

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 43

TRIMESTRE ABRIL-JUNIO 1993

NUMERO 2

CODEN:TURRAB 43(2):93-162

Shoot regeneration from peduncles and shoot-like regeneration from leaves of babaco, <i>Carica pentagona</i> . R. Vega de Rojas, C. Barberan, S.L. Kitto	93
Indices reproductivos, productivos y márgenes brutos de los agrosistemas del Partido de Puán, Argentina. A.O. Gargano, M.C. Saldungaray, M.A. Adúriz	100
Estudos sobre a preservação do pólen do urucueiro. C. de M.P. Moreira, F.C. Guedes A., F.A. Guedes A., J.J. Lima de Albuquerque	108
Respuesta inicial de crecimiento a la fosforita en teca en los Llanos Occidentales de Venezuela. S. Torres, O. Márquez, R. Hernández, W. Franco	113
Impacto económico del daño por defoliadores en plantaciones de <i>Pinus patula</i> . J.I. del Valle, A. Madrigal	119
Cinética de la reacción de formación del furfural de la cascarilla de café. O. Salas Solano, R. Blanco Sáenz	127
Estimativa do potencial hídrico limar para o fechamento dos estômatos do <i>Phaseolus vulgaris</i> L. com cloreto de cobalto. J.P. de Lemos Filho	134
Persistencia de semillas de yuyo colorado en un suelo sin remoción. L. Nisensohn, D. Faccini	138
Tratamiento de aguas residuales de café en la cuenca de Coatepec, Veracruz, México. M. Castillo, H. Bailly, P. Violle, P. Pommars, B. Sallee	143
Análisis químico comparativo entre <i>Amaranthus cruentus</i> y <i>Amaranthus mantegazzianus</i> . R.M. de Troiani, T.M. Sánchez, L.A. de Ferramola, J. Vaquero	151
Reseñas de libros	118, 160, 161, 162



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

Shoot Regeneration from Peduncles and Shoot-like Regeneration from Leaves of Babaco, *Carica pentagona*¹

R. Vega de Rojas*, C. Barberan**, S.L. Kitto***

ABSTRACT

Babaco, *Carica pentagona*, Heilborn (Badillo), a subtropical fruit native to Ecuador, has developed worldwide potential through micropropagation of shoot tips and lateral buds. Improvement of babaco is reliant on creating somaclonal variation. Direct regeneration has the potential for producing low-variation regenerants. Therefore, leaves and peduncles were examined for direct *in vitro* regeneration potential. MS media were used with combinations of the growth regulators BA (0.25 - 1.5 mg/l⁻¹), NAA (0.5 - 1.0 mg/l⁻¹), and/or IAA (0.5 - 3.0 mg/l⁻¹). Shoots were regenerated on peduncle sections when cultured on medium containing BA (0, 0.5 or 1.0 mg/l⁻¹) and IAA (0.5 or 1.0 mg/l⁻¹) under a 16 h or 18 h photoperiod and a light intensity of 16 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$. Whole leaves from *in vitro*-stock material and leaf sections containing either a petiole or main vein from greenhouse plants regenerated roots and/or shoot-like structures on medium containing BA (1.0 or 1.5 mg/l⁻¹) and IAA (1.0 or 3.0 mg/l⁻¹). Histological sections of peduncles and leaves demonstrated that shoots appeared to regenerate directly from cells associated with the vascular systems.

Key words: Organogenesis, tissue culture, histology.

RESUMEN

Babaco, *Carica pentagona*, Heilborn (Badillo), es un fruto subtropical originario del Ecuador, que ha alcanzado distribución mundial con la micropropagación de yemas apicales y laterales. El mejoramiento genético del babaco depende de la inducción de mutaciones somaclonales. La regeneración directa tiene potencial suficiente para obtener plantas con ligeras variaciones. Por lo tanto, hojas y pedúnculos han sido probados para determinar su capacidad de regeneración *in vitro*. Se utilizó el medio de cultivo MS en combinación con los reguladores de crecimiento BA (0.25 - 1.5 mg/l⁻¹), ANA (0.5 - 1.0 mg/l⁻¹), y/o AIA (0.5 - 3.0 mg/l⁻¹). Se produjeron brotes en secciones de pedúnculos cultivados en medio con BA (0, 0.5 - 1.0 mg/l⁻¹) y AIA (0.5 ó 1.0 mg/l⁻¹) bajo un fotoperíodo de 16 h a 18 h con una intensidad de luz de 16 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$. Hojas enteras provenientes de material *in vitro* y secciones de hojas de plantas de invernadero, con peciolo o vena principal, desarrollaron raíces y/o estructuras similares a brotes en medio con BA (1.0 ó 1.5 mg/l⁻¹) y AIA (1.0 ó 3.0 mg/l⁻¹). Cortes histológicos demostraron que los brotes parecen haberse regenerado directamente de células asociadas al sistema vascular.

INTRODUCTION

An increasing interest in *Carica pentagona* (Heilborn) Badillo (babaco) and the use of *in vitro* techniques for mass propagation

(Cohen and Cooper 1982; Cossio 1988) have allowed for the expansion of babaco cultivation to other continents (Lost crops...1989). However, there are still some commercial characteristics of babaco that need to be improved. Due to the absence of male plants and cross incompatibility with related species, babaco cannot be improved using conventional breeding techniques. Tissue culture regeneration techniques have been used to improve fruit crops (Mittra and Chatuverdi 1972; Srinivasan and Mullins 1980), and may allow for the improvement of babaco.

A number of *Carica* have been regenerated, including babaco (Cossio 1988; Jordan *et al.* 1983; Litz and Conover 1980; Tsay and Su 1985; Vega de Rojas 1989). Babaco's regenerative procedure as described for ovular callus is a lengthy, indirect

-
- 1 Received for publication 15 December 1992
This research was supported by funds provided by the Univ of Delaware Office of International Development and the United States Agency for International Development (Award no. DPE-5542-G-SS-8045-00).
- * Graduate student; Currently Research Director, AMDE Corp., P.O. Box 632, Ambato, Ec.
- ** Research Assistant, AMDE Corp., P.O. Box 632, Ambato, Ec. Currently, Professor, Universidad Estatal de Bolivar, Alpacaca, Prov. Bolivar, Ec.
- *** Associate Professor; Delaware Agricultural Experiment Station, Department of Plant and Soil Sciences, College of Agricultural Sciences, University of Delaware, Newark, DE 19717-1303.

process (Vega de Rojas and Kitto 1991). Indirect regeneration, especially as callus cultures age, has been associated with increased incidence of mutations and off-type regenerants (Larkin and Scowcroft 1981).

It would be desirable to recover plants directly from other explant sources such as petioles (Lal and Ahuja 1989), leaves (Seeni and Latha 1992), or peduncles (Julliard *et al.* 1992). The objective of this study was to examine peduncles and leaves for their ability to regenerate directly.

MATERIALS AND METHODS

Plant material

Peduncles were classified as young (< 2 months old) or old (> 2 months old) and ranged from 3 cm to 15 cm in length. The three most apical leaves collected from greenhouse-grown plants were cut into sections that contained either mainvein or petiole tissue. Leaves of uniform size with intact petioles also were collected from *in vitro* proliferating shoot cultures (Vega de Rojas 1989). The abaxial side of the leaf tissue was cultured in contact with the medium. Greenhouse-collected leaf pieces and peduncles (sectioned into 1 cm pieces) were disinfested for 20 min with 1.0% sodium hypochlorite (20% household bleach) plus 0.1% tween 20 (v/v) and rinsed three times with sterile distilled water previous to culture.

Medium

Peduncle media used were 1) White's (1963) supplemented with (in mg/l⁻¹) sucrose, 60 000; glutamine, 400; and filter-sterilized coconut water, 20% (v:v) or 2) MS salts and vitamins (Murashige and Skoog 1962) supplemented with sucrose, 30 000 mg/l⁻¹. Growth regulators included benzyladenine (BA) (0, 0.25, 0.5, 1.0 mg/l⁻¹), naphthaleneacetic acid (NAA) (0, 0.5, 1.0 mg/l⁻¹), or indoleacetic acid (IAA) (0, 0.5, 1.0 mg/l⁻¹), alone or in combinations.

Leaf regeneration medium consisted of MS salts (half-strength) and vitamins and the following (in mg/liter⁻¹, myoinositol, 1; glutamine, 400; and sucrose, 30 000. Growth regulators used were BA (0, 0.5, 1.0, 1.5 mg/l⁻¹) and IAA (0, 1.0, 2.0, 3.0 mg/l⁻¹) under different combinations. Media for

leaves and peduncles were gelled with 8 g washed Difco Bacto agar per liter. Agar was washed with distilled water, oven-dried and reground. Media pH were adjusted to 5.6 - 5.7 prior to being autoclaved at 121°C, 124 kPa for 15 minutes.

Environmental conditions

Cultures were maintained under an 18 h photoperiod with light intensities of 12, 16 or 24 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ provided by cool-white fluorescent lamps at a temperature of $23\pm 2^\circ\text{C}$. Two sizes of disposable Petri plates 100 mm x 15 mm and 60 mm x 15 mm were used depending upon the size of the explants. Jars (55 mm x 70 mm) or boxes (65 mm x 100 mm) were used for plantlet development.

Histological procedures

Tissues, both prior to and after culture for various lengths of time, were fixed in FAA (formalin, acetic acid, 30% ethanol; 1:1:10) for 48 h, dehydrated through an ethanol series and embedded in paraffin. Blocks were cut with a rotary microtome set at 12 to 15 microns, stained with safranin and fast green and mounted with Permount (Berlyn and Mikshe 1976).

Experimental design

Experiments were set up as completely randomized designs with 2 - 4 explants/container and 2 - 8 containers/treatment. All samples were selected for maximum uniformity. Factorial combinations of growth regulators were used as preliminary experiments. Only selected treatments were repeated due to limited availability of plant material.

RESULTS

Peduncles

Preliminary experiments examined White's versus MS media and peduncle age. Of 50 peduncle sections cultured for 8 weeks, 27 or 54% initiated callus and 1 (2%) peduncle less than two months old regenerated a root (data not presented). Peduncles were greener and more succulent when cultured on MS medium; therefore, subsequent experiments used MS-based medium.

Table 1. Effect of growth regulator concentration on shoot regeneration from peduncles of babaco.

Treatment			N*	No. shoots regenerated
NAA	BA (mg/l ⁻¹)	IAA		
0	0	0	2	0
0.5	0.25	0	2	0
0.5	0.5	0	2	0
1.0	0.25	0	2	0
1.0	0.5	0	2	0
0.5	0	0.5	2	0
0.5	0	1.0	2	0
1.0	0	0.5	2	0
1.0	0	1.0	2	0
0	0.25	0.5	2	0
0	0.5	0.5	2	1
0	0.5	1.0	2	0

* Number of Petri plates (four peduncle sections/plate)

Peduncle sections were cultured with combinations of NAA, BA, and IAA (Table 1). One shoot was regenerated on medium containing 0.5 mg each of BA and IAA liter⁻¹. In a subsequent experiment, peduncle sections were cultured on media containing BA (0, 0.5, 1.0 mg/l⁻¹) and IAA 0, 0.5, 1.0 mg/l⁻¹ (Table 2). IAA was required for shoot regeneration. The results suggest that as BA concentration increased shoot regeneration decreased (0 BA = 21%, 0.5 BA = 17%, 1.0 BA = 11%).

Table 2. Regeneration of shoots from peduncles of babaco cultured with BA and IAA.

Treatment		N*	Peduncle response No. shoots regenerated
BA (mg/l ⁻¹)	IAA		
0.0	0.5	4	4
0.0	1.0	4	1
0.5	0.0	4	0
0.5	0.5	4	2
0.5	1.0	4	4
1.0	0.0	4	0
1.0	0.5	4	1
1.0	1.0	4	4

* Number of Petri plates (three peduncle sections/plate)

Peduncle sections were cultured under one of three light intensities; 10, 16, or 24 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ with a 16 h or 18 h photoperiod (Table 3). The greatest number of shoots (9/32 or 28%) developed from sections cultured under 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ (Table 3), while peduncles under 24 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ usually became chlorotic within 4 to 5 weeks and produced callus that was watery and clear. There appears to be no difference in shoot production between peduncles cultured for 16 h or 18 h under 16 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ (Table 3).

Callus initiated from the subepidermal layers of the peduncle (observation not presented). Internodal sections of peduncle only produced callus compared to nodal sections that regenerated shoots (Fig. 1) or roots. Histological sections of peduncles demonstrated that floral buds were necrotic and that shoots regenerated from cells associated with the vascular bundles (Fig. 1)

Leaves

Leaf sections from *in vitro*-maintained stock cultures were cultured for six weeks on media containing a 3 x 3 factorial combination of BA (0.5, 1.0, 1.5 mg/l⁻¹) and IAA (1.0, 2.0, 3.0 mg/l⁻¹) plus a control without growth regulators. One shoot regenerated in each of 3 media that contained in mg l⁻¹; 1.0 IAA +

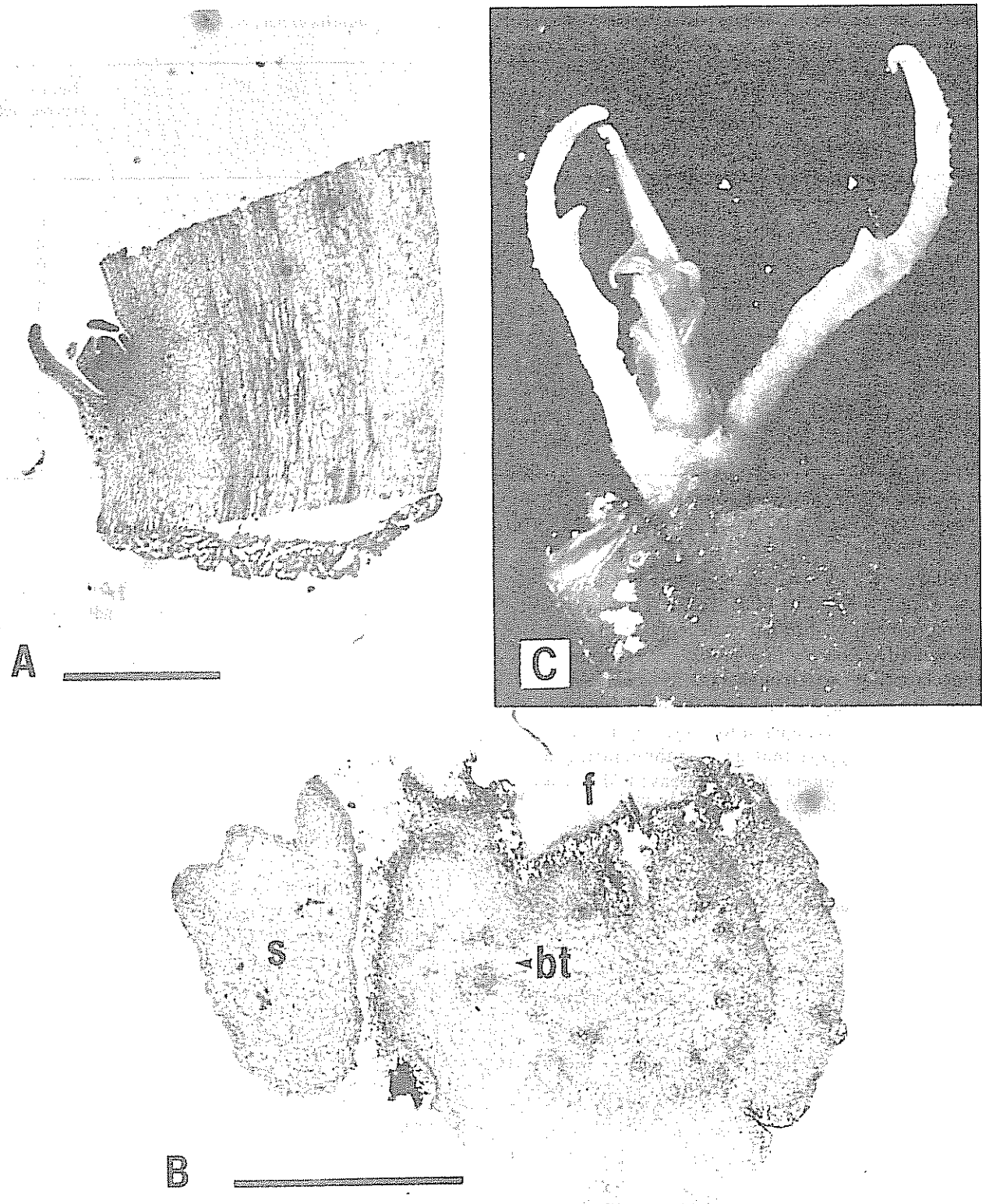


Fig. 1. Regeneration of shoots from peduncle sections. (A) Longitudinal section of peduncle with regenerated shoot. Bar = 1 mm; (B) Cross-section of regenerated shoot (s) with branch trace (bt) and necrotic floral shoot (f). Bar = 1 mm; (C) Peduncle with regenerated shoot. Bar = 1 mm.

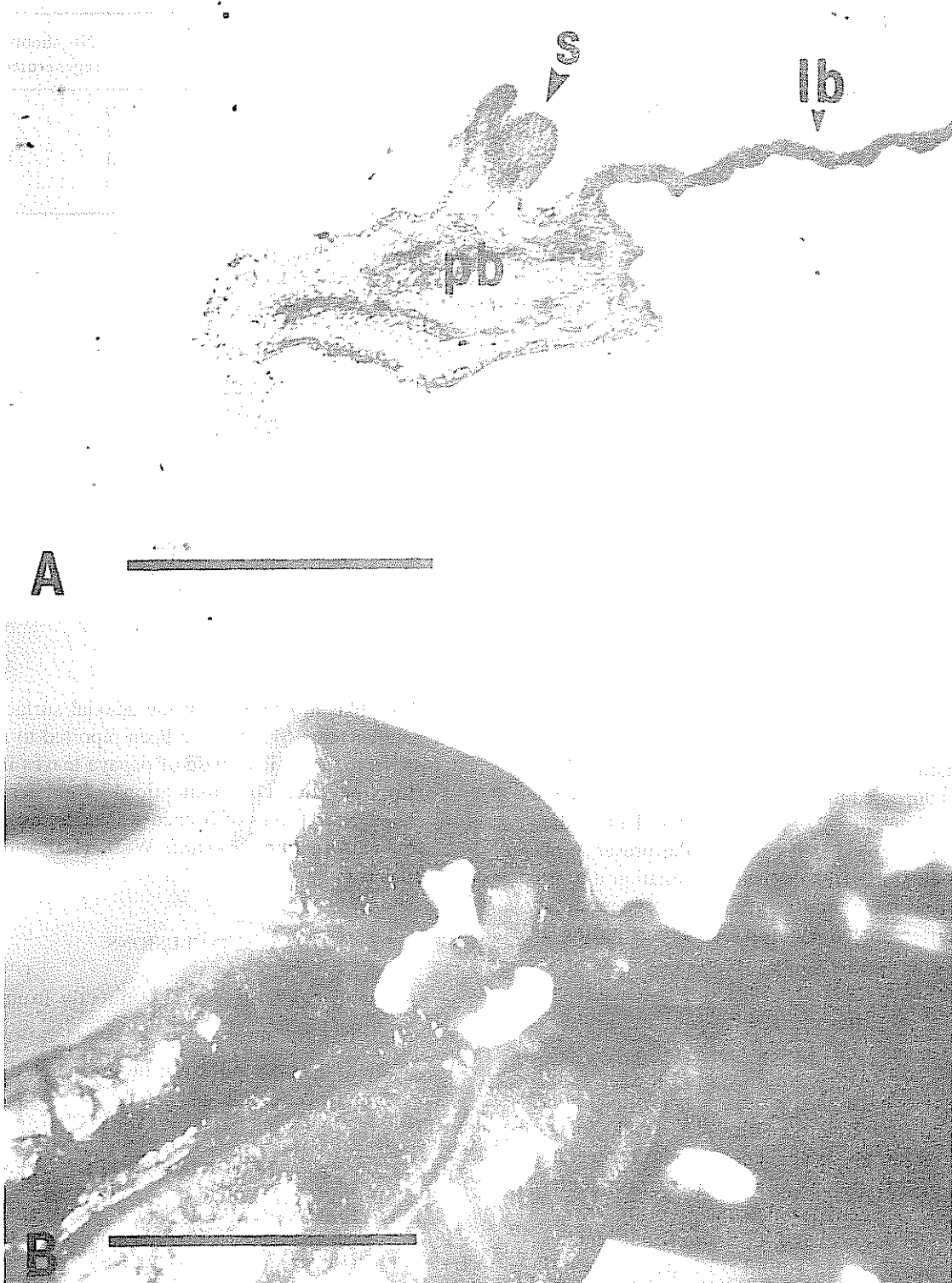


Fig. 2. Initiation of shoot-like structures from leaves of babaco. (A) Longitudinal section of leaf with regenerated shoot-like structure (s). lb = leaf blade, pb = petiolar base. Bar = 1 mm; (B) Leaf with regenerated shoot-like structures. Bar = 1 mm.

Table 3. Influence of light intensity and photoperiod on shoot regeneration from peduncles of babaco.

Light intensity ($\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)	Photoperiod (h)	N*	No. shoots regenerated
10	16	8	9 (28%)
16	16	8	4 (17%)
16	18	8	3 (13%)
24	16	8	0 (0%)

* Number of Petri plates (2 - 4 sections/plate). Percent of sections initiating shoots.

Table 4. Regeneration of shoot-like structure from leaves of babaco.

Treatment		N*	Leaf response			No. shoots regenerated
IAA (mg/l ⁻¹)	BA		Green	Yellow	Callus	
1.0	1.5	8	8	6	7	1
3.0	1.0	8	8	2	11	1
3.0	1.5	8	6	12	6	1

* Number of jars; 2 - 3 leaves/jar

1.5 BA, 3.0 IAA + 1.0 BA, or 3.0 IAA + 1.5 BA (data not presented). Similar results were obtained in a subsequent experiment with whole leaves (Table 4). Shoots appeared to initiate from the joint between leaf and petiole (Fig. 2). Approximately half of the leaves cultured produced callus in the presence of growth regulators. Histological examination during an early development stage of shoot regeneration showed differentiated shoot-like structures having a vascular connection (Fig. 2).

DISCUSSION

The development stage of the peduncle may be a critical factor for either shoot or root development, as in none of the sections did both organs regenerate concurrently. Histological analysis of peduncular shoots of babaco demonstrated that shoots regenerated from cells associated with the vascular bundles (Fig. 1) as has been found with peduncles of *Brassica napus* L. (Julliard *et al.* 1992).

Leaves obtained from either *in vitro* shoot cultures or greenhouse stock plants of babaco regenerated

shoot-like structures from the adaxial surface at the petiolar base. Shoots have been reported to regenerate from the petiolar base of papaya leaves in nature (Litz, personal communication). Regeneration of shoots from leaves of babaco was direct as has been reported in *Rheum emodi* Wall. (Lal and Ahuja 1989).

CONCLUSIONS

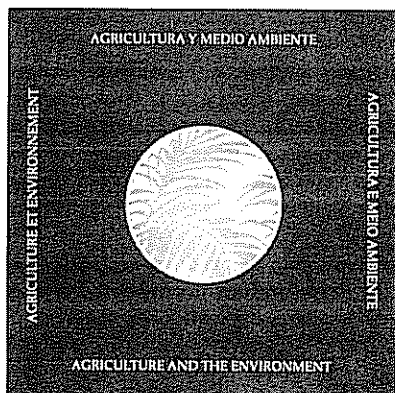
- Shoots can be regenerated directly from peduncles of babaco.
- Shoot-like structures can be regenerated directly from leaves of babaco.

LITERATURE CITED

- BERLYN, G.P.; MIKSHE, J.P. 1976. Botanical microtechnique and cytochemistry. Ames, Iowa, The Iowa State University Press.
- COHEN, D.; COOPER, P.A. 1982. Micropropagation of babaco: A *Carica* hybrid from Ecuador. In International Congress of Plant Tissue and Cell Culture. (S., Tokyo, Japan) p. 743-744.

- COSSIO F 1988 Il babaco. Bologna, Italy, Adagricole.
- JORDAN, M ; CORTES, I ; MONTENEGRO, G 1983. Regeneration of plantlets by embryogenesis from callus cultures of *Carica candamarcensis*. Plant Science Letters 28:231-236.
- JULLIARD, J ; SOSSOUNTZOV, L ; HABRICOT, Y ; PELLETIER, G. 1992. Hormonal requirement and tissue competency for shoot organogenesis in two cultivars of *Brassica napus*. Physiologia Plantarum 84:521-530.
- LAL, N ; AHUJA, P.S. 1989. Propagation of Indian rhubarb (*Rheum emodi* Wall) using shoot tip and leaf explant culture. Plant Cell Reports 8:493-496.
- LARKIN, P.J.; SCOWCROFT, W.R. 1981. Somaclonal variation: A novel source of variability from cell cultures for plant improvement. Theoretical and Applied Genetics 60:197-214.
- LITZ, R.E ; CONOVER, R.A. 1980. Somatic embryogenesis in cell cultures of *Carica estipulata*. HortScience 15(6):733-735.
- LOST CROPS OF THE INCAS. 1989. N.D. Vietmeyer (Ed) Washington, D.C. National Academy Press.
- MITRA, G.C ; CHATUVERDI, H.L. 1972. Embryoids and complete plants from ovules of *in vivo*-grown emasculated flower buds of *Citrus* spp. Bulletin of the Torrey Botanical Club 99:184-189.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum 15:473-497.
- SEENI, S ; LATHA, P.G. 1992. Foliar regeneration of endangered red Vanda, *Renanthera imschootiana* Rolfe (Orchidaceae). Plant Cell, Tissue and Organ Culture 29:167-172.
- SRINIVASAN, C.; MULLINS, M.G. 1980. High-frequency somatic embryo production from unfertilized ovules of grapes. Scientia Horticulturae 13:245-252.
- TSAY, H.S.; SU, C.Y. 1985. Anther culture of papaya (*Carica papaya* L.). Plant Cell Reports 4:28-30.
- VEGA DE ROJAS, R. 1989. Somatic embryogenesis of babaco, *Carica pentagona* (Heilborn) Badillo. M.S. Thesis. Newark, Delaware, University of Delaware.
- VEGA DE ROJAS, R.; KITTO, S.L. 1991. Regeneration of babaco (*Carica pentagona*) from ovular callus. Journal of the American Society for Horticultural Science 116:747-752.
- WHITE, P.R. 1963. A handbook of plant and animal tissue culture. Lancaster, PA, Jacques Cattel Press.

LIBRO RECOMENDADO



US\$20.00

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

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

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

Indices Reproductivos, Productivos y Márgenes Brutos de los Agrosistemas del Partido de Puán, Argentina¹

A.O. Gargano*, M.C. Saldungaray*, M.A. Adúriz*

ABSTRACT

On the basis of programmed surveys of livestock farmers in five homogeneous areas of Puan (Argentina), reproductive, productive and economic parameters were determined. The reproductive parameters were: stationary service, rectum palpation, pregnancy, parturition, and weaning. The productive parameters were: stocking rate, beef production, stock efficiency, and grain yields. The economic parameters were: crop gross margin (GM), livestock GM, and total GM. These parameters were also determined in the following strata: 150 - 350, 351 - 600, 601 - 1000, and 1001 - 2000 ha. The economic parameters were calculated with the historical average prices of 1960. Livestock production and crop production covered 72.1% and 27.9% of the total area, respectively. The averages of the parameters mentioned above were: 53.7%, 32.4%, 90.1%, 80.6%, 78.0%; 0.55 EV/ha; 74.6 kg/ha; 34.6%; 1254 kg/ha; 14.3 US\$/ha, 6.5 US\$/ha, and 8.2 US\$/ha. The highest livestock parameters were found in areas 1 and 2, which had less climatic and edaphic limitations and better forage resources. In these areas, the cow-calf stocker and fattening (CCSF) and fattening (F) livestock subsystems produced more beef than the cow-calf and stocker subsystem. Crop production was outstanding in area 1 where wheat, the main crop, yielded 1585 kg/ha. No tendencies between strata were found, but beef production in the first stratum was 6% to 12% higher than the others. In general, the areas' GM coincide with the productive parameters. Buying of livestock was the principal component of livestock production costs. CCSF and F subsystems did not always reach the best GM, mainly because of the influence of costs. Satisfactory results in the smallest stratum proved that surface area was not restrictive.

