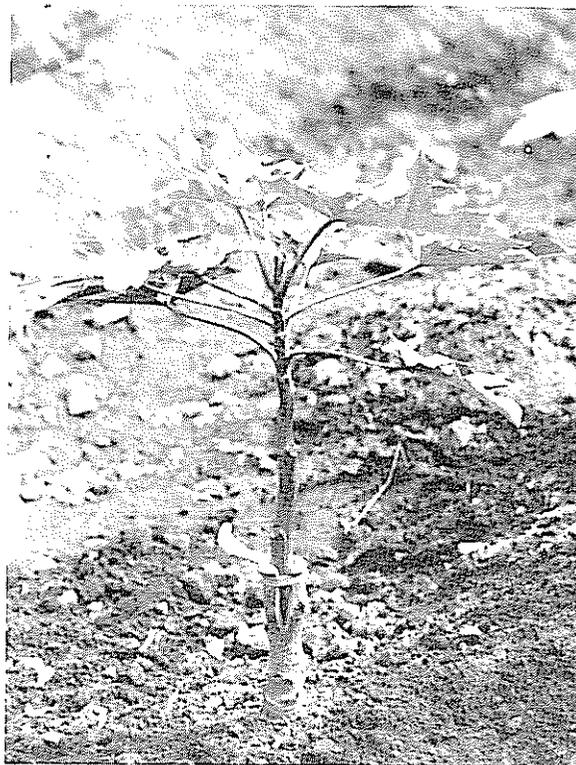


Fig. 1 Injerto de punta de rama recién pegado.



Fig. 2 Planta de injerto de punta de rama en producción

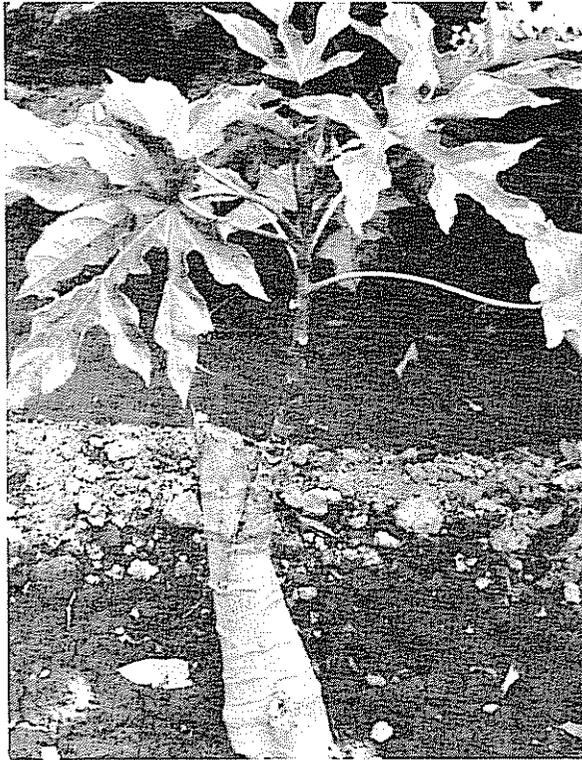


Fig. 3 Injerto lateral recién pegado.

cuando ya han adquirido un diámetro de un centímetro y medio a tres, están listas para recibir al injerto.

#### Técnica del injerto

Los trabajos realizados por el autor, en la zona de Patate, demuestran que el injerto "Punta de rama" ha dado resultados satisfactorios, tanto en prendimiento (90%), como en posterior fructificación del injerto. Las púas para los injertos se toman de plantas adultas de babaco podadas previamente, donde se encuentra material abundante y en buenas condiciones.

Las ramitas deben estar en estado jugoso. Se suprimen todas las hojas, excepto dos terminales que quedan protegiendo la yema terminal. En la base se forma la púa de unos 4 centímetros de longitud. Se decapita al patrón a una altura de 20 centímetros del suelo, dando un corte horizontal en el tallo. Con una navaja muy filosa se realiza la hendidura a una profundidad de unos 5 centímetros y se introduce la ramita de babaco hasta desaparecer la herida del injerto. Con una tira de polietileno se ata firme pero suavemente la parte superior del corte realizado en el patrón, quedando al descubierto la parte inferior



Fig. 4 Planta de injerto lateral en producción.

de la herida. Concluida la operación se recubre con una funda de plástico el patrón y el injerto, cerrándole herméticamente por la base del patrón. A los 21 días se procede a desatar la funda de plástico, dando libertad para el intercambio de gases y 8 días más tarde se retira definitivamente la funda. Es necesario seguir eliminando las ramas chuponas que van saliendo del patrón.