RESUMEN

A partir de encuestas efectuadas con productores de las cinco áreas edáficas homogéneas que posee el Partido de Puán (Arg.), se determinaron índices reproductivos, productivos y económicos. Los reproductivos fueron: estacionalidad del servicio, tacto rectal, preñez, parición y destete; los productivos fueron: carga animal, producción de carne, eficiencia del hato y rendimiento de granos; por otro lado, los índices económicos fueron: margen bruto (MB) agrícola, MB ganadero y MB total. Estos índices se determinaron en cuatro estratos: 150 ha - 350 ha, 351 ha - 600 ha, 601 ha - 1000 ha y 1001 ha - 2000 hectáreas. Se utilizaron precios promedios históricos en pesos de 1960. La ganadería ocupó 72.1% de la superficie total y el resto se dedicó a la agricultura. Los promedios ponderados de los índices mencionados fueron: 53.7%, 32.4%, 90.1%, 80.6%, 78.0%; 0.55 (EV)/ha; 74.6 kg/ha; 34.6%; 1254 kg/ha, 14.3 US\$/ha, 6.5 US\$/ha y US\$8.2 por hectárea. Los índices ganaderos más altos correspondieron a las áreas 1 y 2, que son las de menores limitaciones climático-edáficas y que dispusieron de mejores recursos forrajeros. En esas áreas, los subsistemas ganaderos de cría-recría-engorde (CRE) y engorde (E) produjeron más carne que el de cría-recría (CR). La agricultura se destacó en el área 1 donde el trigo, principal cultivo, produjo 1585 kg por hectárea. No se hallaron tendencias entre estratos y la producción de carne del primero fue de 6% a 12% más alta. Los MB de las áreas se mostraron, en general, coincidentes con los índices productivos. La compra de animales fue el principal componente del costo ganadero. Los subsistemas CRE y E no siempre alcanzaron los mejores MB debido, fundamentalmente, a la incidencia de los costos. La satisfactoria respuesta del estrato más chico evidenció que el tamaño de los predios no fue restrictivo.

Palabras clave: Sistema de producción, índices reproductivos, índices económicos, forrajes, producción de carne, encuestas.

INTRODUCCIÓN

En la primera etapa de este trabajo (Gargano *et al.* 1993a) se señaló la hipótesis que dio origen al proyecto global sobre el Partido de Puán, cual es la existencia de una brecha tecnológica y productiva entre los sistemas actuales y los poten-

¹ Recibido para publicación el 7 de mayo de 1993
Se agradece a los productores agropecuarios por la información brindada y a la Municipalidad de Puán, Arg., por el apoyo financiero

* Ingenieros agrónomos, Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, 8000 Bahía Blanca, Arg.

ciales, situación que indudablemente limita el desarrollo agropecuario regional. Por ello, y después de haber identificado y realizado una descripción general de los sistemas predominantes, el objetivo de esta segunda etapa fue profundizar en el conocimiento de esos sistemas. Para lograrlo se evaluó la tecnología de procesos e insumos que cada predio utiliza en las actividades agrícolas y ganaderas, así como sus niveles productivos y económicos. También se pudieron detectar variables que representan una limitación para la productividad, lo que podrá contribuir en la etapa final a modelar los sistemas mejorados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Parte de la metodología utilizada fue descrita en Gargano *et al.* (1993a). La información provino de encuestas efectuadas a productores: maquinarias utilizadas (descripción general); mano de obra (fija y contratada); agricultura (especies, tecnología y rendimientos); ganadería (especies, tecnología y productividad animal) y forrajes (especies y tecnología).

Con esta información, se contabilizaron los predios que estacionaron el servicio de los toros dentro de un período inferior a cuatro meses y los que diagnosticaron la preñez mediante tacto rectal. En cada predio se calcularon, además, los siguientes índices:

Reproductivos

$$\text{Preñez (\%)} = \frac{\text{total vientres preñados}}{\text{total vientres servidos}} \times 100$$

$$\text{Parición (\%)} = \frac{\text{total terneros nacidos}}{\text{total vientres servidos}} \times 100$$

$$\text{Destete (\%)} = \frac{\text{total terneros destetados}}{\text{total vientres servidos}} \times 100$$

Productivos

$$\text{Carga animal (EV/ha ganadera)} = \frac{\text{total E V}}{\text{sup. ganadera (ha)}}$$

Los EV se calcularon con las tablas de Cocimano *et al.* (1983).

$$\text{Prod. de carne (kg/ha)} = \frac{\text{salidas (kg)} - \text{entradas (kg)} \pm \text{dif. de invent (kg)}}{\text{superficie ganadera (ha)}}$$

Esta expresión se obtuvo de la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (1974).

$$\text{Eficiencia del hato (\%)} = \frac{\text{prod. de carne (kg/ha ganad.)}}{\text{(existencia media (kg/ha ganad.)}} \times 100$$

Rendimientos de granos (kg/ha)

Incluyen cereales de cosecha fina (trigo, avena, cebada cervicera y triticale) y gruesa (girasol, maíz y sorgo).

Económicos

$$\text{Márgenes brutos (\$/ha)} = \text{Ingresos netos (\$/ha)} - \text{costos directos (\$/ha)}$$

Los índices reproductivos se calcularon solo en bovinos por su importancia en el Partido de Puán (Gargano *et al.* 1993a) y los tres índices siguientes incluyeron también ovinos y equinos. Se determinaron los márgenes brutos agrícola, ganadero y total, utilizando precios promedios históricos deflacionados con el Índice de Precios Mayoristas Nivel General y se expresaron en pesos de 1960. Los precios se obtuvieron de las series de precios agropecuarios (Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación 1983) y de las guías de precios de insumos y productos agropecuarios (INTA 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro del Partido de Puán, el predominio de la ganadería sobre la agricultura fue evidenciado por Gargano *et al.* (1993a) y se puede sintetizar numéricamente, expresando que dichas actividades ocuparon superficies equivalentes al 72.1% y 27.9%, respectivamente.

Los resultados de los índices físicos y económicos serán analizados en forma separada.

Indices reproductivos y productivos

En primer lugar, se puede observar (Cuadro 1) que los porcentajes de predios que estacionaron el servicio, y especialmente los que hicieron tacto, fueron bajos. Los mejores promedios correspondieron a las dos primeras áreas, con menores limitaciones climo-edáficas (Gargano *et al.* 1993). Debe destacarse que el índice de preñez representa sólo a los predios que hicieron tacto. Los índices reproductivos "parición" y "destete" fueron regionalmente altos con una tendencia entre las áreas similar a la determinada en estacionalidad y tacto. Los índices productivos mostraron diferencias en favor de las áreas ubicadas en el norte de Puán. La carga animal y la producción de carne del área 5, cuya superficie representa sólo 7.8% del área total, registraron promedios cercanos al promedio general, debido principalmente a la con-

tribución de los predios del grupo II, ubicados en el sector norte, y separados del sector sur a una distancia media de 70 km (Gargano *et al.* 1993a). Esto demuestra que, en ambos sectores, la influencia climática fue diferente, ya que, aunque pertenecieran a la misma área edáfica homogénea, presentaron productividades distintas.

La mejor productividad ganadera de las áreas 1 y 2 puede explicarse parcialmente a partir de la información del Cuadro 2. Es válido suponer que en esta área la oferta forrajera fue cuantitativa y cualitativamente superior, porque se dispuso de mayor superficie con forrajeras cultivadas y sin monte, que en general se señala como el recurso con menor aporte regional. Además, en ambas áreas, la mayor parte de la superficie con pasturas permanentes (85% y 62%, respectivamente) consiste básicamente en alfalfa

Cuadro 1. Indices reproductivos y productivos en áreas y grupos de Puán (Arg.).

Area	Grupos (%)	Servicio estacionado (%)	Tacto rectal (%)	Preñez (%)	Parición (%)	Destete (EV/ha)	Carga animal (kg/ha)	Prod. carne (%)	Efic. hato (kg/ha)	Rend. granos
1	I	85.7	57.1	89.1	85.9	84.6	0.62	95.3	39.1	1.651
	II	57.1	42.9	92.2	85.4	82.1	0.69	97.3	37.0	1.814
	III	57.1	28.6	90.4	85.0	79.3	0.76	105.6	40.7	1.680
	\bar{x}	61.9	40.5	90.9	85.5	82.4	0.68	98.3	38.3	1.750
2	I	60.0	60.0	92.9	83.7	81.6	0.57	83.3	38.5	1.607
	II	72.7	50.0	86.0	81.5	78.8	0.63	88.2	35.6	1.175
	III	80.0	30.0	93.4	80.2	75.1	0.66	115.4	39.9	899
	\bar{x}	73.0	45.9	89.4	81.7	78.7	0.62	91.6	36.9	1.070
3	I	40.0	10.0	92.0	77.0	74.4	0.49	56.6	31.3	1.110
	II	36.8	5.3	-	74.4	72.6	0.45	46.1	26.4	634
	III	-	-	-	76.1	72.4	0.39	45.3	29.0	819
	\bar{x}	33.3	6.1	92.0	75.5	73.4	0.47	50.5	28.6	757
4	I	33.3	22.2	89.6	78.2	76.7	0.43	59.5	32.0	1.349
	II	20.0	20.0	90.0	82.8	80.6	0.28	44.9	44.4	990
	\bar{x}	28.6	21.4	89.7	79.2	77.5	0.39	56.0	35.0	1.027
5	I	83.3	50.0	88.6	82.5	79.3	0.46	65.2	37.2	960
	II	-	50.0	94.5	78.4	76.8	1.07	95.3	22.4	579
	\bar{x}	50.0	50.0	89.8	81.9	78.9	0.55	69.6	35.0	743
\bar{x} general		53.7	32.4	90.1	80.6	78.0	0.55	74.6	34.6	1.254

Cuadro 2. Recursos forrajeros en las áreas de Puán (porcentaje superficie ganadera).

Area	Cultivados ¹			Naturales	
	PP	VI	VV	Monte	Campo natural
1	27	19	7	-	47
2	25	19	8	-	48
3	4	10	2	22	62
4	9	12	5	32	42
5	12	12	6	20	50

PP = praderas permanentes (*M. sativa*, *Festuca arundinacea*, *Phalaris aquatica*, *Elytrigia pontica*, *E. curvula*)

VI = Verdeos de invierno (*Avena sativa*, *Vicia sativa*).

VV = Verdeos de verano (*Panicum miliaceum*, *Setaria italica*, *Sorghum* spp., *Zea mays*).

Campo natural = incluye rastrojos

(*Medicago sativa*), el resto es pasto llorón (*Eragrostis curvula*), una gramínea perenne estival con limitaciones nutritivas en épocas determinadas (Laborde 1991). Esta relación es casi inversa en el área 5 donde el 27% de las pasturas está conformado básicamente por alfalfa y 72%, pasto llorón.

Las superficies destinadas a la agricultura fueron 36.8%, 29.3%, 20.7%, 12.5% y 28.5% en las áreas 1 a 5, respectivamente. El principal cultivo fue el trigo que ocupó el 90% de la superficie agrícola, y el resto fue compartido en partes iguales por avena, cebada cervecera, triticale, maíz y girasol. Estos dos últimos se concentraron casi totalmente en el área 1 donde se obtuvieron los mayores rendimientos de granos totales (Cuadro 1) y 1585 kg/ha de trigo, lo cual reafirma las cualidades de esta área.

Con respecto a los subsistemas ganaderos, en el Cuadro 3 se muestra que en las dos primeras áreas, las de mayor producción, fue relevante el número de predios que practicaron CRE y E y que estos subsistemas tuvieron, en general, una mejor respuesta productiva que los de CR. Además la comentada disponibilidad forrajera de ambas áreas ratifica la hipótesis de Gargano *et al.* (1993a), quien planteó que los subsistemas de engorde contarían con recursos forrajeros de acuerdo con los requerimientos de los animales. Los subsistemas CRE y E tuvieron menor participación en las áreas 3, 4 y 5, y la producción de carne fue considerablemente menor que en las áreas 1 y 2. La alta producción de carne del subsistema CRE del área 4 fue coyuntural, por la magnitud de ventas en uno de los predios.

No hubo tendencias definidas entre estratos (Cuadro 4). La carga animal y la producción de carne fueron más altas en el primer estrato y se atribuyó, principalmente, a que las áreas 1 y 2 aportaron el 73% de los predios totales de ese estrato. A su vez, la participación de dichas áreas en los restantes estratos, en orden creciente de superficie, fue 64%, 57% y 39%, respectivamente. Los rendimientos agrícolas del primer estrato no sobresalieron porque los altos rendimientos obtenidos en las dos primeras áreas fueron neutralizados por la magra cosecha en las restantes. A modo de ejemplo se puede citar que el rendimiento promedio de trigo de los predios del primer estrato del área 3 fue sólo de 665 kilogramos por hectárea. De todas maneras, este efecto no fue exclusivo del primer estrato ya que también se verificó en variada proporción en los otros.

Índices económicos

Los márgenes brutos del área 1 superaron a los restantes (Cuadro 5), en correspondencia con la tendencia determinada en los índices reproductivos y productivos.

La comparación de los márgenes brutos agrícolas (MBA) de las cinco áreas revela que dependieron fundamentalmente del componente "rendimiento de granos"; ello explica los bajos MBA en las áreas 3 y 5 que resultaron similares a sus respectivos MB ganaderos (MBG), y ratifica las limitaciones agrícolas de esas áreas.

Cuadro 3. Carga animal y producción de carne de los subsistemas ganaderos en las áreas de Puán (Arg.).

Áreas ganaderos	Subsistemas de predios	Cantidad (EV/ha)	Carga animal (kg/ha)	Producción de carne
1	CR ¹	21	0.66	94.6
	CRE	11	0.71	94.5
	E	9	0.68	109.2
\bar{x} pond.		41	0.68	98.3
2	CR	19	0.62	75.5
	CRE	5	0.66	94.4
	E	10	0.60	136.7
\bar{x} pond.		34	0.63	95.9
3	CR	26	0.42	45.1
	CRE	2	0.43	71.4
	E	5	0.58	62.4
\bar{x} pond.		33	0.45	48.4
4	CR	11	0.33	42.4
	CRE	2	0.58	100.5
	E	1	0.35	31.4
\bar{x} pond.		14	0.39	56.0
5	CR	7	0.68	71.6
	CRE	1	0.35	60.5
	E	2	0.40	69.7
\bar{x} pond.		10	0.55	69.6

1 CR = cría-recría; CRE = cría-recría-engorde; E = engorde.

Cuadro 4. Índices reproductivos y productivos en los estratos de Puán (Arg.).

Estratos	Parición (%)	Destete (%)	Carga animal (EV/ha)	Prod. carne (kg/ha)	Rendimientos (kg/ha) Granos totales	Trigo
150- 350	80.8	77.1	0.60	80.5	1.762	1.119
351- 600	82.1	79.5	0.57	75.1	1.581	1.143
601 - 1.000	81.8	78.3	0.53	75.6	1.607	1.141
1.000 - 2.000	80.5	78.5	0.53	71.7	2.009	1.228

A pesar de que la venta de carne participó en el ingreso ganadero con un 85% de promedio, y que la producción de carne de las áreas 1 y 2 fue casi igual (Cuadro 1), el MBG del área 2 fue prácticamente 20% inferior, porque sus ingresos fueron especialmente menores. Las otras tres áreas con MBG más bajos tuvieron un marcado equilibrio entre ingresos y

costos. Como la ganadería ocupó una superficie mayor que la agricultura en todas las áreas, los MB totales (MBT) estuvieron determinados fundamentalmente por los MBG.

En el Cuadro 6 se observa que la compra de animales fue el principal componente del costo

Cuadro 5. Márgenes brutos, ingresos netos y costos directos ganaderos, en las áreas y grupos de Puán (\$/ha).

Áreas	Grupos	Márgenes brutos			Ganadería	
		Agrícola	Ganadero	Total	Ingresos ¹ netos	Costos directos
1	I	23.5	8.9	10.0	14.9	6.0
	II	24.0	8.3	13.2	21.1	12.8
	III	23.4	6.9	14.8	19.9	13.0
	\bar{x}	23.7	8.2	12.9	19.1	10.9
2	I	15.5	10.3	10.8	18.5	8.2
	II	13.3	4.9	6.6	15.6	10.7
	III	8.3	7.9	8.0	17.0	9.1
	\bar{x}	11.2	6.6	7.6	16.4	9.8
3	I	8.4	6.8	6.9	11.4	4.6
	II	2.6	4.9	4.4	9.3	4.4
	III	7.6	6.3	7.1	11.7	5.4
	\bar{x}	4.6	5.7	5.5	10.3	4.6
4	I	17.2	5.4	5.5	10.3	4.9
	II	10.5	6.1	7.3	11.7	5.6
	\bar{x}	11.2	5.6	6.1	10.7	5.1
5	I	6.1	5.1	5.2	9.3	4.2
	II	6.6	7.2	6.8	18.3	11.1
	\bar{x}	6.5	5.4	5.6	10.6	5.2
\bar{x} general		14.3	6.5	8.2	14.0	7.5

I por ventas de carne, lana, semillas forrajeras y heno

Cuadro 6. Composición de los costos ganaderos en las áreas de Puán (%).

Áreas	Verdeos	Sanidad	Personal	Compra de animales	Otros ¹
1	26	12	21	29	12
2	24	10	14	43	9
3	21	12	25	28	14
4	15	11	24	38	12
5	26	10	22	30	12
\bar{x}	23	11	21	33	12

I Amortización de pasturas y toros, compra de forajes, pago por pastoreos, esquila e inseminación artificial

ganadero en todas las áreas, que coincide con resultados previos (Gargano *et al.* 1993b), y representó la tercera parte en el promedio general. Las categorías más adquiridas fueron las destinadas al engorde y, por ende, los mayores costos por compras correspondieron a los subsistemas ganaderos CRE y E (engorde).

Los MBG de los subsistemas ganaderos (Cuadro 7) no siempre dependieron de sus niveles de producción de carne. Al respecto se pueden mencionar dos casos: los subsistemas E del área 1 y CRE del área 2, que tuvieron bajos MBG. El primero se explica por sus altos costos y el segundo, por una des-

favorable combinación de costos e ingresos. Además se registró un MBG negativo en el área 4 que corresponde al caso atípico de un predio que compró más hacienda que la que vendió.

Los MB entre estratos (Cuadro 8) respondieron sobre todo a sus niveles productivos. El estrato más chico tuvo un MBA intermedio, pero como su MBG fue el más alto por el nivel de sus ingresos netos, alcanzó el mayor MBT. Esta respuesta satisfactoria del primer estrato fue similar a la hallada en el lindero Partido de Tornquist (Gargano *et al.* 1993b) y evidencia que el tamaño del predio no está asociado a las limitaciones tecnológicas y económicas sugeridas

Cuadro 7. Margen bruto, ingresos netos y costos directos, ganaderos, de los subsistemas ganaderos en las áreas de Puán (\$/ha).

Áreas	Subsistemas ganaderos	Ganadería		
		Margen bruto	Ingresos netos	Costos directos
1	CR	8.2	17.1	8.9
	CRE	11.0	16.9	5.9
	E	4.5	25.6	21.1
2	CR	7.0	13.8	6.8
	CRE	4.9	17.9	13.0
	E	8.5	21.1	12.6
3	CR	4.4	7.3	2.9
	CRE	7.0	15.5	8.5
	E	11.5	22.3	10.8
4	CR	6.3	9.8	3.5
	CRE	5.8	14.2	8.4
	E	-5.8	5.0	10.8
5	CR	3.2	10.0	6.8
	CRE	6.2	12.3	6.1
	E	8.9	11.1	2.2

Cuadro 8. Margenes brutos, ingresos netos y costos directos ganaderos y composición de los costos ganaderos, en los estratos de Puán (Arg.).

Estratos (ha)	Márgenes brutos			Ganadería		Composición de los costos directos ganaderos (%)				
	Agrícola	Ganadero	Total (\$/ha)	Ingresos netos	Costos directos	Verdeos	Sanidad	Personal	Compra de animales	Otros
150 - 350	13.5	8.4	9.7	17.9	9.5	23	11	25	28	13
351 - 600	12.0	5.2	7.0	12.6	7.4	23	11	21	31	14
601 - 1 000	14.0	5.3	7.7	14.3	9.0	26	10	19	34	11
1 001 - 2 500	15.6	6.8	8.3	13.3	6.5	21	12	21	34	12

en los partidos de Villarino y Bahía Blanca (Gargano *et al.* 1989b, 1991b), ubicados al sur de los dos anteriores donde las variables suelo y clima son más restrictivas. Por último, la composición de los costos directos ganaderos entre estratos no demostró variaciones de magnitud y la compra de animales representó también el costo más importante.

CONCLUSIONES

En los estudios de sistemas agropecuarios regionales, es conveniente analizar la influencia climática sobre la productividad dentro de áreas relativamente reducidas, aun cuando sean edáficamente homogéneas.

Los resultados físicos y económicos del Partido de Puán permitieron establecer ciertos criterios básicos para la última etapa del proyecto, cuando se elaboren los modelos mejorados:

- Proponer modelos con diferente potencial productivo por la heterogeneidad de las áreas.
- La actividad ganadera será preponderante. El componente animal básico será vacuno de ciclo completo, y el forrajero estará compuesto principalmente por pasturas cultivadas perennes y anuales.
- La rotación de cultivos incluirá, en las mejores áreas, una reducida proporción de agricultura, principalmente triguera.

LITERATURA CITADA

- ASOCIACION ARGENTINA DE CONSORCIOS REGIONALES DE EXPERIMENTACION AGRICOLA. 1974. Normas para medir la producción de carne. Estudios y Métodos no 2. 39 p
- ASOCIACION ARGENTINA DE CONSORCIOS REGIONALES DE EXPERIMENTACION AGRICOLA. 1983. Series de precios agropecuarios. 103 p
- COCIMANO, M; LANGE, A ; MENVIELLE, E.E. 1983. Equivalencias ganaderas para vacunos de carne y ovinos. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola. 32 p
- GARGANO, A O ; ADURIZ, M A ; SALDUNGARAY, M C. 1989b. Sistemas de producción en la mitad norte del Partido de Villarino (Provincia de Buenos Aires). I. Indices económicos. Revista Argentina de Producción Animal 9(2): 143-148
- GARGANO, A O ; ADURIZ, M A ; SALDUNGARAY, M C. 1991b. Sistemas agropecuarios de Bahía Blanca. IV. Parámetros económicos. Revista Argentina de Producción Animal 11(2):225-231.
- GARGANO, A O ; ADURIZ, M A ; SALDUNGARAY, M C. 1993a. Análisis de conglomerados de los agrosistemas del Partido de Puán. Argentina. Turrialba C R (En Prensa)
- GARGANO, A O ; SALDUNGARAY, M C ; ADURIZ, M A. 1993b. Agrosistemas de Tornquist, Argentina. III. Evaluación técnico-económica. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 1(1):59-69.
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA EEA BALCARCE. 1985. Guía de precios de Insumos y productos agropecuarios: Información económica agropecuaria. Publicación trimestral. Dpto de Economía y Sociología Rural.
- LABORDE, H. 1991. Calidad y valor nutritivo. In El pasto llorón: Su biología y manejo. O F Fernández, R E, Bredan, A O, Gargano (Eds.) CEREZOS-UNS (Arg.) 382 p

Estudos sobre a Preservação do Pólen do Urucueiro¹

C. de M.P. Moreira*, F.C. Guedes A.**,
F.A. Guedes A.***, J.J. Lima de Albuquerque****

ABSTRACT

The preservation of pollen viability is valuable to plant breeders and geneticists for preventing time and space problems frequently associated with artificial pollination. This experiment was conducted to evaluate the influence of storage temperature on annatto pollen viability. The viability was estimated by *in vitro* germination in culture media of 1.0% agar and 10% sucrose diluted in distilled water. The pollen was stored at -10°C, 0°C, 10°C and humidity of 70%, 80% and 50%, respectively. The best storage condition was -10°C and 70% RH. After 24 hours, viability of the annatto pollen was reduced in all the conditions tested.

RESUMO

A preservação da viabilidade do pólen se reveste de grande importância, na solução de problemas envolvendo tempo e espaço encontrados no processo da polinização artificial. Estudos no pólen de *Bixa orellana* foram realizados no laboratório de Citogenética do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará - Brasil, com o objetivo de se determinar a temperatura mais adequada para a preservação da viabilidade verificada através de testes de germinação *in vitro* em meio artificial contendo 1% de agar e 10% de sacarose. A preservação em três tratamentos; -10°C, 0°C e 10°C com 70%, 80% e 50% de umidade relativa, respectivamente. As melhores condições para o armazenamento do pólen ocorreram a -10°C e 70% de umidade relativa. Em todos os tratamentos a viabilidade decresceu após 24 horas de armazenamento.

INTRODUÇÃO

Muitos são os estudos já realizados com a finalidade de prolongar a vida do pólen. Um dos primeiros estudos de preservação de pólen foi feito por Kampfer em 1912, onde pólen de pinhos (*Pinus* sp.) foi armazenado na ausência de

luz e após um ano não foi constatado nenhuma perda de viabilidade (Knowlton 1922). Para o melhorista, a preservação da viabilidade do pólen soluciona dois dos maiores problemas da polinização artificial que são, o tempo e o espaço (Bissiri e Nik-Nejad 1976), permitindo assim, cruzamentos entre plantas situadas em diferentes localidades (Almeida *et al.* 1985).

¹ Recebido para publicação el 10 julho de 1993
Parte do trabalho de dissertação apresentado à Universidade Federal do Ceará, pelo primeiro autor, para a obtenção do grau de Mestre em Fitotecnia

* Eng. Agr., MS, técnica da Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária do Estado do Ceará, Rua Bernardo Figueiredo, 2261 CEP: 60 455 Fortaleza, Ceará, Bra.

** Eng. Agr., Ph D., Prof. Adjunto do Departamento de Fitotecnia da UFC; bolsista do CNPq; Caixa postal 12.168 CEP 60.355 Fort. CE, Bra.

*** Eng. Agr., Ph D., Prof. Titular do Departamento de Biologia da UFC; bolsista do CNPq; Caixa postal 12.168 CEP 60.355 Fort. CE, Bra.

**** Eng. Agr., M.S., Prof. Assistente do Departamento de Estatística e Matemática Aplicada da UFC; Caixa postal 12.168 CEP 60.355 Fort. CE, Bra.

O sucesso da preservação do pólen, depende principalmente da temperatura e da umidade relativa do armazenamento (Dean 1965; Khan *et al.* 1971; Linskens 1964; Pruszinsky 1960). Pólens de diferentes famílias armazenados em diferentes condições de umidade relativa, ofereceram melhores resultados entre 60 e 80%. Ultrapassando os limites indicados, a perda da viabilidade foi drástica. A viabilidade do pólen depende do quanto sua atividade vital pode ser reduzida sem perder seu poder de germinação e a longevidade geralmente aumenta para algumas espécies com a redução da umidade relativa durante o armazenamento, existindo casos em que o teor d'água não pode ser menor do que um certo valor

crítico, sendo portanto, indispensável manter-se determinada quantidade d'água para que o pólen permaneça viável (Spiss e Hittle 1979; Linskens 1964). Para o pólen do trigo (*Triticum* sp.), a perda de sua viabilidade só ocorreu após quatro dias em ambiente de 4°C e umidade relativa girando em torno de 75% a 95% (Khan *et al.* 1971). Aumentando-se a temperatura e a umidade relativa de armazenamento, acarretará, um acréscimo na taxa de respiração e como consequência uma perda na viabilidade (Hoekstra e Bruinsma 1975).

O objetivo desta pesquisa foi determinar entre as temperaturas de -10°C, 0°C e 10°C, qual a mais adequada para a preservação do pólen do urucueiro (*B. orellana* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

O pólen usado neste experimento foi oriundo de plantas cultivadas na área experimental da Usina Piloto de Alcool em Caucaia-Ceará, Brasil pertencente a Universidade Federal do Ceará. Após aproximadamente 60 min da coleta, uma amostra deste pólen foi submetida, em Fortaleza (distante 20 km da área experimental), ao teste de viabilidade, em meio de cultura contendo 1% de agar e 10% de sacarose. Comprovada sua viabilidade, a massa de pólen foi acondicionada em placas de Petri, sem tampa, em diferentes ambientes os quais resultaram em três tratamentos:

A -10°C e 70% de umidade relativa.

B 0°C e 80% de umidade relativa.

C 10°C e 70% de umidade relativa.

A diferença de médias entre os tratamentos foi feita pelo teste de Tukey. As variáveis analisadas foram percentual de germinação e comprimento de tubo polínico em micrômetro (μm).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da análise de variância, para percentagem de germinação e comprimento do tubo polínico, são apresentados na Quadro 1.

Diferença significativa foi verificada entre os tratamentos com relação a percentagem de germinação e comprimento do tubo polínico. Desmembrando-se os contrastes verificou-se diferença estatística entre os níveis de temperaturas, tempo de preservação e interação temperatura x tempo de preservação.

Ocorreu diferença significativa no percentual de germinação e no comprimento do tubo polínico da testemunha, em relação aos diferentes tratamentos, indicando decréscimo de viabilidade pelo efeito dos tratamentos.

A Figura 1 apresenta o comportamento da germinação do pólen do urucum após o armazenamento, mostrando a percentagem de germinação do pólen fresco, os percentuais médios observados e a curva de regressão para as três temperaturas analisadas. Nesta figura observa-se que o maior percentual de germinação ocorreu quando o pólen estava fresco. Após um dia de armazenamento, o ambiente que

Quadro 1. Análise de variância para percentagem de germinação de pólen e comprimento do tubo polínico do urucueiro (Fortaleza, Ceará, Bra, 1991).

Causas de variação	G.L.	Cuadrado médio	
		Germinação polínico	Comprimento tubo
(Tratamento)	12	2 901 90**	161 061 89**
Temperatura	2	9 457 28**	486 416 73**
Dia	3	1 434 98**	53 076 65**
Dia vs temperatura	6	578 42**	12 926 92**
Testemunha vs tratamento	1	8 132 82**	723 117 74**
Resíduo	39	8 79	399 70

** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade

proporcionou maior percentagem de germinação, foi de -10°C a 70% de umidade relativa, seguido por 10°C a 50% de umidade relativa e 0°C a 80% de umidade relativa. Verifica-se também, que em todos os dias a curva -10°C a 70% de umidade relativa manteve-se acima das demais curvas, mantendo sua viabilidade por 7 dias. Em temperatura de 4°C e umidade relativa em torno de 75% a 95%, o pólen de *Triticum* sp. manteve-se viável por 4 dias (Khan *et al.* 1971). No entanto, os pólenes de *Spathiphyllum* e *Vriesea* armazenados a 7°C e 65% de umidade relativa, mantiveram-se viáveis por 24 e 16 semanas respectivamente (Johnson 1978).

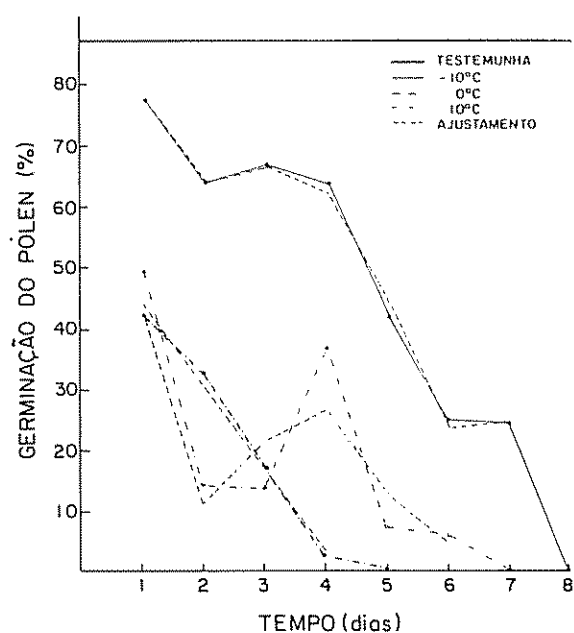


Fig. 1. Longevidade e percentual de germinação do pólen do urucueiro em diferentes temperaturas (Fortaleza, Ceará, Bra., 1991).

A Figura 2 apresenta o comprimento do tubo polínico do pólen fresco, os comprimentos médios observados e a curva de regressão para as três temperaturas e umidades relativas analisadas. O maior comprimento do tubo polínico ($1320.90\ \mu\text{m}$) ocorreu no pólen fresco. Após 24 horas, o ambiente que melhor proporcionou a preservação do pólen foi -10°C a 70% de umidade relativa, seguidos por 10°C a 50% de umidade relativa e 0°C e 80% de umidade relativa. Em todos os dias de armazenamento a curva -10°C e 70% de umidade relativa apresentou superioridade diante das demais.

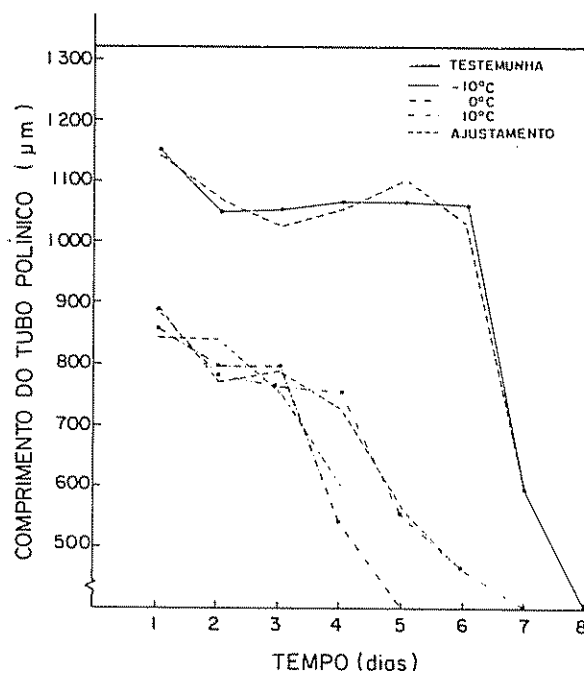


Fig. 2. Longevidade e comprimento do tubo polínico do urucueiro em diferentes temperaturas (Fortaleza, Ceará, Bra., 1991).

Os percentuais médios de germinação e os comprimentos médios dos tubos polínicos, nos diversos tratamentos e suas comparações através do teste de Tukey, são vistos na Quadro 2.

Preservado por um período de um dia a -10°C e 70% de umidade relativa, o pólen de urucueiro germinou em um percentual de 77.51% (Fig. 3). Por dois dias sua germinação foi de 63.84%, mantendo-se mais ou menos neste percentual no terceiro e quarto dias de preservação. O comprimento do tubo polínico comportou-se de maneira semelhante, ou seja, com um dia de preservação, ocorreu diminuição do comprimento em relação ao pólen fresco, reduzindo-o mais uma vez no segundo dia, e permanecendo mais ou menos constante no terceiro e quarto dias. Quando em 0°C e 80% de umidade relativa, o pólen perdeu drasticamente sua capacidade germinativa do primeiro ao quarto dia de preservação (Fig. 4). Após o quarto dia, este pólen tornou-se praticamente inviável. O tubo polínico neste ambiente de preservação alcançou um comprimento de $856.1\ \mu\text{m}$, depois de 24 horas. Manteve-se mais ou menos con-

Quadro 2. Percentual médio de germinação de pólen e comprimento do tubo polínico do urucueiro preservado em diferentes períodos, temperatura e umidades relativas (Fortaleza, Ceará, Bra., 1991).

Tratamentos	Média de germinação (%)	Comprimento médio do tubo polínico (μm)
Testemunha (pólen fresco)	87.01 a	1 321.90 a
Dia 1X-10° C/70% UR	77.51 b	1 149.54 b
Dia 2X-10° C/70% UR	63.84 c	1 049.58 c
Dia 3X-10° C/70% UR	66.95 c	1 051.01 c
Dia 4X-10° C/70% UR	63.76 c	1 063.86 c
Dia 1X-10° C/80% UR	42.29 cd	856.09 d
Dia 2X-0° C/80% UR	32.62 e	796.11 e
Dia 3X-0° C/80% UR	17.23 f	795.40 e
Dia 4X-0° C/80% UR	2.67 g	589.76 f
Dia 1X-10° C/50% UR	49.03 d	888.93 d
Dia 2X-10° C/50% UR	19.30 f	781.83 e
Dia 3X-10° C/50% UR	13.87 f	763.91 e
Dia 4X-10° C/50% UR	36.27 c	754.70

1 Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

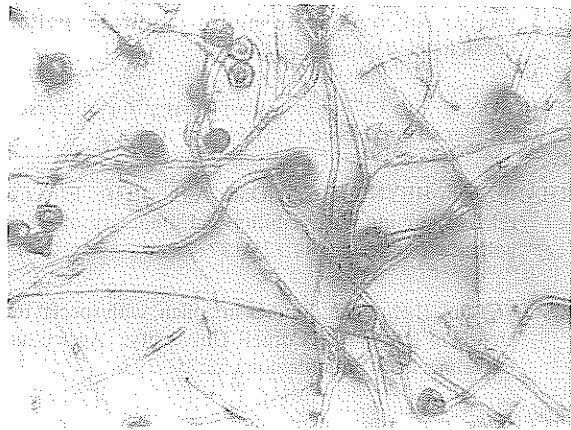


Fig. 3. Germinação do pólen (77.51%) e comprimento do tubo polínico (1320.90 μm) do urucueiro preservado a -10°C durante 24 horas (objetiva de aumento 32X).

stante no segundo e terceiro dias, 781.33 e 763.91 μm respectivamente. No quarto dia sofreu uma redução significativa para 589.76 μm .

Quando o pólen do urucueiro foi preservado a 10°C e 50% de umidade relativa, sua germinação chegou a 49.03% após 24 h, caindo para 19.30% no segundo dia e 13.87% no terceiro dia. No quarto dia

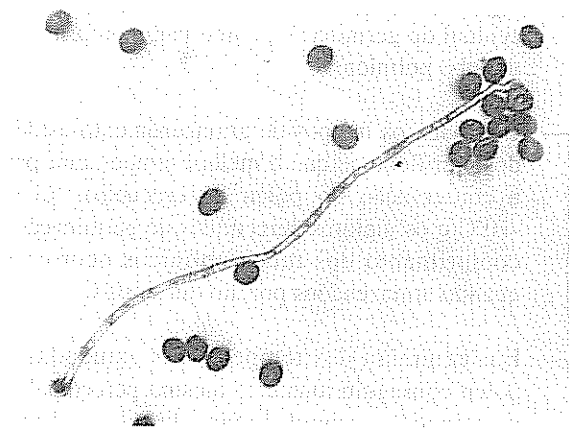


Fig. 4. Germinação do pólen (2.67%) e comprimento do tubo polínico (598.76 μm) do urucueiro preservado a 0°C durante 96 horas (objetiva de aumento 32X).

observou-se um considerável acréscimo no percentual de germinação chegando a 36.27. Observou-se um comportamento semelhante em pólen de *Birdsfoot trefoil* (Spiss e Hittle 1979). Nestas condições o tubo polínico, mesmo após quatro dias de armazenamento, ainda apresentou um razoável comprimento (754.70 μm) de tubo polínico (Fig 5).

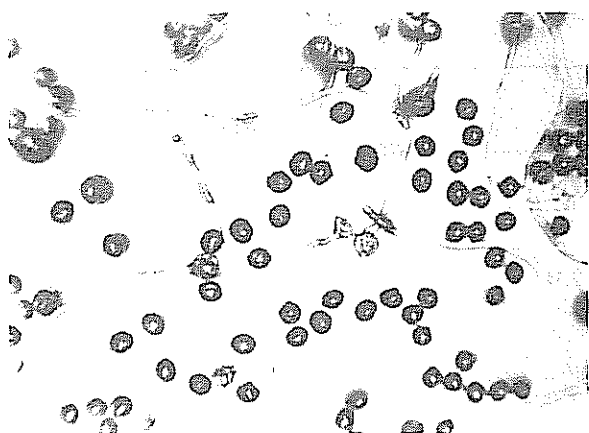


Fig. 5. Germinação do pólen (19.30%) e comprimento do tubo polínico (781.33 μm) do urucueiro preservado a 10°C durante 48 horas (objetiva de aumento 32X).

CONCLUSÕES

- Verificando-se o tempo de armazenamento e a temperatura para preservação de pólen de urucueiro, constatou-se efeito significativo para tempo, temperatura e interação, tempo para percentual de germinação, como para comprimento do tubo polínico.
- Em todos os tempos de armazenamento estudados, verificou-se que a melhor temperatura para a conservação do pólen de urucueiro, foi de -10°C e os maiores percentuais de germinação e comprimento dos tubos polínicos ocorreram quando armazenados por um dia a -10°C.
- Em nenhuma das temperaturas estudadas, o pólen conseguiu manter o mesmo percentual de germinação e comprimento de tubo polínico obtido quando fresco, embora tenha permanecido viável por alguns dias.
- O percentual de germinação e comprimento de tubo polínico para a testemunha foi de 81% e 1320.9 μm respectivamente. Observou-se decréscimo na viabilidade em todos os ambientes estudados

- Preservação do pólen do urucueiro em 0 e 10°C, sem o controle da umidade relativa, não é favorável ao armazenamento.
- Houve uma tendência de diminuir a percentagem de germinação e o comprimento do tubo polínico, a medida em que se aumentou o tempo de preservação.

LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, F.C.G.; HUANG, F.H.; WADDLE, B.A.; LANE, F.E. 1985. Effects of postanthesis storage variables on pollen of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Ciência Agrônômica* 16(2):33-40
- BISSIRI, M.K.; NIK-NEJAD, M. 1976. Effects of temperature and humidity on pollen viability of six rose species. *Canadian Journal of Plant Science* 56:517-523
- DEAN, C.E. 1965. Effects of temperature and humidity on the longevity of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) pollen in storage. *Crop Science* 5:148
- HOEKSTRA, F.A.; BRUINSMA, J. 1975. Respiration and vitality of binucleate and trinucleate pollen. *Physiologia Plantarum* 34:221-225.
- JOHNSON, B.B. 1978. *In vitro* propagation of *Episcia cupreata*. *HortScience* 13(5):596.
- KHAN, M.N.; HEYNE, E.C.; GOSS, A.E. 1971. Effect of relative humidity on viability and longevity of wheat pollen. *Crop Science* 11:125-127.
- KNOWLTON, H.E. 1922. Studies in pollen, with special reference to longevity. Cornell University. Agriculture Experimental Station Memoirs 52:751-793.
- LINSKENS, H.F. 1964. Pollen physiology. *Annual Review Plant Physiology* 14:225-266
- PRUSZINSKY, S. 1960. Sitzungsberichte Österreichische Akademie der Wissenschaften. Mathematik - Naturwissenschaften 1(169):43-100
- SPISS, L.; HITTLE, C.N. 1979. Pollen germination and storage in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). *Acta Agraria et Silvicultura* 17(2):267-276

Respuesta Inicial de Crecimiento a la Fosforita en Teca en los Llanos Occidentales de Venezuela¹

S. Torres*, O. Márquez*, R. Hernández*, W. Franco*

ABSTRACT

Teak (*Tectona grandis* L.f.) fine wood production in forest plantations is an attractive alternative for the Venezuelan western flood plains. In the Ticoporo Forest Reserve, however, its yield is only medium to low. In this study, we analyze the effect of phosphoric rock fertilization on the growth of two-, seven- and twelve- year old teak plantations in alluvial soils, one year after fertilizer application. Three phosphoric rock (28 % P₂O₅, 39% CaO) doses were tested: 0, 370 and 740 kg/ha. In sites with moderate drainage, but not in poorly drained soils, the two-year-old plantations showed a significant response in both diametral (P = 0.0154) and longitudinal growth (P = 0.0052), to the 740 kg/ha fertilization dose. The observed response in moderately drained sites is attributed to better soil aeration and a consequent greater nutrient uptake. We discuss the Ca role as generator of the observed response. The fertilization effect was not observed in older plantations; nonetheless, some evidence suggests that the P effect on aerial biomass could be observed over the long term.

Key words: Forest fertilization, forest plantation, forest soils, thinning, tropics.

RESUMEN

La producción de teca (*Tectona grandis* L.f.) en plantaciones de madera fina es una alternativa atractiva en los llanos occidentales venezolanos. Sin embargo, en la Reserva Forestal de Ticoporo su rendimiento es relativamente moderado a bajo. Se evalúa el efecto de la fertilización con fosforita sobre el crecimiento de plantaciones de teca de 2 años, 7 años y 12 años de edad, en suelos aluviales, un año después de la fertilización. Se probaron tres dosis de fosforita (28% P₂O₅, 39% CaO) 0 kg/ha, 370 kg/ha y 740 kg por hectárea. En suelos con drenaje moderado, mas no con drenaje pobre, las plantaciones con dos años respondieron significativamente, tanto en crecimiento diamétrico (P = 0.0154) como longitudinal (P = 0.0052) a la fertilización con 740 kg por hectárea. La respuesta en los suelos mejor drenados se atribuye a la buena aireación, que se refleja en una mayor absorción de nutrimentos. Se discute el papel del Ca como generador de la respuesta observada. No se encontró influencia del fertilizante en las plantaciones más viejas; no obstante, las evidencias sugieren que el efecto del P sobre la biomasa aérea se manifestaría a largo plazo.

Palabras clave: Aclareo, fertilización forestal, plantaciones forestales, suelos forestales, trópico.

INTRODUCCIÓN

Las existencias de madera de alta calidad disminuyen aceleradamente en Venezuela por el agotamiento de los bosques y su destrucción con fines agropecuarios, especialmente en la región de los llanos occidentales. Por lo tanto, la producción de madera fina de teca (*Tectona grandis* L.f.) en plantaciones a gran escala, en áreas de barbecho y pastizales, parece una alternativa atractiva. No obstante, el crecimiento de esta especie es relativamente moderado a bajo, especialmente en sitios mal drenados.

En los llanos occidentales venezolanos se ha encontrado que los elementos N, P, K y Ca parecen limitar la productividad de la teca (Franco 1982; Hase y Foelster 1983; Hernández *et al.* 1992; Márquez *et al.* 1992). Por lo tanto, se ha propuesto la fertiliza-

¹ Recibido para publicación el 20 de mayo de 1992. Los autores agradecen la participación de J. Fernández, O. Ortega y H. Uzcátegui en la toma de los datos de campo; y de M. Durán y J. Serrano en el procesamiento de datos. Este trabajo fue financiado parcialmente por el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes (CDCHT-ULA), y las empresas FOSFASUROESTE C.A. y CONTACTA.

* Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Silvicultura, Mérida, Mérida 5101, Ven.

ción como una de las estrategias para incrementar la productividad y rentabilidad de estas plantaciones. No obstante, para que la fertilización pueda ser viable debe tomarse en cuenta que la operación debe efectuarse a un bajo costo relativo, el fertilizante debe ser de lenta solubilidad y disponible durante varios años en el suelo y, además, debe proveer el mayor número posible de nutrientes. En Venezuela, la roca fosfórica satisface esos requerimientos (Elizalde 1989).

Por otra parte debe considerarse que, superada la fase de dominancia de la maleza, se intensifica la competencia intraespecífica en plantaciones de teca, lo que determina una drástica reducción del ritmo de crecimiento inicial de las plantaciones a partir de los cinco o seis años de edad (Luque y Vincent 1980; Torres 1982). Ello determina la manipulación de la densidad de vuelo del rodal, a través de aclareos, para mantener un adecuado ritmo de crecimiento de los individuos.

La investigación presentada en este trabajo se enmarca dentro de la línea de trabajo del grupo Productividad, Ecología y Suelos en Plantaciones Forestales Industriales, descrita por Márquez *et al.* (1992). El objetivo específico de este estudio es evaluar, un año después de aplicados los tratamientos, la respuesta de crecimiento de plantaciones de teca a la fertilización con fosforita a los 2 años, 7 años y 12 años de edad, y al aclareo (sólo en la plantación más vieja) y examinar la variación de la respuesta según el tipo de suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Area de estudio

El estudio se realizó en la Unidad II de la Reserva Forestal de Ticoporo (40 775 ha, 160 msnm, 70° 56'O, 8° 12'N), administrada por la empresa Contraenchapados Táchira C.A. (CONTACA). La descripción general de esta área puede encontrarse en Márquez *et al.* (1992).

En esta unidad se encuentran unas 7000 ha de plantaciones a campo abierto, y las más viejas datan del año 1973. Un 40% de esta superficie corresponde a plantaciones de teca. Previo al establecimiento de las plantaciones, y a la actividad agropecuaria extensiva, el sitio soportó un bosque húmedo tropical

estacional semi-siempreverde, según la terminología de Walter (1984). El tipo de plantón utilizado en todos los casos fue un tocón ("stump") corto. El espaciamiento inicial de la plantación fue de 3 m x 3 m (1111 plantas por hectárea).

Los ensayos de fertilización y aclareo se ubicaron en plantaciones con edades de 2 años, 7 años y 12 años, sobre los dos tipos de suelo más extensamente plantados con teca; uno moderadamente bien drenado y otro pobremente drenado. La caracterización física de estos tipos se ha realizado (Hernández *et al.* 1992). Estos inceptisoles poseen características químicas similares (Márquez *et al.* 1992).

Los sitios para el establecimiento de los ensayos se seleccionaron con base en la disponibilidad de las plantaciones y un muestreo de suelos por medio de barrenos y calicatas.

Diseño experimental y aplicación de tratamientos

En la plantación de 12 años se probaron tres niveles de fosforita micronizada: 0 kg/ha, 370 kg/ha y 740 kilogramos por hectárea. Estas dosis se escogieron tomando como referencia estudios realizados con cultivos agrícolas permanentes con base en las necesidades del suelo (Avilán 1989; Casanoya 1989; Gilberth *et al.* 1989). Además, para esta edad, se aplicaron dos tratamientos de aclareo: (a) sin aclareo y (b) reducción del área basal a 16 m²/ha en sitios moderadamente bien drenados y a 14 m² en sitios pobremente drenados. Considerando experiencias anteriores se estimó que estos niveles de área basal reducen sensiblemente la competencia en plantaciones de teca (Lowe 1976; Torres 1982; Vincent 1989).

Estas seis combinaciones de niveles de fertilización y espesura de la plantación se asignaron de manera completamente aleatoria a tres parcelas cuadradas (replicaciones) de 12 árboles x 12 árboles (144 árboles en 0.13 ha), con un borde de aislamiento de tres hileras.

En la plantación de dos años se aplicaron sólo los tres niveles de fosforita señalados. Se utilizó también solamente un diseño completamente al azar con tres réplicas por tratamiento, pero se usaron parcelas más pequeñas de 8 árboles x 8 árboles (64 árboles en 0.06 ha), con una hilera como borde de aislamiento.

Debido a limitaciones de superficie, en la plantación con siete años, se probaron únicamente los niveles de fosforita de 0 kg/ha y 370 kg/ha en el sitio con drenaje moderado, y de 0 kg/ha y 740 kg/ha en el pobremente drenado. El número de réplicas fue variable y el tamaño de las parcelas fue de 0.13 hectáreas.

En julio de 1990, el fertilizante se aplicó manualmente en surcos entre hileras, a unos 15 cm de profundidad. La fosforita provino del yacimiento Colón-San Pedro de Río (estado Táchira), y fue suministrada por la empresa FOSFASUROESTE C.A. con un contenido de 28% de P_2O_5 y 39% de CaO en ese mismo año; en agosto se realizó el aclareo en las parcelas que recibieron el tratamiento de 1978. El raleo redujo la densidad de vuelo a unos 550 árboles por hectárea (un 50% de la densidad inicial). Los individuos eliminados fueron aquellos suprimidos, bifurcados, de fuste torcido, o individuos con fuste de tamaño y rectitud aceptable, pero en capacidad de competir con otros más promisorios.

Mediciones

Las parcelas se midieron inicialmente en mayo y junio de 1990, y luego en marzo de 1991. De los parámetros considerados para los fines de este trabajo en las plantaciones de 1983 y 1978, se midió (mm) la circunferencia a la altura de pecho (c) de todos los fustes y la altura total (h) en decímetros de 32 árboles escogidos al azar. En las plantaciones de 1988 se midió la circunferencia (mm) de todos los fustes, a una altura de 10 cm ($C_{0.10h}$) sobre el suelo; y la altura total (h) en todos los árboles (cm).

Análisis estadístico

El efecto de los tratamientos aplicados en la plantación de 1988 se determinó con un análisis de variancia de una sola vía para las variables dependientes, diámetro promedio y altura promedio. Con la prueba de Duncan se detectaron las diferencias entre los tratamientos.

En la plantación de 1978 se analizaron los efectos de la fertilización y el aclareo con el procedimiento ANOVA, utilizando SAS (1988); mientras que para la plantación de 1983 se aplicó la prueba "t" a la variable diámetro promedio con el objeto de comparar los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la plantación de tecla, con tres años de establecida en el sitio con drenaje moderado, el diámetro ($d_{0.10h}$) de las parcelas fertilizadas con 740 kg de fosforita fue 1.4 veces superior al control y a las tratadas con 370 kilogramos por hectárea. Esta diferencia fue significativa ($P = 0.0154$) (Cuadro 1). De manera similar, la altura promedio fue 1.7 veces mayor en las parcelas fertilizadas con la dosis más alta. Esa diferencia también resultó significativa ($P = 0.0048$). Estos resultados contrastaron con los reportados por Briscoe e Ybarra-Coronado (1972), quienes fertilizaron plantaciones de tecla entre 3 y 16 años de edad y obtuvieron sólo pequeñas respuestas al P y K con grandes dosis de N, P, K, Ca y Mg. Aunque Kishore (1987) indica, en plantaciones de la misma especie sobre suelos pobres en fósforo, una respuesta significativa en el crecimiento longitudinal con la aplicación de fosfato diamónico durante los dos primeros años de la plantación. Sin embargo, las respuestas al superfosfato simple y a la roca fosfórica fueron considerablemente inferiores.

Cuadro 1. Diámetro ($d_{0.10h}$) y altura total (h) promedio de árboles de tecla en una plantación de tres años de edad en sitios con drenaje moderado, un año después de la fertilización con fosforita.

A. Diámetro y altura				
Tratamiento (kg/ha fosforita)	$d_{0.10h}$ (cm)	h (m)		
0	5.62b	1.88b		
370	5.55b	1.93b		
740	7.63a	3.16a		

B. Análisis de variancia para el diámetro				
Fuente de variación	GL	CM	Fc	P > F
Tratamientos	2	4.2819	9.07	0.0154
Error	6	0.4723		
Total	8			

Nota: Medias con la misma letra no difieren significativamente entre sí ($P < 0.05$ según la prueba de Duncan).

Para la misma edad de tres años, pero en un sitio pobremente drenado, las pequeñas diferencias en diámetro no fueron significativas ($P = 0.1999$).

(Cuadro 2). Las diferencias para la altura promedio fueron ligeramente mayores, pero tampoco resultaron significativas ($P = 0.2017$).

Cuadro 2. Diámetro ($d_{0.1h}$) y altura total (h) promedio de árboles de teca en una plantación de tres años de edad en sitios pobremente drenados, un año después de la fertilización con fosforita.