#### Injerto lateral

Dada la alta precocidad del chamburo en su desarrollo, se ha ensayado con bastante éxito el "Injerto lateral". Se recurre a este método cuando los tallos del chamburo han adquirido un diámetro mayor de los 5 centímetros y ya no es posible aplicar el injerto "Punta de rama".

#### Técnica del injerto

A la altura de unos 30 centímetros del suelo se realiza un corte en profundo, pero inclinado en el patrón de unos 5 centímetros. Se prepara al injerto siguiendo los mismos pasos del injerto de punta de rama. Ayudado de una cuchilla se abre la herida del patrón y se introduce suavemente la ramilla. Con una tira de polietileno se ata la parte superior del

injerto, sujetándola al patrón. Se cubre con una funda de plástico todo el injerto, incluyendo la zona comprometida del patrón. A los 21 días se procede a desatar la funda de polietileno y a decapitar al patrón, a una altura de unos 15 centímetros sobre el injerto. A los 8 días siguientes, se debe retirar la funda. No se debe descuidar la supresión de las ramas chuponas que van saliendo del patrón.

### Resumen

El babaco (*Carica pentagona* L.) es una especie partenocárpica y su reproducción se hace por medio de estacas. Este trabajo presenta los resultados de

ensayos exitosos de reproducción por medio de injertos sobre patrones de plantas de semillas de chamburo (*Carica pubescens* L.). Se muestran los resultados de dos tipos de injerto siendo el más efectivo el de cuña terminal y en menor grado el de bisel lateral.

8 de abril, de 1983

MODESTO SORIA V.\*

\* Profesor del Colegio Agropecuario "Benjamín Araujo", Patate, Provincia del Tungurahua, Ecuador.

## Notas y comentarios

### Papas silvestres que rechazan a los áfidos

Un tipo de papa silvestre (*Solanum berthaultii*) ha desarrollado una manera novedosa de protegerse de los daños de los áfidos, al producir la sustancia química que los mismos áfidos usan como una señal de alarma. R. W. Gibson y J. A. Pickett, de la Estación Experimental de Rothamsted, en Harpeden, Inglaterra, creen que su descubrimiento puede ser el primer ejemplo de una planta alimenticia que usa feromonas de insectos para este fin, y sugieren que este modo de protección podría ser introducido en las especies cultivadas (*Nature*, Vol. 302, p. 608).

Gibson y Pickett estudiaron esta especie silvestre tuberífera, que muestra resistencia a una amplia gama de plagas, tales como áfidos, langostas, arañas y trípidos. Su resistencia se basa en los pequeños pelos glandulares que cubren el follaje de la papa silvestre, pero no el de las especies cultivadas. Los pelos se presentan en dos tipos, designados A y B. Los pelos tipo A son cortos y tienen una cabeza de cuatro lóbulos, que se rompe al contacto y produce un fluido que

se coagula rápidamente. Los pelos de tipo B son más largos y secretan un exudado pegajoso. Juntos proveen una barrera formidable que inmoviliza eficazmente a los inadvertidos insectos. Pero, esta captura parece ser sólo la segunda línea de defensa.

El análisis del exudado de los pelos del tipo B y del agua del lavado de las hojas de *S. berthaultii* reveló la presencia de (E)B farneseno, el principal ingrediente de la feromona de alarma de la mayoría de las especies de áfidos. Si esta sustancia química fuera liberada en el aire que rodea a las hojas, actuaría como una primera línea de defensa, al repeler a los áfidos que pretenden alimentarse de las plantas de papa.

Los investigadores de Rothamsted confirmaron estas sospechas en una serie de experimentos que involucraban al áfido *Myzus persicae*, la papa silvestre *S. berthaultii* y su áfido *Myzus persicae*, la papa silvestre *S. berthaultii* y su pariente cultivado *S. tuberosum*.

El hecho de que se sabe que ya se han efectuado cruzamientos entre *S. berthaultii* y especies cultivadas de papa, abre la posibilidad de transferir esta arma defensiva a las variedades cultivadas de papa Adalberto Gorbitz.