A. Diámetro y altura				
Tratamiento (kg/ha fosforita)	$d_{0.1h}$ (cm)	h (m)		
0	5.71 (0.77)	2.27 (0.65)		
370	6.76 (0.48)	2.99 (0.24)		
740	6.48 (0.65)	2.82 (0.35)		

B. Análisis de variancia para el diámetro				
Fuente de variación	GL	CM	Fc	P > F
Tratamientos	2	0.8781	2.13	0.1999
Error	6	0.4121		
Total	8			

Nota: Los valores entre paréntesis representan la desviación estándar

Cuadro 3. Diámetro (d) promedio de árboles de teca en una plantación de ocho años en sitios con drenaje moderado y pobre, un año después de la fertilización con fosforita.

A. Diámetro (cm)				
Tratamiento (kg/ha fosforita)	Drenaje moderado	Drenaje pobre		
0	11.65	8.12		
370	11.72	-		
740	-	8.42		

B. Comparaciones de medias (prueba "t" de Student)				
Contrastes	GL	tc	t_{tab}	Sign
Drenaje moderado o vs 370 kg/ha	5	0.1421	2.577	NS
Drenaje pobre o vs 740 kg/ha	8	1.0182	2.306	NS
Moderado vs pobre (control)	5	10.7300	2.577	*

En la plantación de ocho años tampoco se observó un efecto de la fertilización en ambos sitios; aunque el diámetro (d) fue significativamente superior en el sitio moderadamente bien drenado (Cuadro 3).

En la plantación de 13 años se observó un efecto del aclareo en ambos sitios, sobre el diámetro de los árboles, significativo en el sitio pobremente drenado ($P = 0.0337$); sin embargo, esto se considera una consecuencia de la eliminación de individuos de diámetros pequeños en el aclareo reciente, más que una respuesta del crecimiento (Cuadros 4 y 5). En esta plantación, los efectos de la fertilización y la interacción fertilización-aclareo sobre el crecimiento diamétrico no resultaron significativos.

Cuadro 4. Diámetro (d) promedio de árboles de teca en plantaciones de 13 años sobre suelos con drenaje moderado y pobre, un año después de la fertilización con fosforita y el raleo.

Fertilización Fosforita (kg/ha)	Sitio con drenaje			
	Moderado Aclareo		Pobre Aclareo	
	No	Sí	No	Sí
0	18.47	20.50	15.43	16.43
370	19.03	20.07	15.83	16.87
740	18.70	19.87	16.30	16.97

Cuadro 5. Análisis de variancia de diámetro (d) promedio de árboles de teca en plantaciones de 13 años sobre suelos con drenaje moderado y pobre, un año después de la fertilización con fosforita y el raleo.

A. Sitio con drenaje moderado				
Fuente de variación	GL	CM	Fc	P > F
Fertilización	2	0.1156	0.07	0.9290
Aclareo	1	8.9606	5.75	0.0337
Fertilización y aclareo	2	0.4422	0.28	0.7579
Error	12	1.5589		

B. Sitio con drenaje pobre				
Fuente de variación	GL	CM	Fc	P > F
Fertilización	2	0.7439	0.57	0.5827
Aclareo	1	3.6450	2.77	0.1219
Fertilización y aclareo	2	0.0617	0.05	0.9544
Error	12	1.3161		

Los resultados alcanzados en la plantación de tres años sobre suelos moderadamente bien drenados demuestran que el fertilizante tuvo efecto sobre el crecimiento de la teca, a pesar de su aplicación relativamente reciente y de la lenta liberación del P contenido en la fosforita micronizada no acidulada.

El experimento no permitió discriminar si este efecto se debió al Ca, al P o a la combinación de ambos; sin embargo, está bien documentado que la teca es una especie calcícola (Geihel 1977; Márquez *et al.* 1992; Nath *et al.* 1988). Por lo tanto, es probable que el efecto se debió más bien al Ca que al P, ya que este elemento presentó bajos niveles en el suelo (2.80 mEq/100g) antes de aplicar la fosforita.

La respuesta observada a los tres años en el sitio moderadamente bien drenado, pero no en el pobremente drenado, puede atribuirse a una mejor aireación, que se reflejaría en una mayor absorción de nutrientes.

La ausencia de una respuesta al fertilizante en las plantaciones de mayor edad (8 años y 13 años) puede atribuirse a que las plantas tienen una menor demanda relativa de nutrientes y su ritmo de crecimiento es más lento que en las más jóvenes, por lo que el efecto de la fertilización en las plantaciones con mayor desarrollo puede manifestarse posteriormente. Al respecto, se debe señalar que Mothes *et al.* (s.f.) encontraron respuesta al nivel de biomasa radicular en la plantación de 13 años, seis meses después de iniciado un bioensayo con fosforita; ello sugiere un posible efecto del P a largo plazo en la biomasa aérea; especialmente, si se considera que los niveles de P disponible a los 12 años (1.13 ppm) son inferiores que a los dos años (3.11 ppm), según lo reportado por Márquez *et al.* (1992). Además, la restitución de este nutriente al suelo, mediante la hojarasca de teca, es muy baja comparada con las proporciones de N, Ca y Mg (Hase y Foelster 1983). El P tiende a acumularse en el tallo de los árboles (Ballard 1986).

En conclusión, los resultados obtenidos revelan como promisorio la fertilización con fosforita en plantaciones de teca, especialmente en rodales jóvenes. Esa respuesta en la plantación más joven podría relacionarse con un requerimiento mayor de nutrientes en la fase de desarrollo, con el alcance de la etapa reproductiva y con niveles más bajos en los sitios con drenaje interno medio. Actualmente se ade-

lantando los análisis foliares de estas plantaciones para detectar posibles variaciones después de la fertilización, que contribuyan a la explicación de esta respuesta.

LITERATURA CITADA

- AVILAN, L. 1989. La fertilización fosforada en los cultivos permanentes más importantes en Venezuela. In Seminario de Fósforo en la Agricultura Venezolana (1., 1989, Caracas, Ven.) Memoria Caracas, Ven., Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo p 162-186.
- BALLARD, R. 1986. Phosphorus nutrition and fertilization of forest trees. In The role of phosphorus in agriculture. E. Khasawneh, E.C. Sample, E.J. Kamprath (Eds.) Madison, Wisconsin, EE.UU. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America p 763-804.
- BRISCOE, C.B.; YBARRA-CORONADO, R. 1972. Increasing growth of established teak. Commonwealth Forestry Review (G.B.) 5(150):290-294.
- CASANOVA, E. 1989. Efectividad agronómica de las rocas fosfóricas venezolanas. In Seminario de Fósforo en la Agricultura Venezolana. (1., 1989, Caracas, Ven.) Memoria Caracas, Ven., Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo p 255-278.
- ELIZALDE, G. 1989. Características geológicas, químicas y mineralógicas de las rocas fosfóricas venezolanas, en relación a su uso agrícola. In Seminario de Fósforo en la Agricultura Venezolana (1., 1989, Caracas, Ven.) Memoria Caracas, Ven., Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo p. 196-208.
- FRANCO, W. 1982. Estudio y levantamiento de sitios en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo Mérida, Ven., Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Silvicultura. 183 p.
- GANGOPADHYAY, S.K.; NATH, S.; BANERJEE, S. 1987. Nature and properties of some introduced teak (*Tectona grandis*) growing soils of north-west Bengal. Indian Forester (India) 113:65-72.
- GEIHEL, F. 1977. Materia orgánica y nutrientes devueltos al suelo mediante la hojarasca de diversas especies forestales. Revista Forestal Baracoa (Cuba) 7(3-4):15-38.
- GILBERTH, J.; PEREZ, R.; ROJAS, I.; COMERMA, J.; SANCHEZ, A. 1989. Necesidades de fósforo de los suelos venezolanos en función de las características de los suelos y requerimientos de los cultivos. In Seminario de Fósforo en la Agricultura Venezolana (1., 1989, Caracas, Ven.) Memoria Caracas, Ven., Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo p 58-75.

- HASE, H.; FOELSTER, H. 1983. Impact of plantation forestry with teak (*Tectona grandis*) on the nutrient status of young alluvial soils in west Venezuela. *Forest Ecology and Management* (Holanda) 6:33-57.
- HERNANDEZ, R.; TORRES, A.; MARQUEZ, O.; FRANCO, W. 1992. Relación entre la concentración foliar de nutrientes y el crecimiento en plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en la Reserva Forestal de Ticoporo, Venezuela.
- KISHORE, N. 1987. Preliminary studies on the effect of phosphatic fertilizer on teak plantation. *Indian Forester* 113 (6):391-394.
- LOWE, R. 1976. Teak (*Tectona grandis* L.f.) thinning experiments in Nigeria. *Commonwealth Forestry Review* 55 (3):189-202.
- LUQUE, R.; VINCENT, L. 1980. Informe técnico sobre el proyecto de aclaro a realizar en las plantaciones experimentales de teca en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo. Mérida, Ven., Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Centro de Estudios de Postgrado. 15 p.
- MARQUEZ, O.; HERNANDEZ, R.; TORRES, A.; FRANCO, W. 1992. Cambios de las propiedades físico-químicas de los suelos en una cronosecuencia de *Tectona grandis* en los llanos occidentales de Venezuela.
- MOTHES, M.; CUEVAS, E.; FRANCO, W. s.f. Bioensayo con fosforita en plantaciones de teca en la Reserva Forestal de Ticoporo. In Reunión Latinoamericana de Roca Fosfórica. (2., 1991, San Cristobal, Ven.). Memoria. En preparación.
- NATH, S.; BANERJEE, M.; MCHATTORAJ, G.; GANGULY, S.; DAS, P.; NANERJEE, S. 1988. Changes in soil attributes consequent upon differences in forest cover in a plantation area. *Journal of Indian Society of Soil Science* 36:515-521.
- SAS INSTITUTE. 1988. SAS/STAT user's guide, Release 6.03 Ed. Cary, North Caroline, EE UU, SAS Institute Inc. 378 p.
- TORRES, A. 1982. Influencia del sitio y la espesura en el crecimiento de plantaciones de *Tectona grandis* en Caparo, Venezuela. Mérida, Ven., Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Silvicultura. 67 p.
- VINCENT, L. W. 1989. El raleo en plantaciones jóvenes de teca en la Reserva Forestal de Caparo, Venezuela. Mérida, Ven., Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Cuadernos Comodato ULA-MARNR no. 17. 39 p.
- WALTER, H. 1984. Vegetation of the earth and ecological systems of the geo-biosphere. 5 ed. Trad. del alemán y rev. por Owen Muise. Berlin, Springer-Verlag. 318 p.

RESEÑA DE LIBROS

STUDIA OECOLOGICA. 1991. España, Universidad de Salamanca. v. 8. 249 p.

Studia Oecologica es una publicación periódica sobre estudios de ecología de la Universidad de Salamanca, España.

Los trabajos que se recogen en este volumen de Studia Oecologica forman parte de las comunicaciones presentadas en las III Jornadas de Ecología Terrestre, auspiciadas por la Asociación Española de Ecología Terrestre, llevadas a cabo en León, del 16 al 20 de setiembre de 1991.

De los 22 trabajos publicados, 19 corresponden a ecología vegetal. De éstos, 10 se refieren a los sis-

temas forestales, tanto en los aspectos del suelo como sobre diversidad, dinámica poblacional, floración, productividad y mortalidad de las especies vegetales. Los nueve restantes se relacionan con el desarrollo y la dinámica estructural de distintas formas de vida.

Solamente tres trabajos están asociados a la ecología animal y a la diversidad de la colembofauna en suelos de encinar, la mortalidad de aves esteparias y la efectividad de insectos polinizadores.

NEVER BONINO
INSTITUTO NACIONAL
DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA
ARGENTINA

Impacto Económico del Daño por Defoliadores en Plantaciones de *Pinus patula*¹

J. I. del Valle*, A. Madrigal**

ABSTRACT

The economic impact of defoliating measuring worms (Geometridae) in a 11-year-old *Pinus patula* plantation was monitored from March 9, 1983 to May 1987, in the mountainous region of the department of Antioquia, Colombia. Six non-defoliated 153.9 m² plots, and five defoliated plots were selected. Measurements in volume and diameter (dbh) of the cumulative, mean and current growth were taken initially and at 8.8, 18.1, 31.5 and 50.4 months. Data analysis was done by an unpaired test. There was no significant difference in volume or diameter after the third measurement (18.1 months), so there was no economic impact due to defoliation. Also, a greater slope was found for the mean and current rates of growth of defoliated plots, interpreted as a fertilization effect caused by the foliage and other detritus produced by the insect pest initially. In conclusion, the costs of rigorous integrated pest control in these plantations greatly exceed the costs of damage caused by these insects, as shown by our statistical results.

Key words: Defoliators, *Pinus patula*, Geometridae, economic impact, *Oxydia trychiata*, *Melanolophia commotaria*, measuring worms.

INTRODUCCIÓN

Desde la primera aparición registrada de defoliadores en las plantaciones forestales en Colombia (1953), con un severo ataque del geometrídeo *Oxydia trychiata* (Gueneé) al ciprés en Caldas (Antioquia), ha habido un justificado temor de los reforestadores, el que aumenta con la cantidad de

RESUMEN

Este trabajo, realizado en las zonas altas de Antioquia, Col., evaluó el impacto causado por defoliadores Geometridae en una plantación de *Pinus patula* con once años de edad. El experimento se inició el 9 de marzo de 1983, con el estudio del crecimiento acumulado, medio y corriente en el diámetro (dap) y el volumen, realizado a los 8.8 meses, 18.1 meses, 31.5 meses y 50.4 meses. Con ese fin, se establecieron seis parcelas permanentes de 153.9 m² en la parte no defoliada de la plantación y cinco en la parte que sufrió una defoliación casi total, procurando una adecuada representación de los diferentes sitios. El experimento se evaluó mediante Prueba de T para datos no pareados. Como no se produjo ningún impacto económico por la defoliación, los resultados permitieron afirmar que no hubo diferencias significativas para ninguna de las variables evaluadas a partir de la tercera medición (18.1 meses). Se determinó, además, que las parcelas defoliadas presentaron mayores pendientes en las curvas de sus tasas de crecimiento medio y corriente, debido a un efecto de fertilización del follaje y otros detritos producidos por la plaga al principio del experimento. Se concluyó que, aunque no se tuviesen en cuenta los resultados estadísticos, los costos de un manejo integrado riguroso -como el que se efectúa en algunas plantaciones- sobrepasarían ampliamente el costo del daño causado por estos insectos.

Palabras clave: Defoliadores, *Pinus patula*, *Oxydia trychiata*, *Melanolophia commotaria*, impacto económico, gusanos medidores, Geometridae.

poblaciones de este insecto-plaga y el impacto visual que produce la defoliación total de las plantaciones. A pesar de esto, nada se ha hecho para determinar su incidencia económica o, por lo menos, su impacto en la disminución o no de las tasas de crecimiento de las plantaciones en los años siguientes a la defoliación.

Puesto que el *P. patula* rara vez muere por el daño que le ocasionan los defoliadores, más bien tiende a recuperarse produciendo nuevos brotes de hojas, y como este tipo de defoliadores sólo consume una mínima porción de las acículas, ya que las corta cerca de su base y caen al suelo, donde también yacen abundantes excrementos, exuvias y cadáveres de lar-

¹ Recibido para publicación el 6 de marzo de 1992

* Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Apartado Aéreo 568.

** Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Apartado Aéreo 3840

vas, se estableció como hipótesis que la tasa de crecimiento de la plantación debería ser muy baja mientras se mantuviera defoliada, pero la acumulación de biomasa foliar, cadáveres y excrementos ricos en nutrientes puede actuar en el futuro como un fertilizante.

A principios de 1983 se encontró el inicio de un brote de *O. trychiata* y *M. commotaria* en plantaciones de *P. patula* con 11 años de edad en el municipio de Santa Rosa de Osos, departamento de Antioquia. En mayo de ese año, la plantación se encontraba casi totalmente defoliada como efecto de la primera generación de la plaga después de iniciado el brote. Posteriormente, los árboles empezaron a rebrotar para sufrir un nuevo ataque, que se detectó en junio. De ahí en adelante no ocurrieron más ataques de la plaga y la plantación afectada recuperó totalmente su follaje.

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la evolución, durante cuatro años, de las tasas de crecimiento en diámetro y volumen de parcelas en una plantación de *P. patula*, atacada por los defoliadores *O. trychiata* y *M. commotaria*, y comparar esas medidas con las de las parcelas no atacadas de la misma plantación, así como evaluar el impacto económico atribuible a la plaga.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección y medición de parcelas

Se establecieron parcelas permanentes circulares de 7 m de radio y 153.9 m² de área. Se midieron los árboles con cinta diamétrica metálica con una precisión de 0.5 mm a 1.30 m sobre el suelo. Se pintó una franja con pintura de aceite amarilla exactamente en el sitio de la primera medición; se marcó en forma permanente con un número y se le midió la altura con hipsómetro Blume Laiss con precisión de 0.5 metros.

Se trató de establecer pares de parcelas, una atacada y otra no atacada por la plaga, en condiciones de pendiente y forma de la pendiente tan similares como fuesen posibles. Sin embargo, para la segunda medición y siguientes sólo se dispuso de seis parcelas permanentes no defoliadas y cinco defoliadas. El número de árboles en cada parcela varió desde un mínimo de 18 árboles hasta un máximo de 26 árboles con un promedio de 22 árboles.

Con posterioridad a la primera medición (9 de marzo de 1983), las parcelas se midieron nuevamente en las siguientes fechas: 2 de diciembre de 1983, 12 de setiembre de 1984, 23 de octubre de 1985 y 20 de mayo de 1987.

Determinación del volumen

Para determinar el volumen comercial de cada árbol se empleó una ecuación local de volumen para la especie con base en el diámetro y la altura de cada individuo (Mariño 1985).

Para calcular las verdaderas producciones de las parcelas se debe agregar al crecimiento en volumen un período determinado así como el volumen de los árboles cortados, el de los muertos durante ese tiempo y el de los vivos al principio del ciclo.

En el Cuadro 1 se registra el volumen de los árboles cortados en este ensayo. El cálculo es una simplificación de la propuesta de Beers (1962), en la que el crecimiento en volumen de una parcela ΔV se expresa como:

$$\Delta V = (V_2 + V_c) - V_1,$$

donde: V_2 = volumen al final del período,
 V_1 = volumen al principio del período,
 V_c = volumen cortado durante el período.

El volumen de los árboles cortados se determinó mediante las dimensiones que tenían en el momento de su última medición.

Cuadro 1. Volumen (m³) cortado durante cada período y el número de árboles cortados por parcela (entre paréntesis).

Parcela	Fecha de término de cada período (Inicio 9/3/83)		
	12/9/84	23/10/85	20/5/87
6			0.13129(2)
7			0.19295(1)
8			0.32147(1)
10			0.099251(1)
11	0.04996(1)	0.24871(4)	—

Análisis estadístico

Se empleó una Prueba de T de Student para datos no pareados con seis repeticiones en parcelas no defoliadas y cinco en las defoliadas (Freeze 1967). La información analizada consistió en tasas de crecimiento diametral, y volumétrico medio y corriente, durante los diferentes períodos de medición a partir de la primera.

Para los cálculos financieros se tuvo en cuenta que el precio actual (1990) de la madera para pulpa puesta en planta, en pesos colombianos, es de \$C8600 la tonelada o de US\$15.12, cantidad que en 1987 era de \$C3500 la tonelada; eso equivalía a US\$13.50 en ese año. Con esta base, y empleando la fórmula del interés compuesto anual, se encontró que la tasa de descuento para la madera para pulpa ha sido del 34% en pesos colombianos y de 3.84% en dólares estadounidenses.

Se estableció, además, que el precio para la madera en pie, en un sitio como en el que se realizó este estudio, es en la actualidad de \$C3500 la tonelada (US\$6.18). Otros productos que se pueden extraer de estos bosques son pagados un 25% más alto por tonelada como promedio máximo; esto es \$C4375 ó US\$7.73 dólares.

Con base en diferentes indagaciones, se encontró que, dependiendo de varios factores, las demás producciones de una plantación de pino tal como la del estudio podrían oscilar entre un 10% y un 30% del volumen; por esa razón, se simuló producciones adicionales de 10%, 20% y 30 por ciento. Finalmente se estimaron los ámbitos de eficacia para un eventual combate de defoliadores en términos del crecimiento acumulado: 90% para el mejor control y hasta 50% para un control poco eficaz. El factor empleado para transformar metros cúbicos de madera en toneladas fue de 0.7.

Tomando en cuenta esa información se simuló una serie de situaciones viables y se discutió la factibilidad económica para el control del defoliador.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cuadros 2 y 3 y las figuras 1 y 2 muestran que no hubo diferencia significativa entre tratamientos y, por lo tanto, se puede concluir que el daño de la plaga no produjo ningún efecto en el crecimiento volumétrico en este experimento; así que su impacto económico es mínimo. Esta conclusión podría considerarse apresurada por estar sometida por lo menos a

Cuadro 2. Diámetro (cm) de los árboles según la fecha de medición.

Parcelas	Núm.	Mediciones y fechas				
		I 9/3/83	II 2/12/83	III 12/9/84	IV 23/10/85	V 20/5/87
No defoliadas	1	19.65	19.87	20.10	21.03	21.88
	3	19.87	20.32	21.00	22.04	23.36
	5	19.42	19.54	19.81	20.09	20.83
	6	13.44	13.68	14.05	14.74	15.27
	8	18.22	18.39	18.62	19.41	20.50
	9	17.66	17.83	17.95	18.59	19.38
\bar{x}		18.04	18.27	18.59	19.32	20.20
Defoliadas	2	17.98	18.10	18.28	18.98	20.20
	4	14.13	14.18	14.74	15.54	16.46
	7	18.11	18.30	18.44	19.04	20.17
	10	18.16	18.24	18.52	19.05	20.00
	11	17.38	17.35	17.45	17.87	—
\bar{x}		17.15	17.23	17.49	18.10	19.16
tc		0.689	0.796	0.853	0.937	0.235
t 0.05		2.262	2.262	2.262	2.262	2.306
Significancia		n s	n s	n s	n s	n s

Cuadro 3. Volumen con corteza (m³) de las parcelas en cada una de las mediciones y fechas de medición.

Parcela	Núm.	Mediciones y fechas				
		9/3/83	2/12/83	12/9/84	23/10/85	20/5/87
No defoliadas	1	4 3718	4.4964	4.6836	5.1838	5.7151
	3	3 6361	3.8586	4.1863	4.7291	5.4737
	5	3 7427	3.8042	3.9329	4.0610	4.4219
	6	1 8598	1.9442	2.0941	2.3865	2.6389
	8	4.3632	4.4832	4.6392	5.1557	5.8920
	9	3.5023	3.5876	3.6497	4.0087	4.4531
\bar{x}		3.5794	3.6957	3.8643	4.2541	4.7658
Defoliadas	2	3.9396	4.0158	4.1311	4.5654	5.2535
	4	2.0961	2.0920	2.3241	2.7097	3.1298
	7	3.6497	3.7591	3.8434	4.1371	4.7897
	10	3.2905	3.3282	3.5016	3.7419	4.2437
	11	3.1258	3.1177	3.1694	3.3675	—
\bar{x}		3.2194	3.2626	3.3940	3.7043	4.3542
t _c		0.716	0.836	0.913	0.993	0.573
t 0.05		2.262	2.262	2.262	2.262	2.306
Significancia		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

dos críticas. La primera es que la prueba de datos pareados es más sensible; ello significa que es capaz de detectar diferencias reales más pequeñas que los datos no pareados empleados en este trabajo. Constituye una crítica de poco peso porque las diferencias entre los respectivos valores de T fueron de gran magnitud; la T calculada fue de tres a diez veces menor que la tabular.

La otra, podría ser que el diámetro y el volumen acumulados tienden a disfrazar eventuales diferencias en sus tasas de crecimiento medias y corrientes. Para dilucidar este asunto, se calcularon esos crecimientos y se sometieron a un análisis estadístico como se explica a continuación.

En los cuadros 4 y 5 se presentan las tasas de crecimiento medio a partir de la primera medición. Se tiende a eliminar en gran medida los efectos de las condiciones iniciales y mostrar sólo el efecto o crecimiento durante cada período considerado. El cambio con respecto al primer análisis es notorio, durante el primer período de 8.8 meses, que las parcelas no defoliadas crecieron casi tres veces más en diámetro y en volumen en relación con las defoliadas. Algunas tuvieron incluso crecimientos negativos en este período. La Prueba de T indicó diferencias significati-

vas para la tasa de crecimiento diametral; la tasa de crecimiento del volumen, aunque aumentó considerablemente el valor de t, no alcanzó a ser significativa.

Si se observan estos dos últimos cuadros, la evolución de las medias de los diámetros, los volúmenes y las "t" calculadas se puede verificar que el crecimiento medio aumenta en una tasa mayor en las parcelas defoliadas que en las no defoliadas. Esto significa que crecen más rápido. Simultáneamente las "t" calculadas superiores a dos disminuyen a valores inferiores a uno. Después del primer período, esa medición en ningún caso es significativa.

Se confirma que la pendiente de las líneas de crecimiento medio de las parcelas defoliadas es superior (Figs. 1 y 2). Ello implica una tasa de crecimiento mayor que la de las parcelas no defoliadas. Al final del experimento, después de 4.2 años, las tasas medias fueron casi iguales (0.514 vs. 0.492 cm/a; 0.2825 vs. 0.2646 m³ por parcela al año, respectivamente).

Se comprueba la hipótesis inicial de que las parcelas defoliadas aumentarían su tasa de crecimiento una vez recuperadas las hojas y manifestado el efecto

Cuadro 4. Tasas medias de crecimiento anual del diámetro (cm) con base en la primera medición.

Parcela	Núm.	Mediciones y fechas Pares de mediciones			
		II vs I	III vs I	IV vs I	V vs I
No defo- liadas	1	0.300	0.300	0.527	0.531
	3	0.613	0.753	0.828	0.831
	5	0.614	0.260	0.256	0.336
	6	0.327	0.407	0.496	0.436
	8	0.232	0.267	0.454	0.543
	9	0.232	0.193	0.355	0.409
\bar{x}		0.311	0.363	0.486	0.514
Defo- liadas	2	0.164	0.200	0.382	0.486
	4	0.068	0.407	0.538	0.555
	7	0.259	0.220	0.355	0.490
	10	0.109	0.240	0.340	0.438
	11	-0.041	0.047	0.187	—
\bar{x}		0.112	0.223	0.360	0.492
tc		2.361	1.329	1.242	0.243
t 0.05		2.262	2.262	2.262	2.262
Significancia		*	n s	n s	n s

Cuadro 5. Tasa media de crecimiento anual del volumen comercial con corteza (m³) por parcela, con base en la primera medición.

Parcela	No.	Pares de mediciones			
		II vs I	III vs I	IV vs I	V vs I
No defo- liadas	1	0.1699	0.2079	0.3099	0.3198
	3	0.3034	0.3668	0.4172	0.4375
	5	0.0839	0.1268	0.1215	0.1617
	6	0.1151	0.1562	0.2010	0.1855
	8	0.1636	0.1840	0.3025	0.3640
	9	0.1163	0.0983	0.1933	0.2264
\bar{x}		0.1587	0.1900	0.2576	0.2825
Defo- liadas	2	0.1039	0.1277	0.2388	0.3128
	4	-0.0056	0.1520	0.2342	0.2461
	7	0.1557	0.1326	0.1879	0.2726
	10	0.0518	0.1407	0.1723	0.2269
	11	-0.0110	0.0291	0.0922	—
\bar{x}		0.0588	0.1164	0.1851	0.2646
tc		2.191	1.554	1.355	0.311
t 0.05		2.262	2.262	2.262	2.306
Significancia		n s	n s	n s	n s

de fertilización, como producto de la descomposición de la hojarasca y otros detritos depositados en el suelo por la acción de los defoliadores. La gran diferencia en las tasas de crecimiento durante el primer año se debió a que, durante algún tiempo, los árboles estuvieron defoliados y los residuos orgánicos aún no se habían incorporado.

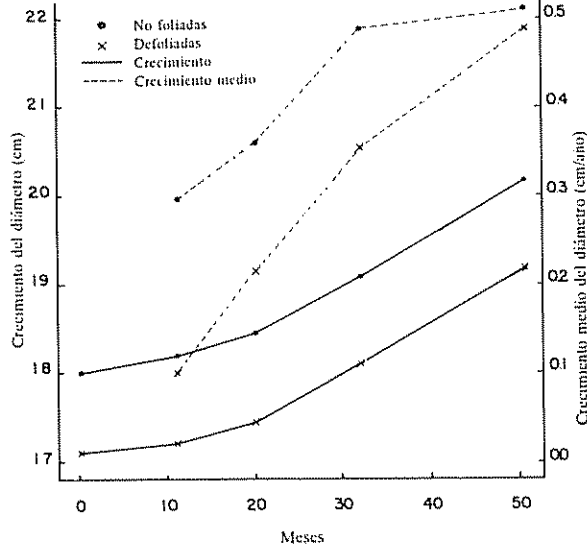


Fig. 1. Crecimiento diametral y tasa de crecimiento medio al final de cada período de mediciones en las parcelas defoliadas y no defoliadas.

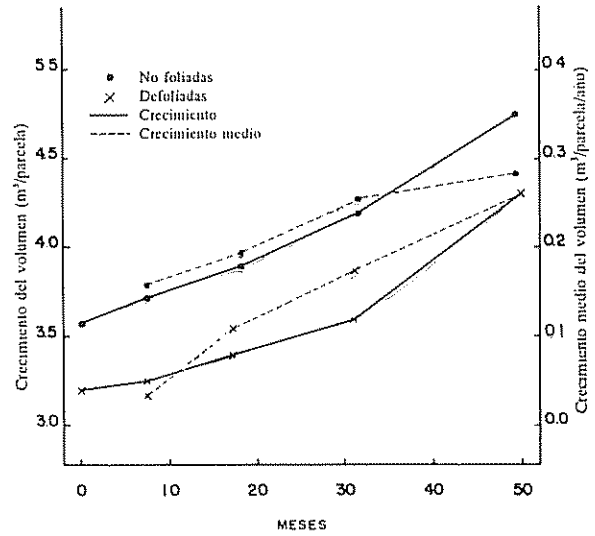


Fig. 2. Crecimiento volumétrico en las parcelas defoliadas y no defoliadas así como su tasa de crecimiento medio al final de cada período de medición.

El efecto empezó a verse a partir del segundo período de manera muy notoria. Los resultados logrados hicieron necesario conocer con más detalle las tasas de crecimiento, ya no medias, sino corrientes. Con esto se buscó aislar la tasa de crecimiento de las de los periodos anteriores (Cuadros 6 y 7). Obviamente la tasa de crecimiento corriente del primer pe-

Cuadro 6. Tasa de crecimiento corriente anual del diámetro (cm/año) entre los pares de mediciones señaladas.

Parcela	Núm.	Pares de mediciones			
		II vs I	III vs I	IV vs III	V vs IV
No defoliadas	1	0.300	0.297	0.833	0.540
	3	0.613	0.877	0.931	0.838
	5	0.164	0.348	0.251	0.470
	6	0.327	0.477	0.618	0.366
	8	0.232	0.297	0.704	0.692
	9	0.232	0.155	0.573	0.501
\bar{x}		0.311	0.4085	0.652	0.568
Defoliadas	2	0.164	0.232	0.627	0.660
	4	0.068	0.722	0.716	0.584
	7	0.259	0.181	0.537	0.717
	10	0.109	0.361	0.475	0.603
	11	-0.041	0.129	0.376	—
\bar{x}		0.112	0.325	0.546	0.641
t_c		2.361	0.561	0.882	-0.815
$t_{0.05}$		2.262	2.262	2.262	2.306
Significancia		*	n.s	n.s	n.s

rdo es igual a la de crecimiento medio; y para los demás períodos son diferentes.

Los resultados de los citados cuadros son interesantes. Se evidencia en ellos que, aunque no hay diferencias significativas con excepción del primer período para el diámetro ya mencionado, las tasas de crecimiento corriente del diámetro y del volumen en las parcelas defoliadas aumentan más que las del crecimiento medio, hasta el punto que para el último período son menores las tasas de crecimiento corriente en las parcelas no defoliadas que en las defoliadas, tanto para el diámetro como para el volumen (0.568 vs. 0.641 cm/a y 0.3155 vs. 0.3404 m³ por parcela al año).

El valor de la "t" calculada es congruente con ese aumento y a través de los períodos observados para más de dos a valores negativos en el último período. Esto demuestra que las parcelas defoliadas estaban creciendo, desde el punto de vista estadístico tanto como las no defoliadas. Este análisis confirma aún más la hipótesis de partida. Si se deja de lado el análisis estadístico, que demuestra la inexistencia del impacto económico de la plaga en cuanto a la pro-

ducción de madera, se observa que la diferencia de volumen al iniciarse el experimento fue de 23.4 m³/ha y, al finalizar, de 26.7 metros cúbicos por hectárea.

Pero al estar las parcelas no defoliadas, aparentemente, en mejores condiciones de sitio, ya que a la misma edad tenían mayor diámetro y volumen, se esperaría que, aun sin la plaga, deberían haber crecido más, por lo que la diferencia de 3.3 m³/ha, encontrada a los 4.2 años, no puede atribuirse al efecto de la defoliación únicamente.

Con base en la metodología explicada previamente se elaboró el Cuadro 8. En él se estimó el precio de la madera para diferentes usos de pulpa en 1987. Al finalizar las mediciones, deberían tener desde un 90% hasta un 50% de la diferencia de volumen de las parcelas defoliadas y no defoliadas, suponiendo que ningún control podría eliminar el 100% del impacto de la plaga en el crecimiento. Se presentan también diferentes proporciones de productos que inciden en el precio. Se trata entonces de simular situaciones probables dentro de rangos posibles.

Cuadro 7. Tasa de crecimiento corriente anual del volumen (metros cúbicos por parcela por año) entre los pares de mediciones señaladas.

Parcela	Núm.	Pares de mediciones			
		II vs I	III vs II	IV vs III	V vs IV
No defo- liadas	1	0.1699	0.2415	0.4901	0.2962
	3	0.3034	0.4228	0.4656	0.4886
	5	0.0839	0.1661	0.1468	0.2094
	6	0.1151	0.1162	0.2505	0.1632
	8	0.1636	0.2014	0.4590	0.4707
	9	0.1163	0.0801	0.3399	0.2647
\bar{x}		0.1587	0.2047	0.3586	0.3155
Defo- liadas	2	0.1039	0.1488	0.4242	0.4111
	4	-0.0056	0.2995	0.3443	0.2627
	7	0.1557	0.1093	0.3096	0.3855
	10	0.0518	0.2238	0.2430	0.3023
	11	-0.0110	0.0667	0.2165	—
\bar{x}		0.0588	0.1696	0.3073	0.3404
t _c		2.191	0.528	0.712	-0.256
t 0.05		2.262	2.262	2.262	2.306
Significancia		n s	n s	n s	n s

Cuadro 8. Producciones monetarias en dólares estadounidenses (valor de cambio de 1987) por hectárea en función de madera para pulpa y otros usos, así como su efectividad para el control de defoliadores*.

Eficacia del control (%)	Madera para usos diferentes de pulpa		
	10%	20%	30%
90	17.09	17.80	18.51
80	15.19	15.83	16.42
70	13.29	13.85	14.40
60	11.40	11.87	12.34
50	9.50	9.89	10.29

* \$C263.7 = US\$1 (1987)

Se observa entonces que un control que salve el 50% del volumen con un bajo aporte de madera de alto valor, podría tener un costo máximo, en 1987, de US\$9.50 por hectárea, de acuerdo con la hipótesis lógica de que el costo del control no puede superar el valor económico de la madera producida, porque de otra forma las pérdidas no serían atribuibles a la plaga sino al excesivo costo del control. Un control con éxito, unido a una producción alta de madera para usos diferentes de la pulpa, sería el que salva el 90% de la producción para usos diferentes (2.97 m³/ha). En este caso podrían invertirse hasta US\$18.51 por hectárea, a precios de 1987.

Si estos dos valores se aplicaran a 1983, cuando se inició la plaga, habría que invertir \$C994 (US\$11.20) y \$C1936 (US\$21.81/ha), respectivamente. Cualquier inversión superior daría pérdidas económicas posteriores. Se sabe con certeza que en 1983 no era posible efectuar un control que no superase estas cifras, que en el mejor de los casos sólo se salvaría entre 1.65 m³/ha y 2.97 m³ por hectárea.

Además, el costo del manejo integrado de estos geométridos supera las proyecciones para 1990 de

\$C5129 y \$C9179 (US\$9.06 y US\$16.24). Este análisis permite concluir que no resultaría razonable, económica ni silviculturalmente, llevar a cabo un control con un alto componente de insumos y personal. La prevención mediante el manejo del ecosistema es lo mejor, y en el caso en que se presente la plaga, desde la perspectiva económica, se puede recurrir a medidas silviculturales de muy bajo costo.

CONCLUSIONES

En general, para las condiciones de este estudio, el control de los brotes de defoliadores no presenta ninguna rentabilidad.

Durante el primer período de 8.8 meses, el bosque defoliado creció significativamente poco en diámetro, lo mismo que en volumen, pero su valor de "t", aunque alto, no superó el valor tabular.

Fue evidente la marcada tendencia del bosque defoliado a aumentar sus tasas de crecimiento con un ritmo mayor que el no defoliado después del primer período de medición. Esto se interpreta como un efecto de la fertilización al descomponerse el follaje y otros detritos en el piso como consecuencia del ataque de los defoliadores.

LITERATURA CITADA

- BEERS, I.W. 1962. Components of forest growth. *Journal of Forestry* 60:245-248.
- FREEZE, F. 1967. Elementary statistical methods for foresters: Handbook. United States Department of Agriculture. Forest Service No. 137. 87 p.
- MARIÑO, J.M. 1985. Tablas de volumen total y comercial con corteza y sin corteza para *Pinus patula*. Tesis Ing Forestal, Medellín, Col. Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 67 p.

Cinética de la Reacción de Formación del Furfural de la Cascarilla de Café¹

O. Salas Solano*, R. Blanco Sáenz**

ABSTRACT

A kinetic study was conducted on the formation reaction of furfural obtained from coffee berry waste. This study was conducted under optimal experimental conditions and it was found that it follows first-order kinetics. Gas chromatography or ultraviolet spectroscopy was used to follow the progress of the reaction, with constant kinetic values of $(5.3 \pm 0.3) \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ and $(5.4 \pm 0.4) \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$, respectively. The values of the kinetic constants obtained did not differ among themselves, when compared to the kinetic constants that correspond to the furfural formation reaction in the homogenous stage: $(5.6 \pm 0.2) \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ and $(5.5 \pm 0.1) \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$, which were determined by gas chromatography and ultraviolet spectroscopy, respectively.

RESUMEN

Se estudió la cinética de la reacción de formación del furfural a partir de la cascarilla de café, en condiciones experimentales óptimas, y se determinó una ley cinética de primer orden. Para seguir el avance de la reacción, se utilizó cromatografía de gases o espectroscopia ultravioleta con un valor de las constantes cinéticas de $(5.3 \pm 0.3) \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ y $(5.4 \pm 0.4) \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$, respectivamente. Esos valores fueron no diferenciales entre sí al compararlos con las constantes cinéticas correspondientes a la reacción de formación del furfural en fase homogénea $(5.6 \pm 0.2) \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ y $(5.5 \pm 0.1) \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$, determinadas por cromatografía de gases la primera, y la segunda, por espectroscopia ultravioleta.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la biotecnología en los países del Tercer Mundo se ha orientado fundamentalmente hacia la obtención de compuestos químicos con un valor agregado mayor que el de los cultivos productores de grandes cantidades de materiales, tradicionalmente considerados como desecho (Arias 1990). De especial interés para Costa Rica es la cascarilla del café que, por su alto contenido de pentosanas, se propone como una fuente de furfural.

Se ha planteado que la reacción para formar el furfural a partir de la cascarilla del café sigue dos etapas (Jaeggle 1976), como lo muestra la Fig. 1, con la

descomposición de las pentosanas a pentosas por medio de una reacción de hidrólisis, así como la deshidratación de las pentosas libres. Se han realizado estudios cinéticos de la etapa de deshidratación de las pentosas en presencia de ácidos minerales como el clorhídrico y el sulfúrico en fase homogénea (Hurd y Isenhour 1932) y se ha demostrado que la transformación de una pentosa a furfural sigue una ley cinética de primer orden, con respecto a la concentración de la pentosa.

Sin embargo, no hay informes sobre el estudio cinético de la reacción heterogénea de formación de furfural a partir de la cascarilla del café, en condiciones experimentales óptimas.

Con este estudio se determinaron los parámetros cinéticos de la reacción para obtener furfural a partir de la cascarilla de café, en las condiciones de reacción establecidas por un estudio para optimar las variables importantes (Salas 1992), siguiendo el avance de la reacción con cromatografía de gases y espectroscopia ultravioleta.

¹ Recibido para publicación el 9 de junio de 1993.

* Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química; Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca 2060, C.R.

** Oficina Nacional de Normas y Unidades de Medida, Apartado postal 10216, San José 1000, C.R.

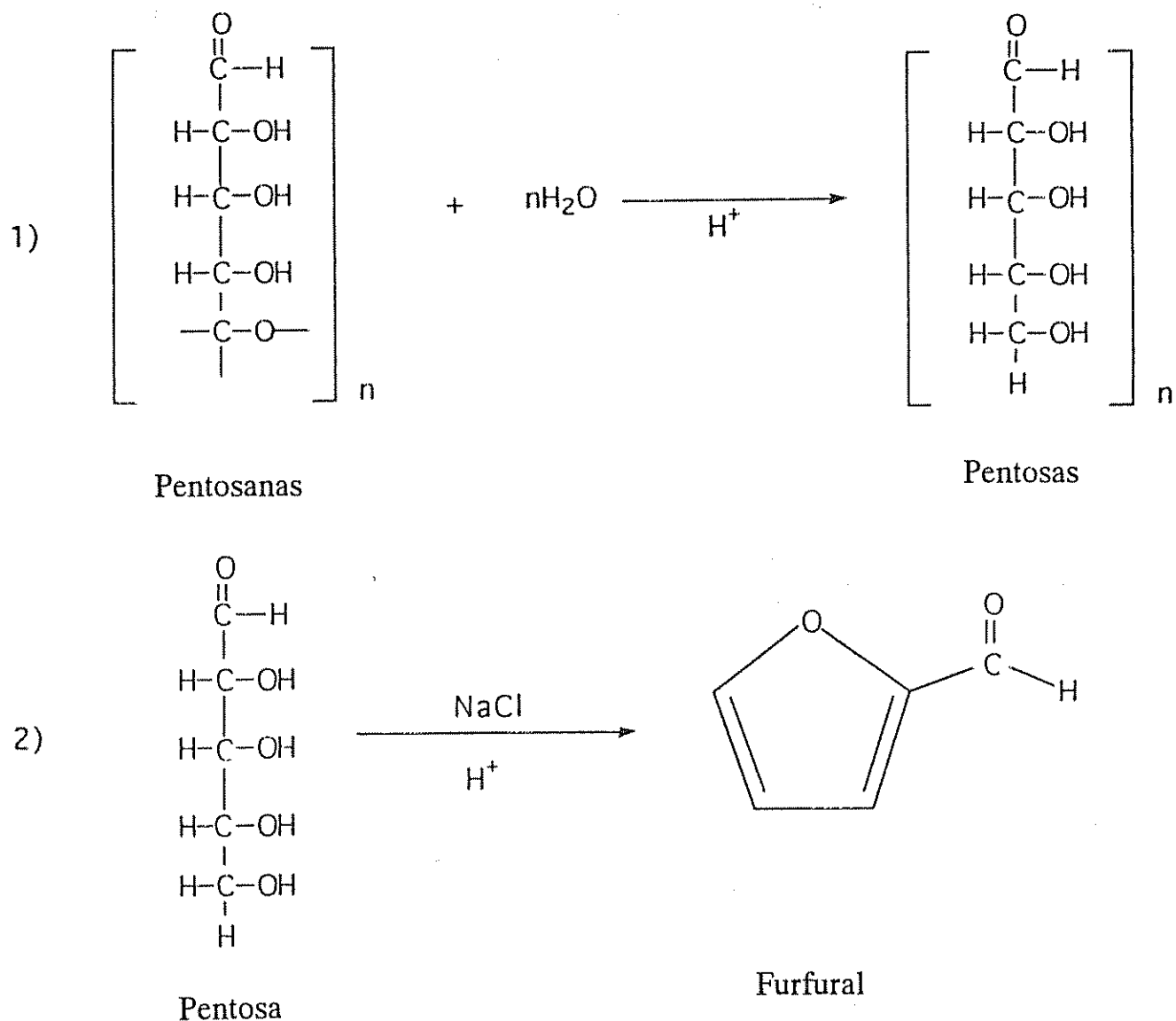


Fig. 1. Reacción de la formación de furfural a partir de las pentosas de la cascarrilla de café.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aparatos

El sistema de reacción, que utiliza un método de arrastre con vapor sobrecalentado, se muestra en la Fig. 2.

Las medidas de absorbancia se realizaron por medio de un espectrofotómetro ultravioleta-visible marca Shimadzu, modelo UV-160, utilizando cubetas de cuarzo de 1.00 cm de paso óptico.

El análisis cromatográfico se efectuó con un cromatógrafo de gases marca Shimadzu, modelo GC-16A, con detector de ionización de llama. Para la separación cromatográfica se usó una columna capilar 25 m x 0.25 mm *bounded soft* Superox II, 0.2 μm polietilenglicol (Carbowax 20M), *stock number* 995252, F41 84, Marca Alltech. En el procesamiento de los datos cromatográficos, se empleó un procesador marca Shimadzu, modelo CRHOMATO-PAC CR 6A. Las inyecciones se hicieron con una jeringa Alltech de 10 μl , 0.2 μl por división.

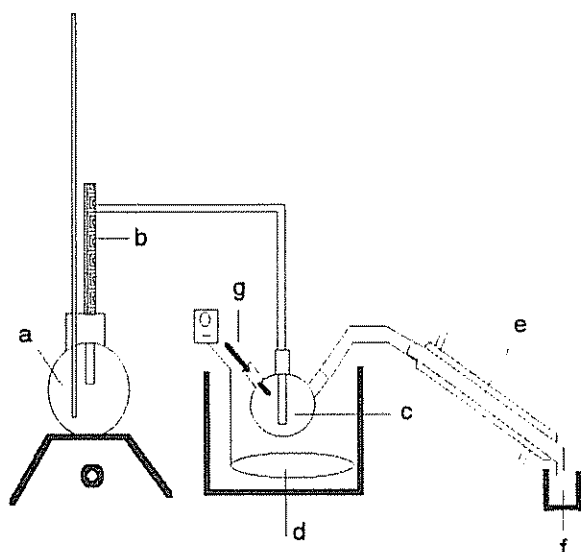


Fig. 2. Obtención de furfural a partir de la cascara de café: a) fuente de vapor de agua; b) dispositivo para el sobrecalentamiento del vapor de agua; c) reactor; d) baño de aceite con regulador de temperatura; e) condensador; f) recolección de la destilación; g) termómetro.

Reactivos

Para el estudio espectrofotométrico, se prepararon disoluciones con patrones de 1.00, 2.00, 3.00, 4.00 y 5.00 mg/l de furfural. Se utilizó furfural para el análisis, lote 134934 L, marca Merck. El furfural se purificó de acuerdo con el método recomendado por la *Association of Official Analytical Chemists* (1985) mediante el procedimiento # 9 097, al que se le modificó el uso de etanol al 50% por agua destilada.

Se empleó ácido sulfúrico 95% - 97% de calidad analítica y cloruro de sodio para el análisis, ambos marca Merck, lote 731 y P-276, respectivamente.

Para el análisis por cromatografía de gases se usaron disoluciones con patrón de furfural de 100, 200, 400, 600 y 800 mg/l en agua destilada. El furfural se purificó según el procedimiento detallado empleado por Jaeggli (1976).

La cascara de café se recogió en el beneficio Santa Rosa, en Barreal de Heredia, con un porcentaje de humedad de 10.50 ± 0.04 ($n = 3$), un porcentaje de cenizas de 0.422 ± 0.002 ($n = 3$) y un calor de combustión de 4245 ± 64 cal/g ($n = 4$). La cascara

se usó en polvo, se sometió a una molienda y su tamaño se estandarizó pasándola por un tamiz de 35 mallas.

Procedimiento

Para una corrida típica se colocaron en el reactor 19.0 g de cascara de café, 13.75 ml de ácido sulfúrico al 95% - 97%, 11.15 g de cloruro de sodio y un volumen de 36.25 ml de agua destilada (medido con bureta). Estas condiciones se determinaron en un estudio posterior (Salas y Blanco 1992). Se introdujo el vapor sobrecalentado, con una temperatura de 300° centígrados. La temperatura dentro del reactor no se puede regular y su valor se encuentra determinado por el ascenso ebulloscópico por la concentración de los solutos presentes.

La temperatura interna del reactor en una corrida se determinó durante cada una de ellas con intervalos regulares (cada cinco minutos); se encontró que la variación máxima fue de cuatro grados centígrados. El baño de aceite se mantuvo a una temperatura de 97.0 ± 0.5 grados centígrados.

Se recogieron fracciones del destilado cada 5 min, durante 1 h, comenzando la recolección cuando el sistema presentaba una temperatura uniforme (menos de un minuto). Cada fracción se congeló en un baño de hielo-sal para calcular su concentración. Se anotó el tiempo de recolección de cada una y la temperatura a la cual se recogió, la cual se encontró entre $103.0^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y $107.0^{\circ}\text{C} \pm 0.5$ grados centígrados. La variación en la temperatura se debió a los cambios en la concentración de solutos, durante la reacción, y al arrastre con vapor sobrecalentado, parte del cual se condensó en el reactor.

La determinación de la concentración en cada vial se realizó simultáneamente por espectroscopia ultravioleta y cromatografía de gases, empleándose métodos directos de cuantificación con disoluciones de patrón de furfural. Se midió por espectroscopia ultravioleta la absorbancia a 277.0 nm y se interpoló en la curva de calibración.

Para el análisis por cromatografía de gases, las condiciones experimentales se establecieron de manera que se lograra una separación de la línea base entre los picos cromatográficos (Hurd e Isenhour 1932). Se consiguió una separación satisfactoria con una columna capilar Carbowax 20M (descrita en la

sección de aparatos) en las siguientes condiciones experimentales: temperatura de la columna 80°C, un flujo del gas de arrastre (nitrógeno) de 35 ml/min, una temperatura del inyector y detector de 240°C y un volumen de inyección de $1.4 \pm 0.1 \mu\text{l}$. Se midió el área del pico del furfural en esas condiciones y se interpoló en la curva de calibración obtenida previamente.

Cada corrida cinética se efectuó por triplicado. Con el fin de obtener un sistema cinético similar que sirviera de referencia, se estudió el comportamiento cinético de la aldopentosa ribosa, en las condiciones óptimas de reacción. Se siguió el mismo procedimiento y se sustituyeron 19.0 g de cascarilla de café por 4.52 g de ribosa (cantidad obtenida de acuerdo al porcentaje de pentosanas de la cascarilla de café, $23.8\% \pm 0.1\%$, determinada según Welcher (1975)). En este caso, el experimento se realizó por duplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para dos corridas típicas (Figs. 3 y 4), se observa el logaritmo de la fracción remanente de pentosanas, determinado por cromatografía de gases y espectroscopía ultravioleta en función del tiempo; se muestra un comportamiento lineal (coeficientes de correlación = 0.998 y 0.997), consistente en corridas repetitivas ($n=3$). Ese resultado indica que la reacción heterogénea para formar furfural, a partir de la cascarilla de café en solución acuosa de ácido sulfúrico y cloruro de sodio, sigue una ley cinética de primer orden.

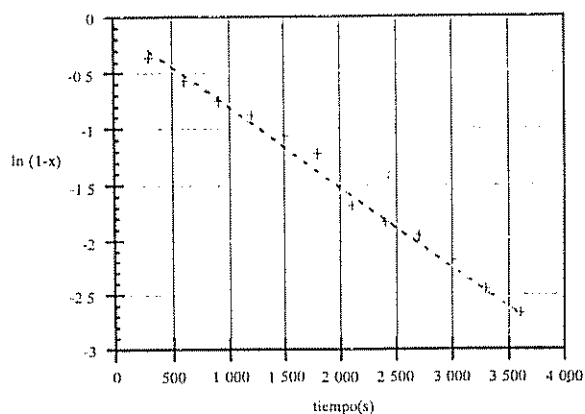


Fig. 3. Logaritmo de la fracción remanente de pentosanas en función del tiempo, determinado por cromatografía de gases.

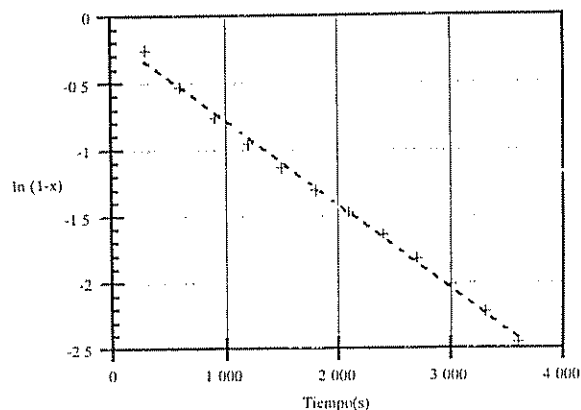


Fig. 4. Logaritmo de la fracción remanente de pentosanas en función del tiempo determinado por espectroscopia ultravioleta.

Los valores de las constantes cinéticas en el estudio por cromatografía de gases y espectroscopia ultravioleta se muestran en los cuadros 1 y 2, respectivamente.

Cuadro 1. Constantes cinéticas de la reacción de formación del furfural a partir de la cascarilla de café a las condiciones óptimas de reacción, seguida por cromatografía de gases.

Muestra	Constante cinética/s ⁻¹	Mediana
1	$(5.8 \pm 0.2) \text{E-4}$	
2	$(5.2 \pm 0.2) \text{E-4}$	$(5.3 \pm 0.3) \text{E-4}$
3	$(5.3 \pm 0.2) \text{E-4}$	

Cuadro 2. Constantes cinéticas de la reacción de formación del furfural a partir de la cascarilla de café a las condiciones óptimas de reacción, seguida por espectroscopia ultravioleta.

Muestra	Constante cinética/s ⁻¹	Mediana
1	$(5.4 \pm 0.3) \text{E-4}$	
2	$(5.4 \pm 0.1) \text{E-4}$	$(5.4 \pm 0.2) \text{E-4}$
3	$(6.0 \pm 0.2) \text{E-4}$	

El estudio cinético de la formación de furfural a partir de la aldopentosa ribosa en un medio homogé-

neo de reacción, indica que la transformación de la ribosa a furfural sigue una ley cinética de primer orden (Fig. 5). Los valores de la constante cinética (Cuadro 3) son similares a los obtenidos en el estudio cinético de la reacción heterogénea.

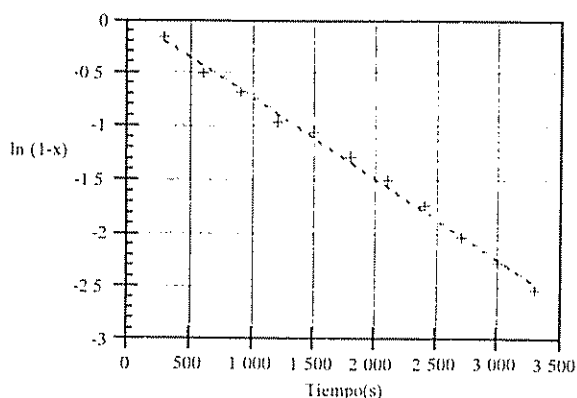


Fig. 5. Logaritmo de la fracción remanente en función del tiempo, determinado por cromatografía de gases.

Cuadro 3. Constantes cinéticas de la reacción de formación del furfural a partir de la ribosa a las condiciones óptimas de reacción.

Método de análisis	Constante cinética/s ⁻¹ n = 2
Cromatografía de gases	(5.6 ± 0.2) E-4
Espectroscopia ultravioleta	(5.5 ± 0.1) E-4

La comparación de estas constantes y de las cinéticas correspondientes a la reacción de descomposición de la cascarilla de café en un medio heterogéneo, determinadas también por cromatografía de gases y espectroscopia ultravioleta, se muestran en el Cuadro 4. La aplicación de la prueba F permitió aceptar o rechazar la hipótesis de que no hay diferencia significativa entre las constantes cinéticas, obtenidas en un medio de reacción heterogéneo y las correspondientes a un medio de reacción homogéneo; cada una se determinó por dos métodos de análisis diferentes. El valor de 10 de la razón F es menor que el valor de 27.2 para F₀ con un nivel de confianza del 99.95%, e indica que la hipótesis de que no hay diferencia entre las constantes cinéticas es aceptable. Sugiere que el proceso de optimar (Salas 1992)

determina que la reacción de formación del furfural a partir de la cascarilla de café, cuyo medio de reacción es heterogéneo, se comporte como una reacción en fase homogénea.

Cuadro 4. Análisis de variancia de las constantes cinéticas.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Variancia	Razón F
Entre grupos	*SSB = 6 x 10 ⁻¹	1	6 x 10 ⁻⁹	10
Dentro de los grupos	*SSW = 4 x 10 ⁻⁹	7	6 x 10 ⁻¹⁰	

*SSB: Es la suma de las desviaciones de las dos medias muestrales (una para las constantes obtenidas en medio heterogéneo y otra para las obtenidas en medio homogéneo) con respecto a la gran media de todas las muestras, al cuadrado.

*SSW: Es la suma de las desviaciones de todas las observaciones con respecto a las medias muestrales correspondientes para todas las muestras, al cuadrado.

Puesto que el sistema es heterogéneo, los valores de las constantes cinéticas obtenidas merecen una discusión a la luz del posible paso determinante de la reacción.

Smith (1991) indica que las reacciones heterogéneas deben cumplir las siguientes etapas:

1. Difusión de los reactivos hacia la superficie;
2. adsorción de los reactivos en la superficie;
3. reacción de descomposición en la superficie;
4. desorción de los productos; y
5. difusión de los productos desde la superficie.

Cualquiera de estos procesos, o su combinación, puede ser lento y, en consecuencia, determinante en la velocidad de la reacción.

En el caso de la reacción de interés, si se considerara que la velocidad de la reacción de descomposición en la superficie, es muy pequeña en comparación con las velocidades de absorción de los reactivos y desorción de los productos, constituye el paso determinante de la reacción, esperándose un aumento en su valor y, por ende, en el porcentaje de rendi-

miento del furfural, al emplear cascarilla en polvo con respecto al de la cascarilla en forma natural, ya que la cascarilla de café en polvo provee un área superficial mayor. Sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos, al aplicar un diseño factorial (Salas 1992), se observó que el tamaño de la cascarilla no era una variable significativa en la reacción. Esto sugirió que la reacción de descomposición no era el paso determinante.

Si la velocidad en la difusión de los reactivos (agua, ácido sulfúrico y cloruro de sodio) fuera el paso determinante, se esperaría que la ley cinética de la reacción heterogénea fuera de orden cero, pues en el medio de reacción la concentración de los distintos reactantes era alta, lo que garantizaba un valor constante del gradiente de concentración entre el seno de la disolución y la interfase. Sin embargo, los resultados mostraron que la reacción siguió consistente-

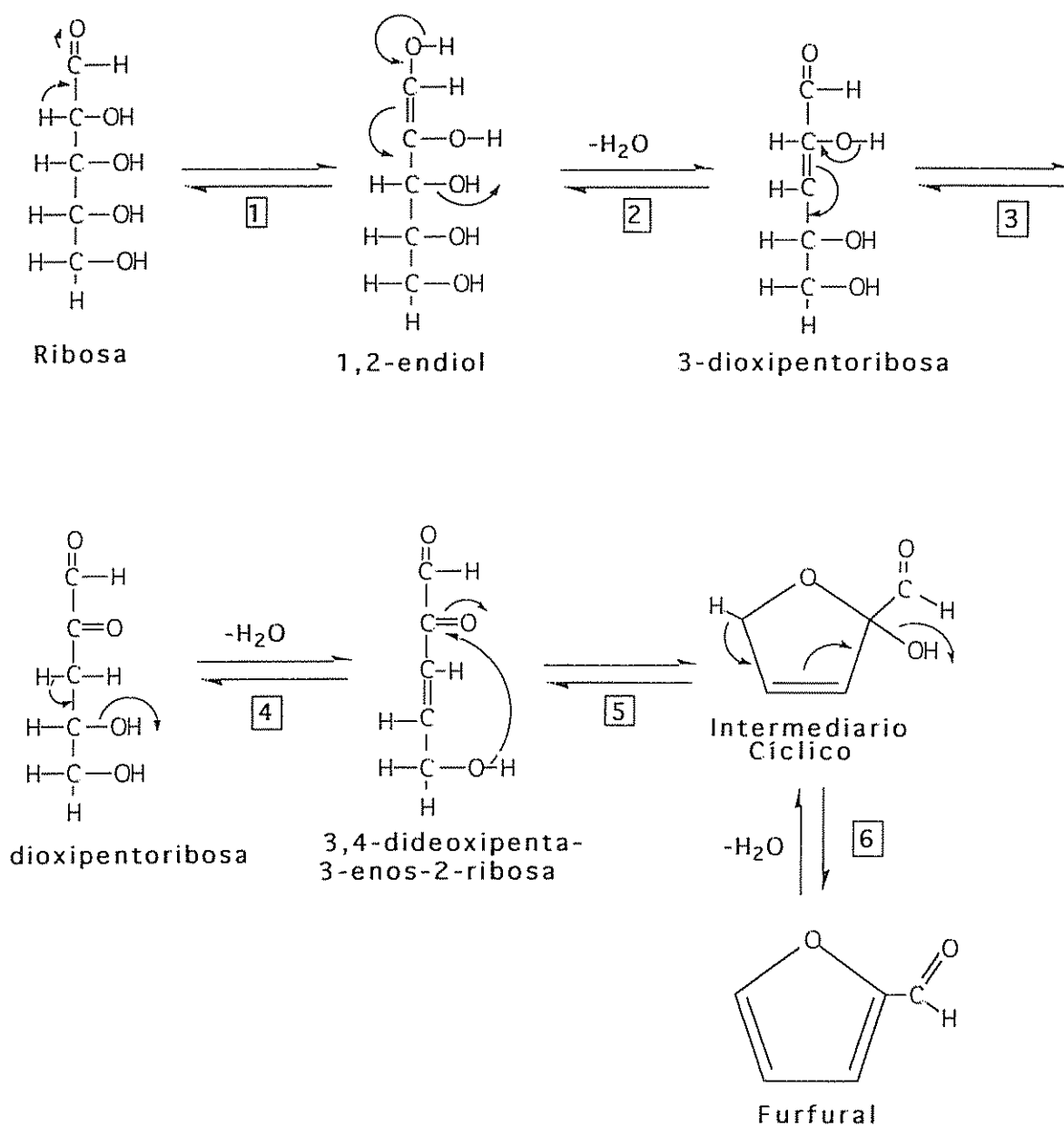


Fig. 6. Mecanismo de la reacción de la formación del furfural a partir de las pentosanas.

mente una ley cinética de primer orden. Por lo tanto, este resultado indicó que la velocidad de difusión y adsorción de los reactivos tampoco era el paso determinante.

Feather *et. al.* (1972) y Theander (1988) han demostrado el mecanismo de reacción en fase homogénea, el cual se esquematiza en la Fig. 6. En la primera etapa las pentosas (cadenas de pentosas) se hidrolizan a aldopentosas monoméricas.

En la segunda etapa, la deshidratación de las pentosas sigue los siguientes pasos (ejemplificado para el caso de la ribosa):

- 1) Formación reversible del 1,2 endiol.
- 2) Deshidratación del 1,2 endiol y origen de la forma enólica del 3-deoxipentoribosa.
- 3) Reordenamiento de este compuesto.
- 4) Deshidratación del compuesto al 3,4-dideoxipenta-3-enos-2-ribosa.
- 5) El 3,4-dideoxipenta-3-enos-2-ribosa se cicla.
- 6) Pérdida de una molécula de agua de este intermediario cíclico para formar el furfural.

Este mecanismo establece que en la reacción de formación del furfural a partir de las pentosas (medio homogéneo), el paso determinante corresponde a la etapa en la cual se forma el 1,2 endiol. Según los resultados, antes descritos, es posible que el paso determinante de la reacción heterogénea sea el mismo que para la homogénea. Este es un aspecto que merece estudios subsiguientes.

CONCLUSIONES

La reacción de formación del furfural a partir de la cascarilla de café sigue una ley cinética de primer orden y los valores de las constantes cinéticas determi-

nadas por cromatografía de gases y espectroscopia ultravioleta, son $(5.3 \pm 0.3) \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ y $(5.4 \pm 0.4) \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$, respectivamente, las cuales son indiferenciables a un nivel de confianza entre sí, del 99.95%, ni de las constantes cinéticas correspondientes a la reacción de formación del furfural a partir de la ribosa, obtenidas en las mismas condiciones experimentales. La elucidación del mecanismo de la reacción requiere estudios posteriores.

LITERATURA CITADA

- ARIAS, S. 1990. Biotecnología: Amenazas y perspectivas para el desarrollo de América Central. DEI 185-221.
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS) 1985. Official methods of analysis. Washington. D.C. 240 p.
- FEATHER, M.; HARRIS, D.; NICHOLS, S. 1972. Routes of conversion of D-xylose, hexuronic acids and L-ascorbic acid to 2-furaldehyde. *Journal of Organic Chemistry* (EE UU) 37:1606-1609.
- HURD, CH.; ISENHOUR, LL. 1932. Conversion of pentoses to 2-furaldehyde. *Journal of Organic Chemistry* (EE.UU.) 54:317-330.
- JAEGGLE, W. 1976. Furfural from husks of different agricultural products. *Escher Wyss News* (EE UU) 1:25-26.
- SALAS SOLANO, O. 1992. Obtención de furfural a partir de la cascarilla de café: Optimización de condiciones experimentales. Tesis Lic. en Química Universidad de Costa Rica. 38 p.
- SALAS, O.; BLANCO, R. 1992. Optimización SIMPLEX de la obtención de furfural a partir de la cascarilla de café. *Ingeniería y Ciencia Química*.
- SMITH, J. M. 1991. Ingeniería de la cinética química. CECSA (Ed.). Méx., D.F. 250 p.
- THEANDER, O. 1988. Aqueous high temperature transformation of carbohydrates relative to utilization of biomass. *Advances of Carbohydrates Chemistry and Biochemistry*. (EE UU) 46:273-325.
- WELCHER, F. 1975. Standard methods of chemical analysis. Florida Publishing Company. 1775 p.

Estimativa do Potencial Hídrico Limiar para o Fechamento dos Estômatos do *Phaseolus vulgaris* L. com Cloreto de Cobalto¹

J.P. de Lemos Filho*

ABSTRACT

Physiological parameters such as transpiration rate, stomatal resistance, leaf water potential, and canopy temperature are infrequently employed in irrigation control due to practical difficulties and/or the high price of equipment. Equations with high correlation coefficients were established relating leaf water potential and the time of color change of chloride cobalt paper. Color changes occurring after more than 10 min for tests with both abaxial and adaxial surfaces correspond to leaf water potential inferior to -0.6 MPa and stomatal closure.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., water potential, cobalt chloride paper, irrigation.

RESUMO

Devido a dificuldades práticas e/ou custo dos equipamentos utilizados na sua medição, os parâmetros fisiológicos tais como a transpiração, resistência estomática, potencial hídrico foliar e temperatura do dossel, vem sendo muito pouco utilizados no controle da irrigação. Nesse trabalho, foram estabelecidas equações com elevados coeficientes de correlação entre o potencial hídrico foliar e o tempo de viragem na cor do papel impregnado com cloreto de cobalto. Tempo de viragem superior a 10 minutos, tanto para a epiderme abaxial como para a adaxial, corresponde a potenciais hídricos inferiores a -0.6 MPa e ao fechamento dos estômatos.

Palavras chave: *Phaseolus vulgaris*, potencial hídrico, papel de cloreto de cobalto, irrigação.

INTRODUCAO

Nas regiões de ocorrência regular de períodos secos, a irrigação é uma prática mais importante que a fertilização, controle de pragas, doenças e tratos culturais na limitação da produtividade das culturas. Os custos crescentes da energia para o bombeamento e a competição pelos recursos hídricos impõem a necessidade de um manejo da água para a racionalização da irrigação.

Os métodos comumente empregados para se identificar o momento e a quantidade de água a ser fornecida às culturas normalmente se baseiam na

variação da água disponível no solo (Camargo *et al.* 1982; Arruda *et al.* 1987), na transferência de água para a atmosfera, estimada a partir de métodos agrometeorológicos (Alfonsi *et al.* 1990) e, em parâmetros fisiológicos tomo o potencial hídrico foliar, a resistência estomática e a temperatura do dossel (Pazzetti *et al.* 1992), entre outros.

De um modo geral, o controle da irrigação pelos agricultores obedece a parâmetros visuais, turno de rega fixo ou em certos casos pelo uso de tensiômetros no solo (Pazzetti *et al.* 1992). Os parâmetros fisiológicos, devido as dificuldades práticas na sua medição e o custo dos equipamentos, vem sendo pouco utilizados no controle da irrigação. Neste trabalho a possibilidade de se utilizar a técnica do papel impregnado com cloreto de cobalto para a estimativa do potencial hídrico foliar do feijoeiro é investigada, objetivando o emprego de uma técnica simples, eficiente e de baixo custo que permita uma rápida identificação do momento da irrigação.

¹ Recebido para publicação el 20 maio de 1993
Pesquisa financiada pela PRPq - UFMG, Bra

* Departamento de Botânica, Instituto de Ciências Biológicas, Universidad Federal de Minas Gerais, CEP 31270-901 Belo Horizonte, Minas Gerais, Bra.

MATERIAL E MÉTODOS

Plantas de feijoeiro (*P. vulgaris* L.) cv. Carioca foram cultivadas em vasos com solo (latossolo vermelho-escuro distrófico de textura argilosa), proveniente de uma área experimental do CNPMS/EMBRAPA (Sete Lagoas, MG), em condições de casa de vegetação. Os vasos foram irrigados diariamente mantendo-se uma disponibilidade de água próxima a capacidade de campo. Após 35 dias de cultivo, reduziu-se o fornecimento de água, mantendo-se os vasos com 25%, 50%, 75% e 100% da água consumida pela evapotranspiração, estimada a partir da diferença entre o total de água fornecida e a medida após completada a drenagem (em 6 vasos). Esse procedimento foi mantido por quatro dias e, no quinto dia, foram avaliados os parâmetros fisiológicos.

A abertura dos estômatos foi estimada através da técnica do papel de filtro impregnado com solução de cloreto de cobalto a 5%, montado conforme Meyer *et al.* (1969). As avaliações foram efetuadas entre 14:00 e 15:30 horas, sendo anotado o tempo requerido para a mudança da cor azul para rosa no papel ajustado nas faces abaxial e adaxial do folíolo central da primeira folha trifoliolada.

Após a determinação do tempo de viragem, as plantas foram conduzidas ao laboratório onde foram coletados os folíolos laterais da mesma folha que foram pesados para a obtenção do valor do peso fresco e colocados em câmara úmida a 28°C com o peciólulo imerso em água destilada. Após 24 horas, determinou-se o peso túrgido e, após secagem em estufa, o peso seco, obtendo-se os valores para o cálculo do teor relativo de água segundo Weatherley (1950).

Imediatamente após a remoção do folíolo lateral para determinação do teor relativo de água, o peciolo da folha foi seccionado e o potencial hídrico foi determinado utilizando-se uma câmara de pressão segundo Scholander *et al.* (1965).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 1 e 2 são mostrados os tempos de viragem do papel impregnado com cloreto de cobalto posicionado na epiderme abaxial (Fig. 1) e epiderme adaxial (Fig. 2) em função do potencial hídrico foliar. Nos dois casos pode ser verificado um comportamento exponencial com equações com elevados coeficientes de correlação.

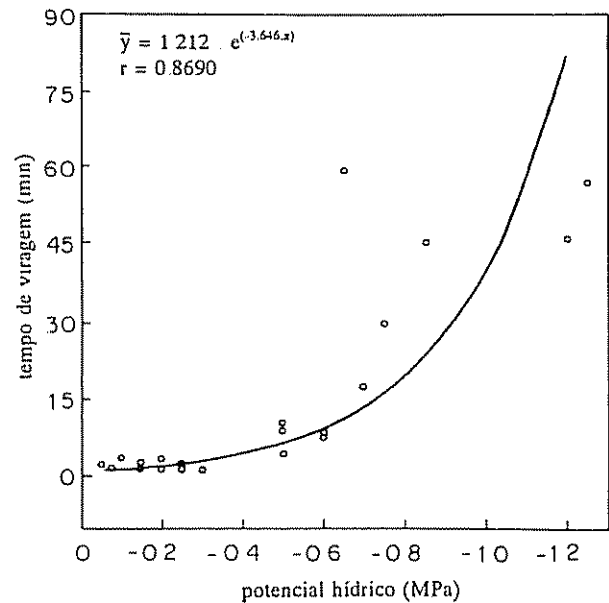


Fig. 1. Tempo de viragem do papel impregnado com cloreto de cobalto ajustado na face abaxial da folha em função do potencial hídrico foliar.

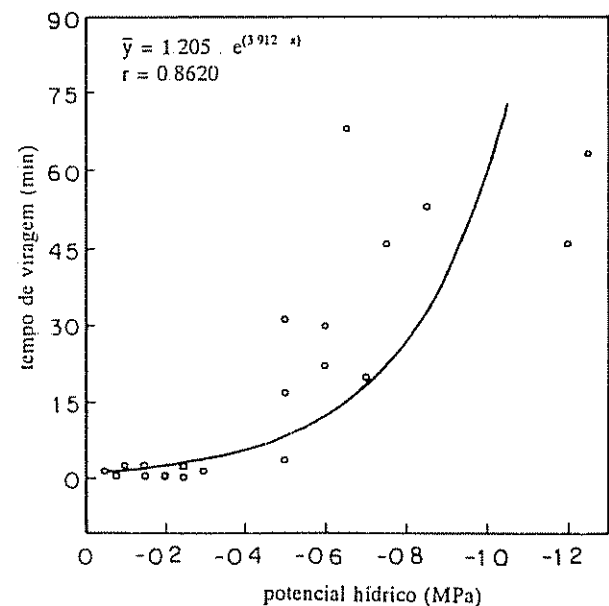


Fig. 2. Tempo de viragem do papel impregnado com cloreto de cobalto ajustado na face adaxial da folha em função do potencial hídrico foliar.

A técnica do papel impregnado com cloreto de cobalto ainda que semi-quantitativa tem se mostrado eficiente na avaliação da condutância estomatal, sendo relatadas por Ludlow (1962) equações lineares

com elevados coeficientes de correlação entre o tempo de viragem e a resistência difusiva medida com porômetro de difusão. Assumindo-se essa estreita relação, verifica-se que em elevados valores de potencial hídrico foliar, a viragem da cor do papel foi muito rápida indicando uma baixa resistência difusiva dos estômatos. No caso da epiderme abaxial, verifica-se um aumento no tempo de viragem a partir de -0.6 MPa de potencial hídrico foliar (Fig. 1). Na epiderme adaxial (Fig. 2), observa-se a tendência de um aumento no tempo de viragem em valores mais elevados de potencial hídrico, o que resulta em um maior valor absoluto no componente exponencial da equação obtida. Essa resposta observada deve ser consequência do menor número de estômatos na epiderme adaxial em relação a abaxial no feijoeiro que, segundo Sutcliffe (1979), é cerca de 40/mm² e 281/mm² respectivamente.

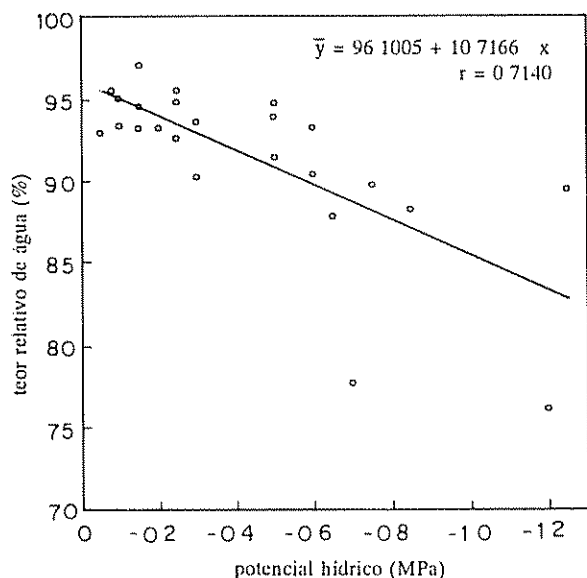


Fig. 3. Regressão linear entre teor relativo de água e potencial hídrico foliar.

Os resultados obtidos identificam um potencial hídrico limiar próximo a -0.6 MPa, abaixo do qual ocorre o fechamento dos estômatos. Bascur (1985) mostrou um comportamento exponencial do índice de seca (estimado a partir da temperatura do dossel), em relação ao potencial hídrico da folha de doze genótipos de feijoeiro, com rápido incremento nos valores desse índice a partir de -0.6 MPa de potencial hídrico foliar. Pazzetti *et al.* (1992) verificaram que

decréscimos no potencial hídrico até valores próximos a -0.6 MPa resultaram em aumentos relativamente pequenos na resistência estomática e, abaixo desses valores uma acentuada resposta dos estômatos com uma redução no fluxo de vapor d'água. Esse potencial hídrico limiar corresponde a um teor relativo de água próximo a 90% (Fig. 3) e, portanto, a redução do teor relativo de água abaixo desse valor resulta no fechamento dos estômatos prevenindo a perda de água.

Do ponto de vista prático, assumindo o valor de -0.6 MPa como potencial hídrico limiar, através das equações exponenciais, verifica-se que esse valor é atingido quando o tempo de viragem é de aproximadamente 11 min e 12.5 min para as faces abaxial e adaxial respectivamente. Dessa forma, pode ser tomado o tempo de viragem de 10 min como crítico nas determinações efetuadas nos horários de maior demanda evaporativa.

A praticidade e a aplicação da técnica do papel impregnado com cloreto de cobalto na determinação do momento de irrigação já havia sido demonstradas para o cafeeiro por Akunda e Kumar (1981) e, no caso do feijoeiro se apresenta como um método simples e confiável para se estimar o estado hídrico da planta, com possibilidades de utilização na prática da irrigação.

CONCLUSOES

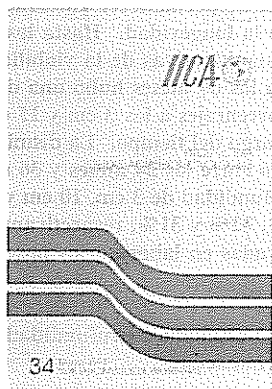
A utilização do papel impregnado com cloreto de cobalto permite a estimativa do potencial hídrico limiar, abaixo do qual ocorre um significativo aumento na resistência dos estômatos. É um método simples e pode ser útil na determinação do momento de se iniciar a irrigação.

LITERATURA CITADA

- AKUNDA, E.M.W.; KUMAR, D. 1981. A simple technique for timing irrigation in coffee using cobalt chloride paper disks. *Irrigation Science* 3:57-62
- ALFONSI, R.R.; PEDRO JUNIOR, M.J.; ARRUDA, F.B.; ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P. DE; BRUNINI, O. 1990. Métodos agrometeorológicos para controle da irrigação. Campinas, SP, Br. Boletim Técnico Inst. Agron. no. 133. 62 p.

- ARRUDA, F.B.; ZULLO JUNIOR, J.; OLIVEIRA, J.B. DE. 1987. Parâmetros de solo para cálculo de água disponível com base na textura do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 11:11-15.
- BASCUR, G.; OLIVA, M.A.; LAING, D. 1985. Termometria infrarroja em seleccion de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a la sequia. I. Bases fisiologicas. *Turrialba* 35:43-47.
- CAMARGO, A.P. DE; GROHMANN, F.; CAMARGO, M.B.P. 1982. Tensiômetro simples de leitura direta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira. Série Agronomia* 17:1763-1772.
- LUDLOW, M.M. 1982. Measurement of stomatal conductance and water status. In *Techniques in bioproductivity and photosynthesis*. J. Coombs, D.O. Hall (Eds.) Oxford, Pergamon International Library. p. 44-50.
- MEYER, B.S.; ANDERSON, D.B.; SWANSON, C.A. 1969. Curso práctico de Fisiología Vegetal. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian. 331 p.
- PAZZETTI, G.A.; CANO, M.A.O.; RESENDE, M. 1992. Aplicação da termometria por infravermelho a irrigação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): Parâmetros fisiológicos. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 4:27-31.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, E.D.; HEMMINGSEN, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148:339-346.
- SUTCLIFFE, J. 1979. *Plants and water*. London, Edward Arnold. 125 p.
- WEATHERLY, P.E. 1950. Studies in water relations of cotton plants: The field measurements of water deficits in leaves. *New Phytologist* 49:81-97.

LIBRO RECOMENDADO



US\$5.00

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

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

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

Persistencia de Semillas de Yuyo Colorado en un Suelo sin Remoción¹

L. Nisensohn*, D. Faccini*

ABSTRACT

The study was conducted in order to evaluate the effect of depth and time of burial on redroot pigweed (*Amaranthus quitensis*) seed longevity in no-till soil. Seeds were originated from plants of the same cohort. A group was stored in laboratory conditions; another group, divided in subgroups of 100 seeds, was placed in plastic bags and buried at 3, 10, 15 cm. The experimental design was completely randomized blocks. At 6, 12, 18, 24, 30, 36 and 60 months, the number of viable seeds was tested under fluctuating light and temperature conditions and with gibberelic acid. Tetrazolium tests were performed for the remaining seeds. Viability at the beginning of the experiment was 98%, and 56% was in the primary dormancy condition. Most of the seeds recovered from the soil germinated with fluctuating light and temperature, while only 1% germinated with gibberelic acid. Low response to gibberelic acid indicated the loss of primary dormancy after six months of burial. Depth had little effect on longevity, and up to 36 months no significant differences between depths were found. Viability percentages between depths of 3 cm and 15 cm were significantly different only at 60 months. Viability decreased throughout the experiment, most remarkably between 24 and 36 months. At 60 months, viability at 3, 10, and 15 cm depths was 13%, 22% and 31% respectively. For seeds stored at laboratory conditions, viability was 86%.

Key words: Seed longevity, burial depths, germination.

RESUMEN

Se analizó el efecto de la profundidad y el período de entierro sobre la longevidad de semillas de yuyo colorado (*Amaranthus quitensis*), en un suelo sin remoción y con cobertura natural. Las semillas provenían de plantas, pertenecientes a una misma cohorte. Un grupo se almacenó en laboratorio; otro se separó en lotes de 100 semillas en bolsas de Nylon, enterradas a 3 cm, 10 cm y 15 cm de profundidad. El diseño fue de bloques completamente aleatorios. A los 6 meses, 12 meses, 18 meses, 24 meses, 30 meses, 36 meses y 60 meses se estimó el número de semillas viables con alternancia de luz y temperatura, y con ácido giberélico; las remanentes se trataron con tetrazolio. La viabilidad al comenzar el ensayo fue del 98%, el 56% poseía dormición (reposo) primaria. Las semillas recuperadas del suelo germinaron en su mayoría con alternancia de luz y temperatura, y sólo el 1% germinó con giberélico. La baja respuesta al giberélico indicó la pérdida de la dormición primaria luego de seis meses de permanecer enterradas. La profundidad afectó poco la longevidad. Hasta los 36 meses no hubo diferencias significativas de la viabilidad entre profundidades. Sólo a los 60 meses hubo una diferencia significativa en los porcentajes a los 3 cm y 15 cm. La viabilidad decreció a lo largo del tiempo. La disminución más marcada se observó entre los 24 meses y 36 meses. A los 60 meses, con profundidad de 3 cm, 10 cm y 15 cm, la viabilidad fue de 13%, 22% y 31%, respectivamente, mientras que las conservadas en laboratorios poseían un 86 por ciento.

Palabras clave: Longevidad de semillas, profundidad de entierro, germinación.

INTRODUCCION

Con el término "banco" se denomina el reservorio de semillas del suelo, e incluye los propágulos de las malezas que constituyen la fuente de futuras infestaciones (Harper 1977). Se definen dos tipos de banco: transitorio y persistente (Thompson y Grime 1979). Las semillas de muchas especies de malezas son capaces de permanecer viables por largos períodos (Roberts 1964; Cavers y Benoit 1989; Cavers 1983) formando así bancos persistentes.

¹ Recibido para publicación el 28 de julio de 1993.

* Ingenieras agrónomas, docentes de la Cátedra de Malezas y Protección Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario (UNR), Santa Fe 2051 2000 Rosario, Arg.

La longevidad de las semillas se relaciona con la especie y la afectan diversos factores como profundidad y tipo de suelo en que se encuentran, sistema de laboreo empleado y otros.

Para comprender la dinámica de la población de una maleza anual, y establecer las pautas de manejo, se debe tener información sobre la "fase semilla", ya que el destino de la población de una especie anual está directamente relacionado con la dinámica de sus semillas en el suelo y con su patrón de mortalidad.

El yuyo colorado es una maleza anual ampliamente distribuida en la región pampeana de Argentina. Es una especie invasora de cultivos de verano como la soja, el maíz y el girasol. Según los autores, permanece en los agroecosistemas a pesar de la efectividad de las medidas de control químico y mecánico utilizadas.

Aunque existen estudios sobre la dinámica de la población de yuyo colorado en esta región (Faccini *et al.* 1987), la información disponible sobre la condición fisiológica y la longevidad de sus semillas en el suelo es escasa.

El objetivo de este trabajo fue analizar, en un suelo sin remoción, la variación en el número de semillas viables de esta especie a lo largo del tiempo y la influencia de la profundidad sobre este parámetro

MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo a partir del 3 de setiembre de 1987 en el campo experimental "J.F. Villarino" de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNR, en la localidad de Zavalla (Santa Fe) con lat. 33° O' y long. 60° 53'.

Las semillas de yuyo colorado (*A. quitensis*) pertenecientes a una misma cohorte se recolectaron el 28 de mayo de 1987 y se almacenaron en bolsas de papel a temperatura del ambiente hasta el momento de ser utilizadas

Se mezclaron lotes de 100 semillas con tierra libre de malezas y previamente esterilizada. Las semillas se colocaron en bolsas de Nylon de 5 cm x 10 cm, cuya trama era suficientemente pequeña para retener las semillas y permitir el paso del agua, gases y microorganismos.

Estas bolsas se enterraron a profundidades de 3 cm, 10 cm y 15 cm en número suficiente, para extraer cuatro repeticiones por tratamiento en cada fecha de evaluación durante cinco años. El diseño experimental empleado fue el de bloques aleatorios completo.

Una vez realizada cada extracción, se recuperaron las semillas con el método de separación en húmedo (Leguizamón 1983) y se sembraron en cajas de Petri, regadas con una solución de Benomyl al dos por ciento. Las cajas se colocaron en incubadora a temperatura y luz alternada (8 h de luz a 35°C y 16 h en oscuridad a 25°C) (Faccini y Barat 1989).

El número de semillas germinadas, se registró durante 15 días. Las que no germinaron fueron tratadas con una solución de ácido giberélico (AG3) a 500 ppm y las que no respondieron a este tratamiento, fueron analizadas con tetrazolio al 0.5% (Novotná 1978).

Los datos obtenidos se usaron para los análisis de variancia y las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey con una probabilidad de $P < 0.05$.

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se observan los porcentajes de semillas que germinaron con alternancia de luz y temperatura; con ácido giberélico o que resultaron viables con la prueba de tetrazolio, cuando permanecieron enterradas a diferentes profundidades y se almacenaron en laboratorio (lote coetáneo).

La viabilidad inicial de las semillas empleadas fue del 98 por ciento. El 42% correspondía a semillas con dormición (reposo) secundaria (con alternancia de luz y temperatura) y el 56% a semillas con dormición primaria (con el agregado de AG3). Luego de seis meses, cuando se realizó la primera extracción, se observó que independientemente de la profundidad, esos porcentajes variaron notoriamente. El porcentaje de semillas con dormición secundaria aumentó del 42% hasta el 85%, mientras que el porcentaje con dormición primaria disminuyó del 56% a valores inferiores al 15 por ciento. En el caso de las semillas almacenadas en laboratorios (lote coetáneo), el comportamiento fue similar; así, a los seis meses un 98% presentaba dormición secundaria y sólo un 2%

Cuadro 1. Viabilidad de las semillas enterradas a distintas profundidades y de las conservadas en laboratorios (lote coetáneo) a lo largo del tiempo. Porcentaje de germinación con luz y temperaturas alternadas, con y sin ácido giberélico (AG3) y porcentaje de semillas viables con tetrazolio (*).

Porcentaje de germinación sin AG3							
	6 meses	12 meses	18 meses	24 meses	30 meses	36 meses	60 meses
3 cm profundidad	81	71.7	71.5	74	59.3	39.3	13.3
10 cm profundidad	82.5	79.9	70.5	78	65.7	43.5	21.2
15 cm profundidad	85	89.5	79.5	79	53.5	48.7	30.5
Lote coetáneo	98	89.5	98.5	95	95	93.5	86.5

Porcentaje de germinación con AG3							
	6 meses	12 meses	18 meses	24 meses	30 meses	36 meses	60 meses
3 cm profundidad	1	1.8	0.2	0.3	0.4	2	-
10 cm profundidad	1.5	0.8	0.5	1	0.6	1.6	-
15 cm profundidad	0.8	0.5	-	0.5	-	1.8	-
Lote coetáneo	2	4.5	-	1.5	0.5	0.5	-

Porcentaje de viabilidad con tetrazolio							
	6 meses	12 meses	18 meses	24 meses	30 meses	36 meses	60 meses
3 cm profundidad	-	1.5	-	-	-	2	0.2
10 cm profundidad	-	2	-	-	-	0.6	0.5
15 cm profundidad	1.2	2	-	-	0.5	-	0.5
Lote coetáneo	-	2	-	-	-	0.5	-

(*) Viabilidad total al inicio del experimento: 98%
 Porcentaje de germinación sin AG3: 42%
 Porcentaje de germinación con AG3: 56%

dormición primaria. Hasta el final del experimento se observó que tanto en las semillas enterradas como en las del lote coetáneo, los porcentajes de dormición primaria continuaron siendo bajos. En todos los casos cuando las semillas no germinadas fueron

tratadas con tetrazolio, muy pocas resultaron viables (0% al 2%).

El porcentaje total de viabilidad (porcentaje de germinación con luz y temperatura alternadas más porcentaje de germinación con AG3 más porcentaje de viables con tetrazolio), a lo largo del tiempo, en las semillas enterradas y las almacenadas en laboratorio, se observa en la Fig. 1. La profundidad en que se encontraban enterradas las semillas no influyó de manera notable sobre la longevidad; sólo a los 60 meses hubo diferencias significativas entre los 3 cm y 15 centímetros.

La viabilidad de las semillas enterradas decreció a lo largo del tiempo; la disminución más marcada se observó entre los 24 meses y 36 meses. El porcentaje de viabilidad de las semillas del lote coetáneo, en cambio, se mantuvo elevado mostrando una diferencia significativa con las semillas en el suelo durante el experimento.

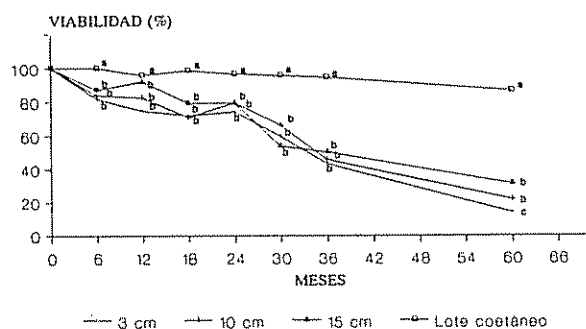


Fig. 1. Viabilidad de semillas de yuyo colorado en diferentes profundidades y del lote coetáneo.

DISCUSION

La mayoría de las semillas de *A. quitensis* en el momento de su dispersión se encontraban viables, característica común en otras malezas del mismo género (Weaver y Mc Williams 1980; Weaver 1984). Las semillas de una población no se comportan igual debido a la naturaleza compleja de la dormición y de su eliminación por la posmaduración (Baker 1989). Las semillas de yuyo colorado estaban dormidas pero no presentaban el mismo estado fisiológico, pues aproximadamente en la mitad de ellas, la dormición era secundaria y en el resto, primaria. Estas diferencias podrían deberse a que los cambios en los factores ambientales y en la nutrición producen variaciones en el flujo hormonal de la planta-madre hacia las semillas. El estado hormonal de una semilla, establecido durante su desarrollo y maduración, puede influir en el grado de dormición (Bewley y Black 1985).

La fracción de semillas de yuyo colorado que presentaban dormición primaria recién cosechadas, respondieron al agregarles un promotor de la germinación, como el ácido giberélico. Este ácido actúa alterando el balance promotores-inhibidores, que regula la dormición de las semillas (Amen 1965). El mismo autor determinó que los niveles de hormonas, que promueven el crecimiento, disminuyen durante la maduración de las semillas en la planta, imponiendo la dormición; al agregar giberelinas se estimula la síntesis de hormonas y se pone fin a ese estado. Una de las evidencias más claras del papel que desempeña fue la obtenida por Black y Naylor (Duke 1985), quienes concluyeron que los bajos niveles de AG3 dentro de la semilla son la base de la dormición en *Avena fatua*.

Las semillas con dormición primaria pueden perderla y adquirir dormición secundaria al no encontrar condiciones favorables para su germinación (Duke 1985). Esto se observó en la mayoría de las semillas de yuyo colorado luego de permanecer al menos seis meses enterradas o almacenadas en laboratorio. La pérdida de la dormición primaria, según lo demostrado por autores como Duke (1985), Baskin y Baskin (1987) y Baker (1989), podía ser consecuencia de la exposición a las bajas temperaturas invernales durante esos tiempos; por eso, las semillas de algunas especies anuales de verano completan su posmaduración al alterarse el balance promotores-inhibidores.

Se ha comprobado que las bajas temperaturas afectan marcadamente la capacidad para sintetizar giberelinas. La producción de giberelinas se incrementó sustancialmente cuando se expusieron las semillas a temperaturas elevadas luego de estar en bajas temperaturas (Bewley y Black 1985; Khan 1977). De las semillas que no perdieron su dormición primaria durante los 60 meses del experimento, en promedio un 1.4% germinaron con el agregado de AG3 y un 1.1% no respondieron al AG3, pero resultaron viables con la prueba del tetrazolio. Posiblemente, la dormición en estas semillas podría relacionarse también con la presencia de otros factores fisiológicos o morfológicos, físicos o en combinación. Los cambios en el grado de dormición de las semillas de yuyo colorado se produjeron independientemente de la profundidad a la que se encontraban enterradas.

En relación con el efecto de la profundidad sobre la longevidad de las semillas en el suelo existen diversas opiniones. Según Roberts y Feast (1972), en general, las semillas enterradas superficialmente pierden su viabilidad en un período menor que las que se encuentran a mayor profundidad, tanto en suelos cultivados como sin cultivar. De acuerdo con estudios realizados por Egley y Chandler (1978), algunas especies no responden a esta generalización. Por ejemplo, en *A. retroflexus*, hasta los 30 meses la profundidad no tuvo efecto sobre la longevidad de sus semillas. En el caso de yuyo colorado, se observó que la profundidad no afectó la viabilidad de sus semillas durante los primeros 36 meses; en cambio, a los 60 meses los porcentajes de viabilidad diferían notoriamente.

La duración del período en que las semillas permanecen en el suelo influye sobre la viabilidad. A lo largo del tiempo, la viabilidad de las semillas en el suelo decrece (Roberts 1970; Harper 1977; Cavers y Benoit 1989). La pérdida de viabilidad de las semillas en suelos sin laborear varía según la especie. Roberts (1970) estimó, en promedio, una pérdida del orden del 22% anual. El porcentaje de pérdida de viabilidad en yuyo colorado fue igual en todos los años; la disminución más marcada se observó entre los 24 meses y 36 meses con un 31% de pérdida en promedio para las tres profundidades.

La pérdida de viabilidad de las semillas en el suelo fue mucho mayor que la de las semillas conservadas en laboratorios; un 87% permanecía aún viable a los 60 meses. En ensayos realizados por Egley y

Chandler (1978) con *A. retroflexus*, después de permanecer 30 meses en condiciones de laboratorio, observaron valores elevados de viabilidad que alcanzaron el 98 por ciento.

El número de semillas que permanece viable en un suelo sin remoción luego de cinco años, tanto en profundidad como en superficie, indica que el yuyo colorado es una especie capaz de formar bancos persistentes. Este es un factor que hay que considerar al establecer las medidas de control en las rotaciones agrícolas-ganaderas, cuando después de cuatro a cinco años de pradera se implanta un cultivo. Con la remoción del suelo, las semillas expuestas a condiciones favorables germinarán y originarán plántulas, a partir de las cuales se puede restablecer la población de la maleza.

LITERATURA CITADA

- AMEN, R. 1965. A model of seed dormancy. *The Botanical Review* 31(1):1-31
- BAKER, H.G. 1989. Some aspects of the natural history of seed banks. In *Ecology of soil seed banks*. L. Alessio, T. Parker, R. Simpson (Eds.) Chap. 2. p. 9-21.
- BASKIN, J.M.; BASKIN, C.C. 1987. Temperature requirement for afterripening in buried seeds of four summer annual weeds. *Weed Research* 27:385-389
- BEWLEY, D.; BLACK, M. 1985. *Seeds: Physiology of development and germination*. New York, Plenum Press. 367 p.
- CAVERS, P.B. 1983. Seed demography. *Canadian Journal of Botany* 61(12): 3578-3590
- CAVERS, P.B.; BENOIT, D.L. 1989. Seed banks in arable land. In *Ecology of soil seed banks*. L. Alessio, T. Parker, R. Simpson (Eds.). Chap. 14. p. 309-328.
- DUKE, S.O. 1985. *Reproduction and ecophysiology: Weed physiology*. Florida, CRC Press, Inc. p. 165
- FACCINI, D.; BARAT, E.; NISENSOHN, L. 1987. Estudio de la evolución de una población de yuyo colorado (*Amaranthus quitensis* H.B.K.) en un sistema agrícola. *Revista de la Asociación Argentina para el Control de Malezas* 15(2):5-23
- FACCINI, D.; BARAT, E. 1989. Estudio del comportamiento germinativo del yuyo colorado (*Amaranthus quitensis* H.B.K.). *Revista de la Asociación Argentina para el Control de Maleza* 17(1):53-62.
- HARPER, J.L. 1977. *Population biology of plants*. New York, Academic Press. 892 p.
- KHAN, A.A. 1977. Seed dormancy: Changing concepts and theories. In *Physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*. A.A. Khan (Ed). Amsterdam, North Holland Publ. Co. Chap. 3. 447 p.
- LEGUIZAMON, E. 1983. La biología de las semillas de malezas en el suelo. INTA. *Publicación Miscelánea* no. 12. p. 1-22.
- NOVOITNA, E. 1978. Die preparation der blumensaembryonem fur die anwendung des tetrazolium tests. *Seed Science and Technology* 6:809-868.
- ROBERTS, H.A. 1964. Emergence and longevity in cultivated soil of seeds of some annual weeds. *Weed Research* 4:296-307
- ROBERTS, H.A. 1970. Viable weed seeds in cultivated soils. *Rep. Natl. Veg. Res. Stu.* 1969. p. 25-38
- ROBERTS, H.A.; FEAST, P.M. 1978. Fate of seeds of some annual weeds in different depths of cultivated and undisturbed soil. *Weed Research* 12:316-324.
- THOMPSON, K.; GRIME, J.P. 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology* 67:893-921.
- WEAVER, S.; MC WILLIAMS, E. 1980. The biology of Canadian weeds *Amaranthus retroflexus* L.; *A. powelli* S. Wats and *A. hybridus* L. *Canadian Journal of Plant Science* 60:1215-1234.
- WEAVER, S. 1984. Differential growth and competitive ability of *Amaranthus retroflexus*, *A. powelli* and *A. hybridus*. *Canadian Journal of Plant Science* 64:715-724.

Tratamiento de Aguas Residuales de Café en la Cuenca de Coatepec, Veracruz, México¹

M. Castillo*, H. Bailly**, P. Violle**,
P. Pommares**, B. Sallee***

ABSTRACT

In Mexico, coffee processing via the wet method produces 42 000 tons of COD (carbon oxygen demand) over six months. This water pollution is fundamentally organic, acid, and consists of dissolved substances. Facing this problem, the Mexican government set up a system of permissions to use the water and a tax charged to be allowed to pollute. First, a diagnostic study led to measure the water volumes used (from 2.2 to 6.2 l/kg coffee cherries) and the organic load (from 2.5 to 24 g COD/l). Accordingly, an upflow anaerobic reactor combining a sludge blanket and a filter of 10 m³ of usable capacity was built in 1991-1992. Inoculated with urban sludge at the beginning of the 1992-1993 harvest, after four months of working it processed 3 kg of COD/m³ of reactor/day, with an efficiency rate of 70% and a biogas production of 7.7 m³/day. The total investment was US\$960/m³ of reactor.

INTRODUCCIÓN

El café producido en México (\pm 5 millones de sacos) se procesa por vía húmeda y genera una contaminación evaluada en 13.2 millones de metros cúbicos de aguas negras que contienen 42 000 toneladas de DQO, o sea 280 t/d, equivalente

RESUMEN

La contaminación del agua generada por la agroindustria cafetalera representa un total de 42 000 toneladas de demanda química en oxígeno (DQO) en seis meses. Este tipo de contaminación es, sobre todo, orgánica y ácida, y está constituida por elementos disueltos. Frente a este problema, el gobierno mexicano fijó montos para pagar el uso del agua y el derecho para descargar las aguas residuales. En una primera etapa, un diagnóstico permitió determinar los volúmenes de agua utilizados (entre 2.2 l/kg y 6.2 l/kg de café cereza) y la carga orgánica (entre 2.5 g y 24 g de DQO/l). De acuerdo con estos valores, un reactor anaerobio piloto híbrido (lecho de lodos y filtro anaerobio) de 10 m³ útiles fue instalado en 1991-1992. Se inoculó con lodos urbanos al principio de la temporada 1992-1993, y se procesaron, cuatro meses después de funcionamiento, 3 kg de DQO/m³ de reactor por día, con un rendimiento aproximado del 70%, y produjo 7.7 m³ de biogás por día. La inversión total fue de US\$960/m³ de reactor.

Palabras clave: Descontaminación de aguas, café, digestión anaeróbica.

a los efluentes de una ciudad de 5.6 millones de habitantes. Las autoridades nacionales han impuesto normas drásticas para desalojar las aguas residuales de los beneficios húmedos (plantas procesadoras de café por vía húmeda). Sin embargo, el sector dedicado a esa actividad tiene dos problemas fundamentales: una crisis económica aguda y ausencia de propuestas tecnológicas adecuadas y probadas.

Esta problemática se retomó dentro del proyecto de Investigación-Desarrollo de SARH/CIRAD, cuyo tema fuerte es el apoyo a las organizaciones cafetaleras en cooperativas.

Se presenta en este estudio el análisis global del problema que condujo a la construcción de una planta-piloto para el tratamiento de aguas residuales y su evaluación económica y técnica.

El beneficio húmedo consume cantidades variables, pero siempre importantes de agua; dos opera-

¹ Recibido para publicación el 18 de octubre de 1993.
Texto original en español de la comunicación presentada en el XV Coloquio Científico Internacional sobre el Café, Montpellier, Francia.

* Asesor privado

** Voluntarios del Servicio Nacional en la Secretaría de Relaciones Exteriores de Francia.

*** Investigador CIRAD-CP en el Proyecto Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH)/Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD), Xalapa, Apartado Postal #391, 91000 Xalapa, Veracruz, Méx.

ciones fundamentales usan casi el total de agua: despulpado y lavados. Sin embargo, todos los beneficios no tienen el mismo impacto sobre los cuerpos de agua. Además de los beneficios artesanales, se pueden definir otros tres tipos según la capacidad instalada. Así, sólo el 27% de los beneficios concentran el 66% de la producción y generan cerca del 70% de la contaminación total (INMECAFE 1991).

Las aguas residuales del beneficiado húmedo de café contienen una alta contaminación orgánica especialmente disuelta (Cuadro 1). Cada quintal de café procesado genera entre 6 kg y 8 kg de DQO (Wasser 1991). Esta materia orgánica está constituida princi-

palmente por azúcares y sustancias pécticas y tiene capacidad biodegradable (valor de DBO a cinco días cercano al valor de la DQO). También hay que notar la gran variabilidad de los datos por los diferentes volúmenes utilizados de agua.

La concentración de los beneficios en las regiones cafetaleras provoca importantes problemas de abastecimiento de agua potable durante la cosecha. Por ejemplo, en la zona cafetalera de Coatepec (más o menos 500 km² en el Estado de Veracruz), se concentran 118 beneficios húmedos que consumen 900 000 m³ de agua por cosecha y procesan 500 000

Cuadro 1. Estructura porcentual de la agroindustria de café en México (proceso húmedo).

	Rural	Semi/industrial	Industrial	Total
Tipo de beneficio*	< 90 Qq/j	90 a 240 Qq/j	> 240 Qq/j	
Número total de beneficios	73%	20%	7%	100%
Capacidad instalada	34%	34%	32%	100%

* 1 Qq = 45.4 kg de café oro = ± 250 kg de café cereza

Cuadro 2. Composición de las aguas residuales del beneficiado de café.

	Tipo de agua analizada	pH	D.B.O.5 (mg O ₂ /l)	D.Q.O (mg/l)	S.T. (mg/l)	S.D.F (mg/l)	Fuente bibliográfica
Col	despulpado	5		24 800	19 893	18 552	ZULUAGA 1989
Méx	despulpado	5.3	1 659	8 124	5 917	5 265	INMECAFE 1988
Méx	despulpado	6	5 000	10 000	8 500	7 500	BAILLY <i>et al.</i> 1992
Méx	despulpado	4.7	19 000	24 000	19 000	15 500	BAILLY <i>et al.</i> 1992
Col	lavado	4.4		15 465	10 685	9 377	ZULUGA 1989
Méx	lavado	4.7	1 635	8 348	6 294	4 998	INMECAFE 1988
Méx	1° lavado	3.9	8 900	17 000	16 500	12 500	BAILLY <i>et al.</i> 1992
Méx	2° lavado	4.5	3 500	5 400	3 800	3 500	BAILLY <i>et al.</i> 1992
Méx	3° lavado	4.8		2 500	2 600	1 600	BAILLY <i>et al.</i> 1992
Col	despulpado y lavado	4.7	6 083	15 450	741	410	ARIAS <i>et al.</i> 1987

Notas:

DBO 5: demanda biológica en oxígeno a cinco días
 ST: sólidos totales
 DQO: demanda química en oxígeno
 SDT: sólidos disueltos totales

Qq de café. Además, el carácter temporal de la cosecha (100 d a 150 d entre octubre y marzo) aumenta el efecto de esta contaminación. Durante este período se desarrolla una fuerte competencia entre las necesidades del beneficiado y del uso doméstico.

Por otra parte, la contaminación repercute sobre la calidad del café. Los beneficios están situados a lo largo de los ríos, y los ubicados río abajo trabajan con agua contaminada.

En el Cuadro 3 se puede distinguir que la mayoría de los países reportan consumos elevados de agua, porque no había sido hasta entonces un recurso limitado. Además, el gasto de agua es muy variable de un beneficio a otro (según el tipo de maquinaria utilizada y la organización del trabajo), pero también lo es dentro de un mismo beneficio, según el operador y la cantidad de café del día.

En los últimos años, se ha dado una serie de medidas para regular este asunto. En el nivel legal, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) (ya desaparecida, sus funciones en relación con la ecología pasaron a la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y a la Comisión Nacional del Agua (CNA)) definió la norma de descarga para beneficios húmedos de café (Bailey *et al.* 1992). Desde el punto de vista económico se establecieron montos de pago por el uso de agua (aun de manantial o bombeo en los ríos, que antes no se pagaban), y por el derecho de descargar las aguas residuales. Actualmente, la Comisión Nacional del Agua (CNA) y la Procuraduría Federal para el Ambiente (PROFEPA) se encar-

gan de la aplicación de la nueva Ley de Aguas Nacionales, publicada en diciembre 1992.

Una de las consecuencias inmediatas por la aplicación de la nueva legislación es que el abastecimiento y la contaminación del agua aparecen ahora en los costos de transformación del café.

Según lo indicado en la ley, el país está dividido en cuatro zonas de acuerdo con la disponibilidad creciente de agua. Todas las regiones cafetaleras se ubican en la zona 4, con altos recursos hidráulicos y derechos baratos. Si se toma en cuenta un consumo promedio de 8 l/kg de café cereza, se calcula que cada 250 kg de café cereza generan de 6 kg a 8 kg de DQO y 10 kg de sólidos totales (Wasser 1987). El costo para procesar 250 kg de café cereza (± 1 Qq) será de US\$0.29, con la inclusión del uso de agua y los derechos de descarga, lo que representa de 3.6% a 6.1% del costo total del proceso. Si se reduce el consumo de agua a 2 l/kg de café cereza, el costo baja a US\$0.13 centavos.

De 1991 a 1993, el costo de la Ley Nacional del Agua fue multiplicado por tres. La firma del Tratado de Libre Comercio de Norteamérica (NAFTA) acentuará esta tendencia con las exigencias ecológicas estadounidenses.

Además, los beneficios pueden también ser sancionados con multas entre US\$250 y US\$50 000, según la gravedad de la falta, las condiciones económicas del infractor y la reincidencia. Sin embargo, esta presión económica no es todavía suficiente para pro-

Cuadro 3. Consumo de aguas en el beneficiado de café cereza (l/kg).

	Despulpado	Lavados	Total	Fuente
Col	1.8	1.2	3.0	ZULUAGA 1989
Col	7.8	4.8	12.0	ZULUAGA 1989
Méx	2.0	1.0	3.0	INMECAFE 1988
Méx	2.3 a 4.3	1.7	4.6 a 6.0	BAILLY <i>et al.</i> 1992
Méx	5.0	11.8	16.8	Medidas propias 1993
Kenia			20.0	FINNEY 1989
Nicaragua	6.0	3.6	9.6	Medidas propias 1988

mover inversiones en el ahorro de agua y menos en el tratamiento de la descontaminación.

En la zona, existen varias instalaciones de tratamiento:

Empresa	Tipo de proceso
Chocaman	Físico-químico y filtración (Morales 1989).
Xalatlá	Filtración.
Bola de Oro	Anaerobio, primera generación (Rivero 1989).
Puerto Rico	Físico-químico

Es importante señalar que la mayoría de estas instalaciones tienen dificultades de funcionamiento: Bola de Oro sólo trata aguas de lavado; Puerto Rico y Chocaman han sido abandonadas o modificadas debido al alto costo de operación. De estos datos se desprende que los esfuerzos por generar un paquete tecnológico, acorde a las condiciones locales, han sido aislados y actualmente no existe un paquete comercial definido. Ante las nuevas presiones de la ley ambiental, un sector élite parece inclinarse por importar tecnologías de países desarrollados como la solución más real y menos riesgosa, pero se ha visto limitado por el costo de las asesorías y la crisis de los bajos precios que vive el sector cafetalero.

De manera general, los diagnósticos concuerdan en que el gasto de agua es elevado (en volumen) en el beneficiado del café. Además, para lograr un tratamiento eficiente y rentable de las aguas residuales, es indispensable concentrar la contaminación. Se pueden considerar dos maneras de ahorrar agua: reorganizar el proceso para disminuir el consumo final (despulpado en seco, por ejemplo) o promover la recirculación.

El propósito de este trabajo fue buscar un sistema de tratamiento de aguas usadas por medio de un análisis de factibilidad técnica y económica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El beneficio Tlapexcatl fue construido en 1986 por un grupo de caficultores minifundistas agrupados en la Sociedad de Producción Rural Beneficio Tlapexcatl, miembro de la Red de Organizaciones Cafe-

taleras Autogestivas (ROCA). Se ubica en el municipio de Cosautlán de Carvajal (Veracruz); el beneficio está a una altura de 1100 msnm a 20 min por el camino de terracería del pueblo más cercano y a hora y media de la capital del estado, Xalapa.

Tiene una capacidad de 33 Qq/d; procesa en promedio 400 t de café cereza (± 1600 Qq) por cosecha; con ingresos totales entre US\$50 000 y US\$100 000. En un año promedio, funciona durante 120 días con 25 días sin acopio, y proporciona entradas de 5 t a 10 t de cerezas por día durante dos semanas de enero.

El agua proviene por bombeo de un arroyo, adonde regresa después de usarse. La recepción de las cerezas se hace dentro de un sifón ($V_{\text{sifón}} = 7 \text{ m}^3$). Para procesar un kilogramo de cereza se necesitan entre 5 l y 17 l de agua, según el operador y la cantidad de café del día.

Existen tres tipos de sistemas de tratamiento (Fernández 1977):

—El primer tipo es físico-químico y utiliza filtros y productos coagulantes (como la cal, por ejemplo). Con estos productos, se sube el pH hasta 12, para obtener una reacción química que forme compuestos de tipo coloidal e insolubles, aptos para flocular. Los compuestos se separan por sedimentación y filtración.

—Los otros dos tipos son tratamientos llamados biológicos, porque utilizan la contaminación del agua, o sea, la materia orgánica como sustrato para el crecimiento de microorganismos.

El proceso aerobio necesita, como el tratamiento físico-químico, grandes tanques de almacenamiento y agitación para ser eficientes; eso requiere usar mucha energía. Además, estos dos sistemas de descontaminación generan una cantidad importante de lodos, los cuales hay que procesar.

El proceso anaerobio consiste en transformar la materia orgánica en metano y CO_2 con microorganismos anaerobios.

Esta última técnica se presenta como la más apta para resolver esos problemas, porque consume muy poca energía, produce poco lodo y genera biogás combustible, directamente utilizable en el sitio de producción.

Si se considera un consumo de agua de 2 l/kg de cereza, un objetivo realista para una política de ahorro de agua, con un acopio promedio de 20 Qq/d con una contaminación generada de 6 kg a 8 kg de DQO/Qq, sería necesario tratar 10 m³ por día con una carga promedio en DQO de 12 000 mg de O₂ por litro. Sin embargo, actualmente, el beneficio Tlapexcatl utiliza un promedio de 8 l de agua por kilogramo de café cereza, con una carga promedio de 3000 mg de O₂ por litro.

Se escogió construir un digestor anaerobio-piloto de 10 m³ útiles, para tratar la totalidad de las aguas residuales de un beneficio rediseñado para el ahorro de agua (la cuarta parte del consumo actual promedio diario), y con un tiempo de trabajo con retención de un día, suficiente para procesar una carga de 3 kg de DQO/m³ de digestor, con una eficiencia del 80 por ciento. Se construyó un tanque de almacenamiento de 36 m³, para abastecer las importantes cantidades de agua durante el máximo de producción. Un tratamiento aerobio de último toque se previó para llegar a una eficiencia total del 95% (Fig. 1).

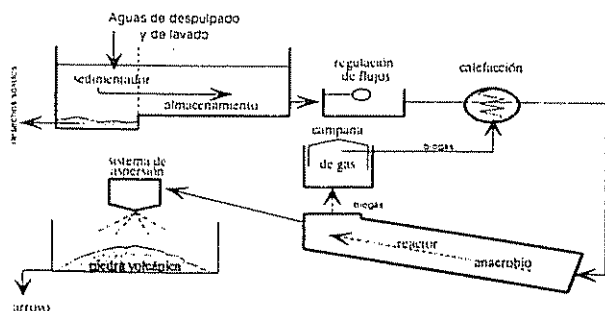


Fig. 1. Esquema del sistema de tratamiento de las aguas residuales del beneficio Tlapexcatl.

—Tanque de almacenamiento ($V = 36 \text{ m}^3$). Se compone de dos partes: la primera, más honda de 50 cm, como sedimentador para los elementos sólidos mayores. También de reserva para almacenar los altos flujos instantáneos y, además, de importancia biológica.

—Tanque de regulación ($V = 0.25 \text{ m}^3$). Presentó un sistema de flotadores para mantener un nivel constante. Todo el proceso de tratamiento se manejó por gravedad. Fue necesario un desnivel entre la entrada y la salida del digestor con el fin de man-

tener un flujo constante, utilizando únicamente válvulas.

—Sistema de calefacción ($V = 40 \text{ l}$). Es un calentador doméstico con termostato, que se alimentó con butano durante la fase de arranque y después con biogás. Calentó las aguas residuales de 15°C y 20°C hasta 23°C y 25°C, para mantener una buena actividad bacteriana.

—Digestor anaerobio ($V_{\text{Total}} = 13 \text{ m}^3$, $V_{\text{útil}} = 10 \text{ m}^3$). Es un digestor híbrido, compuesto de dos partes separadas por una parrilla porosa, un lecho de lodo tipo *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) en la parte baja y un sistema tipo filtro anaerobio en la parte alta (1/3 del volumen total o sea 4 m³), constituido por un empaque de piedras volcánicas. Este filtro permitió retener los sólidos en suspensión al aumentar su tiempo de digestión.

Se construyó localmente en fibra de vidrio. Se aisló con una capa de 2 cm de poliestireno y se enterró. El proceso de tratamiento a lo largo del reactor se hizo por medio de 13 tubos de muestreo. Se siguió la pendiente del terreno con una inclinación de 20°, para bajar los costos y supuestamente mejorar la mezcla en la cama de lodos y aumentar el contacto bacteria-materia orgánica.

—Campana de gas ($V = 7 \text{ m}^3$, en baja presión). Es un cilindro de lámina tapado del lado superior y se desplaza en un tanque de agua al llenarse de biogás. Está conectada al calentador.

—Sistema de aspersión ($S = 25 \text{ m}^2$). Contiene 6 m³ de piedras volcánicas como filtro aerobio. Al salir del digestor, el agua se almacena en un tanque de PVC ($V = 750 \text{ l}$); cuando está lleno, el tanque se vacía automáticamente gracias a un sistema de sifón. El agua cae en forma de lluvia (para cargarse de O₂) sobre una pila de piedras, en las cuales una capa de microorganismos aerobios digiere la DQO restante. Por último, el agua regresa al arroyo. Con esto, se piensa llegar al 95% de descontaminación.

RESULTADOS

No rebasar el costo de construcción fue el principal problema (< US\$1000/m³ del reactor). Por ejemplo, la circulación del agua se hace mediante grave-

dad, aprovechando la pendiente natural del terreno. Todos los tanques se construyeron con materiales tradicionales de construcción (piedra, tabique y cemento). El digestor se hizo con fibra de vidrio y resina de poliéster por su bajo costo y porque, al pasar a una escala mayor de fabricación (> 10 unidades), se usarían moldes para disminuir los tiempos y costos de construcción.

Como todo proceso biológico, el tratamiento anaerobio de aguas residuales requiere un periodo de arranque, antes de llegar a su capacidad máxima, es decir, mientras las bacterias del inóculo se adaptan al medio y se multiplican. De ese modo, la dificultad reside en encontrar un buen inóculo, el cual, en general, debe tener la más alta actividad metanogénica posible y la capacidad de sedimentación suficiente para evitar su arrastre. Lo ideal sería utilizar bacterias de una planta similar. Wasser *et al.* (1991) probaron cuatro fuentes de lodos: estiércol digerido, lodo de tanque séptico, fangos de río y sedimentos de lagunas, en orden de accesibilidad y disponibilidad decreciente. El mayor problema es la baja actividad metanogénica de estos inóculos y, para el estiércol digerido, y utilizado comúnmente, es el fuerte arrastre. Para este trabajo, el lodo de tipo tanque séptico es más apto por su buena capacidad de sedimentación (importante para todo digestor que tiene un lecho de lodo). Así, el digestor Tlapexcatl fue inoculado con 8 m³ de lodos provenientes de una planta de tratamiento de aguas negras urbanas, tipo tanque séptico de Xalapa, Ver.

El sistema total costó US\$960/m³ del volumen total del digestor, de los cuales 33.7% corresponden al costo del puro reactor, es decir, US\$323 por metro cúbico. El resto incluye las obras civiles y la inoculación.

La inoculación del digestor se hizo en dos etapas. Una primera inoculación de 8 m³ se realizó en febrero de 1992, seguida de una corta fase de arranque (tres semanas) con trastornos por problemas de acidificación, principalmente, y un arrastre de lodos importante. En diciembre de 1992, al empezar la nueva cosecha, fue reinoculado con 750 l de lodos.

La evaluación empezó en enero de 1993. El principal parámetro elegido fue la eficiencia, que es la disminución relativa de la carga orgánica (DQO= mg O₂/l) entre afluente y efluente, los dos no filtrados. Un problema de flujo impidió calcular diariamente

los tiempos de retención hidráulica (TRH). Por eso, se calculó un TRH promedio durante la cosecha de tres días. Para determinar la eficiencia de un día X, se tomó la carga orgánica promedio del afluente de ese día y de los dos anteriores (DQO entrada), a la cual se le retiró la carga orgánica promedio del efluente del día X y de los dos siguientes (DQO salida). Esa cantidad se dividió entre los DQO de la entrada y se obtuvo la curva de eficiencia de la Fig. 2.

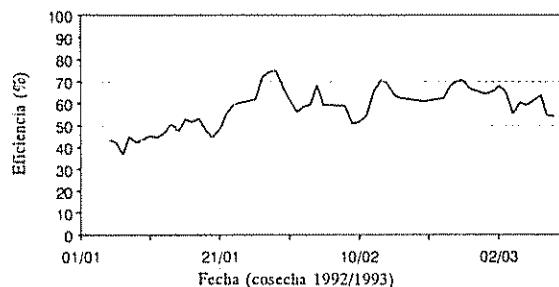


Fig. 2. Eficiencia del reactor anaerobio Tlapexcatl, calculada sobre una base de Tiempo de Retención Hidráulica de tres días.

Aproximadamente en un mes se alcanzó una eficiencia máxima de poco más del 70%, pero con cargas bastante débiles (0.5 kg a 1 kg de DQO/m³ de reactor por día). Después, se observó una disminución de la eficiencia por una sobrecarga (evaluada en 4 kg DQO/m³/d). El sistema se cerró durante tres días para su recuperación. Luego se trabajó con cargas, que fluctuaban entre 1.5 kg DQO/m³/d y 3 kg DQO/m³/d; la eficiencia se mantuvo entre 60% y 70%, y disminuía hasta 50% cuando la carga era demasiado importante. La producción de gas varió con la eficiencia y la carga que entraba. De acuerdo con las observaciones realizadas, se llegó a una producción máxima de 7.7 m³/d, o sea 0.77 m³ de biogás por metro cúbico de reactor por día, que corresponde al tratamiento de 3.0 kg DQO/m³/d con una eficiencia del 70 por ciento. El biogás presentó una composición en metano, que fluctuó entre 76% y 82 por ciento.

El tanque de almacenamiento se fabricó con varios propósitos. El primero fue disminuir la carga orgánica promedio de las aguas residuales (de 5500 a 6000 mg de DQO/l en la entrada del tanque de almacenamiento, mezcla de aguas de despulpado del primer lavado con las del segundo) con el efecto conjugado de dos fenómenos que son la sedimentación de

las partículas más pesadas y la flotación de las más ligeras para formar una nata. La DQO del agua se reduce así en algunas horas alrededor del 30 por ciento. Estos fenómenos pueden aumentarse considerablemente (hasta una reducción de 50%) con la adición de cal o cualquier otro alcalinizante.

Además, el tanque de almacenamiento desempeña otro papel; empieza la primera fase del proceso microbiológico que consiste en la hidrólisis de moléculas complejas del afluente en moléculas más simples, directamente utilizables por las primeras bacterias de la digestión anaerobia. Si el tiempo de retención del tanque es suficiente, se inicia el proceso de acidificación con la transformación de las moléculas simples en ácidos grasos volátiles (AGV) por sustratos de las bacterias metanogénicas. Así, se considera que con un pH ligeramente ácido (5 a 6) y un poco de alcalinidad, condiciones a las que se llega al agregar alcalinizantes como sosa (NaOH), el tanque de almacenamiento tiene una eficiencia más o menos del 6% por día, por esa actividad microbiológica.

Dos problemas mayores destacan después de una cosecha:

- El manejo de flujo de la alimentación del digestor, ligado al caudal de carga orgánica.
- El control del pH de las aguas de entrada (afluente).

Estos problemas tienen una incidencia muy importante sobre el funcionamiento óptimo del reactor.

Los problemas de flujo se deben a la necesidad de disminuir al máximo los costos de instalación, aprovechando la gravedad. No obstante, el funcionamiento del digestor está sometido a varios fenómenos de presión entre aguas y gas, regidos por la posición de cada elemento del sistema frente al reactor. La actividad microbiológica del mismo reactor, es decir la producción de gas, y la distribución de los lados dentro del digestor trastornan la alimentación continua. En estas condiciones es imposible obtener un flujo constante. Las tuberías se tapan con gas o con lodos pesados que se sedimentan cuando se cierra el digestor. La única solución consiste en instalar una pequeña bomba eléctrica ajustable a nivel del flujo, para estabilizar el flujo y conocer perfectamente las cantidades de DQO que entran diariamente al reactor.

El problema de control de pH es otro punto crucial del manejo del sistema. Al salir del beneficio, las aguas tienen un pH promedio de 6, pero rápidamente baja hasta 5 con los procesos de hidrólisis y acidificación al consumir toda la alcalinidad presente en el agua. Normalmente, un digestor anaerobio funciona con un afluente a pH entre 6.5 - 7.0. Para las aguas de café, es necesario añadir mucho alcalinizante, lo que conduce a un costo elevado de operación. Sin embargo, la neutralización, aunque parcial, es indispensable en el funcionamiento del digestor. Por eso, se decidió manejar el sistema a un pH alrededor de 5.0 - 5.5. Para llegar a esto, se bajó progresivamente el pH del afluente de 6.5 a 5.0, y poco a poco se seleccionaron las bacterias más adaptadas a este medio. Se utilizó hidróxido de sodio (NaOH) para neutralizar, en lugar de cal, para evitar el relleno del reactor con materia inorgánica (CaCO₃). Además, al añadir sosa se aumentó la alcalinidad del afluente, que permitió proseguir el proceso de acidificación del tanque de almacenamiento.

Se controla la actividad metanogénica del reactor midiendo la cantidad de AGV presente en el efluente. Cuando la carga entrante es más alta de lo que puede procesar el ecosistema microbiano, los AGV y el hidrógeno se acumulan, el pH disminuye y el proceso se desestabiliza. Si el digestor está correctamente dimensionado y alimentado, este tipo de accidente no ocurre. Hay que aumentar la vigilancia cuando se trabaja con cargas altas (Moletta 1993).

Con el diseño del reactor (inclinado a 20°) también podrían existir problemas de repartición de los lodos dentro del digestor. Para evitar este problema, periódicamente se abrieron todas las entradas para obtener una expansión máxima de los lados. Además, al final de la cosecha, se notó un arrastre de lodos en el efluente por las burbujas de gas que afectaban la sedimentación normal del lecho de lodos. Aunque en cantidad menor, este arrastre podría recuperarse al instalar un sedimentador en la salida del digestor para recircular una cierta parte (por determinar) del efluente. Eso permitiría trabajar con flujos más altos, aprovechando la fuerte alcalinidad del efluente para neutralizar parcialmente las aguas de entrada.

La finalidad de este proyecto es lograr que los empleados del beneficio manejen el sistema. Durante esta cosecha, se capacitó al encargado del beneficio en el control del digestor, pero como se trata de un

sistema biológico bastante sensible, aunque el encargado del beneficio entendiera cómo se manejaba el reactor, el funcionamiento óptimo del sistema no fue posible sin un seguimiento diario de la entrada para controlar el pH, la carga y ajustar el flujo de acuerdo con la capacidad del digestor. Lo más factible sería que un laboratorio especializado atendiera varios sistemas de este tipo en una misma zona.

CONCLUSIÓN Y DISCUSIÓN

La instalación de una planta-piloto de tratamiento de agua permitió experimentar una nueva alternativa de solución al problema de contaminación, generado por la agroindustria cafetalera. Sin un costo importante de instalación y compatible con las exigencias económicas de los beneficios húmedos (el costo es de US\$960/m³ de reactor instalado), la eficiencia alcanzó 70% en el digestor y 85% al tomar en cuenta el sistema entero con el tanque de almacenamiento, con un TRH total de seis días. Sin embargo, el digestor se diseñó para tratar las aguas residuales del beneficio, procesando café con un consumo de 2 l/kg de cereza. En la actualidad, el beneficio Tlapexcatl tiene un consumo promedio de 8 l; consecuentemente, el sistema instalado trata solamente una cuarta parte de las aguas totales.

La estrategia de descontaminación no puede disociarse de una redefinición del proceso tecnológico del beneficiado en función del ahorro de agua, pues más vale tratar una contaminación concentrada que una diluida, especialmente con el propósito de aumentar los TRH. Por ejemplo, se puede tener una carga de 20 kg de DQO con 5 m³ de agua que comprende 2000 mg DQO/l o con 5 m³ de agua, con 4000 mg DQO/l. En el primer caso, se tiene un TRH de un día mientras que en el segundo, de dos días con una eficiencia mayor. De acuerdo con las nuevas leyes que rigen el uso y la descarga de agua, invertir en sistemas integrados de beneficiado de café con bajo consumo de agua y su descontaminación antes de descargarla, puede ser rentable.

Además, los resultados de esta planta-piloto, después de una sola cosecha, pueden perfeccionarse, por un lado, con la especialización de las bacterias y, por otro, con el mejoramiento de cada elemento del sistema. En la última fase aerobia del proceso de descontaminación se debería llegar al 95% de eficiencia global, de acuerdo con el objetivo inicial.

LITERATURA CITADA

- ARIAS, U. R.; NIGIANI, R. 1987 Tratamiento anaeróbico y reutilización de las aguas residuales de lavado de café en reactores UASB a temperatura entre 20-25°C. In Simposio Internacional sobre Utilización Integral de los Subproductos del Café (3., 1987, Gua.) PNUMA/ANACAFE/ICAITI (Gua.) p. 111-121.
- BAILLY, H.; SALLEE, B.; GARCIA, G.S. 1992 Proyecto de tratamiento de aguas residuales de beneficios húmedos. *Café Cacao Thé* (Paris) 36(2): 129-136.
- COMISION NACIONAL DE AGUA. 1991 Ley de aguas nacionales. *Diario Oficial de la Federación* (Méx.) 77 p.
- FERNANDEZ, U.M. 1977 Evaluación de los sistemas para tratar las aguas residuales del beneficiado de café. San José, C.R., Oficina del Café, Departamento de Estudios Técnicos y Diversificación. 24 p.
- FINNEY, A. 1989 Technologie de traitement du café Arabica "fully washed": Notes sur les pratiques d'usage appliquées en plantations privées en Afrique Orientale. I. Technologie de dépulpage, fermentation et lavage. *Café Cacao Thé* (Paris) 33(2):117-124.
- INMECAFE (INSTITUTO MEXICANO DEL CAFÉ) 1988. Gerencia de operaciones.
- INMECAFE (INSTITUTO MEXICANO DEL CAFÉ) 1991 Evaluación sobre el problema de aguas residuales en los beneficios húmedos de café. In *Foro del Café*, Xalapa, Méx. 57 p.
- MOLETTA, R. 1993. La digestión anaerobia: Du plus petit au plus grand. *Biofutur* (Paris) 119:16-25.
- MORALES, J.J. 1990 Tratamiento de aguas residuales, reutilización y prensado de la pulpa en el beneficio de café. Seminario Internacional sobre Biotecnología en la Agroindustria Cafetalera (1., 1989, Xalapa, Méx.). Instituto Mexicano del Café, Universidad Autónoma Metropolitana, ORSTOM (Méx.) p. 77-93.
- RIVERO, F.L.; FERNANDEZ, V.A. 1989 Diseño, construcción, operación y evaluación de un filtro anaerobio piloto para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de beneficios de café. Tesis. Xalapa, Méx., Universidad Veracruzana. 209 p.
- SALLEE, B.; PASQUIS, R.G.; BERHOCOIRIGOIN, F. 1989 Méthodologie de recherche-développement dans le bassin caféier Xalapa, Coatepec, Mexique. In *Colloque Scientifique International sur le Café* (13., Paipa, Col.). ASIC (Paris) p. 627-637.
- WASSER, R.; OROZCO, S.C.; CANTARERO, P.V.R.; MESIAS, R.O. 1991 Experiencias sobre el tratamiento anaerobio de las aguas residuales del café en Matagalpa, Nicaragua. In *Seminario-Taller sobre Tratamiento de Aguas Residuales Agroindustriales* (Cali, Col.) 13 p.
- ZULUAGA, V.J.; COOKMAN, G.P. 1987 Un sistema de filtro anaeróbico de flujo ascendente (UAF) para la biodigestión de aguas residuales del beneficio de café. In *Simposio Internacional sobre Utilización Integral de los Subproductos del Café* (3., Gua.) PNUMA, ANACAFE, ICAITI p. 122-128.

Análisis Químico Comparativo entre *Amaranthus cruentus* y *Amaranthus mantegazzianus*¹

R.M. de Troiani*, T.M. Sánchez*,
L.A. de Ferramola*, J. Vaquero**

ABSTRACT

In order to determine the nutritional quality of *Amaranthus cruentus* L. cv. Don Guien and *Amaranthus mantegazzianus* Pass. cv. Don Juan, and to establish the best time to use them as vegetables or fodder, calculations of dry material (MS) brute protein (PB), calcium (Ca), magnesium (Mg), phosphorus (P), brute fiber (FB), oxalic acid and nitrates were made in stems and leaves of both species, from the plantlet to the beginning of florescence. To analyze them, graphics were made with the percentages of each element and also of the growth units. Student's test was applied to compare the average of the results obtained in stems and leaves at the end of the cycle. These results were significant in both species, except those of MS, Ca and nitrates in *A. cruentus* and MS in *A. mantegazzianus*. Both contained similar quantities of all analyzed elements. The best time for use as a vegetable would be 40 to 45 days after sowing, and as fodder when the florescence appears.

RESUMEN

Con el fin de conocer y comparar la calidad nutricional de *Amaranthus cruentus* L. cv. Don Guien y *Amaranthus mantegazzianus* Pass. cv. Don Juan, así como establecer el momento óptimo para usarlas como hortalizas y/o plantas forrajeras se realizaron determinaciones de materia seca (MS), proteína bruta (PB), calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P), fibra bruta (FB), ácido oxálico y nitratos en tallos y hojas de ambas especies, desde el estadio de plántula hasta el inicio de la floración. Se confeccionaron gráficos con los porcentajes de cada uno de los elementos analizados y las unidades de crecimiento. Se aplicó la prueba de Student para confrontar las medias de los resultados obtenidos en cada uno de los elementos del tallo y las hojas al finalizar el ciclo estudiado. Estos fueron significativos para todos los casos en las dos especies a excepción de MS, Ca y nitratos en *A. cruentus* y MS en *A. mantegazzianus*. Las dos especies presentaron contenidos similares de todos los elementos analizados. El momento óptimo para el uso como hortícola se estableció alrededor de los 40 a 45 días posteriores a la siembra y para uso forrajero al inicio de la floración.

Palabras clave: *Amaranthus*, análisis químico, hortícola, forrajero.

INTRODUCCIÓN

Estudios realizados sobre *Amaranthus* sp. para conocer el contenido de elementos nutricionales y antinutricionales, tanto en la semilla como en la parte verde, destacan el valor alimenticio para el uso humano (Alfaro *et al.* 1987; Bertoni *et al.* 1984; Betsehart *et al.* 1981; Soriano *et al.* 1988; de Troiani 1987).

En Estados Unidos de América (EE.UU.), India y China, este cultivo ha adquirido gran auge por su alto valor nutritivo. Las semillas y las hojas de algunas especies de *Amaranthus* sobresalen por el potencial proteico que poseen (Birthe *et al.* 1987; Castañeda *et al.* 1987).

Este trabajo tiene como objetivos hacer un estudio comparativo de los nutrimentos y antinutrimentos en las hojas y los tallos de dos especies de *Amaranthus* con buen desarrollo en la zona semiárida pampeana, y establecer, con base en ellos, el momento óptimo para su empleo hortícola y/o forrajero.

¹ Recibido para publicación el 18 de diciembre de 1990.

* Docentes, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, Arg.

** Técnico auxiliar de laboratorio. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa. Arg.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron semillas de *A. mantegazzianus* Pass. cv. Don Juan y *A. cruentus* L. cv. Don Guien, sembradas el 24 de noviembre de 1988 a chorrillo continuo, para lograr una densidad de 40 o más plantas por metro cuadrado, en parcelas contiguas, ubicadas en el campo de enseñanza de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, La Pampa, Argentina. El propósito de la elevada densidad de siembra fue reducir el diámetro de los tallos debido al destino de las plantas (hortalizas de hoja y/o forrajeras). La siembra se hizo en hileras, separadas 0.50 m de distancia entre ellas (Frecentese y Covas 1987). De ambas especies, se tomaron muestras al azar cuando las plantas tenían de 2 hojas a 4 hojas, de 4 hojas a 6 hojas y de 8 hojas a 10 hojas. Luego, se muestrearon por separado el tallo y las hojas cada siete días aproximadamente. Las dos últimas muestras tomadas correspondieron al inicio de floración en ambas especies. Se determinaron unidades de crecimiento del cultivo (GDU), según Karlen *et al.* (1988), y se confeccionaron los gráficos con los porcentajes de cada uno de los elementos analizados con los GDU acumulados. Se establecieron pa-

trones estacionales del estado del tiempo con base en los GDU (Karlen *et al.* 1987) y los datos recogidos en la estación agrometeorológica (Boletín Mensual Estación Agrometeorológica 1989).

La determinación de la humedad se realizó en una estufa a 60°C, en cenizas por calcinación en mufla a 550°C (Pearson 1976) y el Ca y Mg por complexometría (Hamerly *et al.* 1984). El N se precisó por semimicro Kjeldahl (Volonteri y Jonas 1981) y el P, por colorimetría (Jackson 1964). Se calcularon la PB (N x 6.25), y la relación Ca:P. El nitrato se determinó por colorimetría (Cataldo *et al.* 1975) y ácido oxálico según la técnica de la *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC 1984). La FB se determinó por doble digestión con álcali y ácido (Jackson 1964). Las medias de los resultados de cada uno de los análisis efectuados en las hojas se compararon con las del tallo, mediante la prueba de Student con un nivel de significancia del 95 por ciento.

En el Cuadro 1 están los valores acumulados de GDU, lluvias, días posteriores a la siembra y estadio de las especies. En el Cuadro 2 se aprecian las características analíticas del suelo.

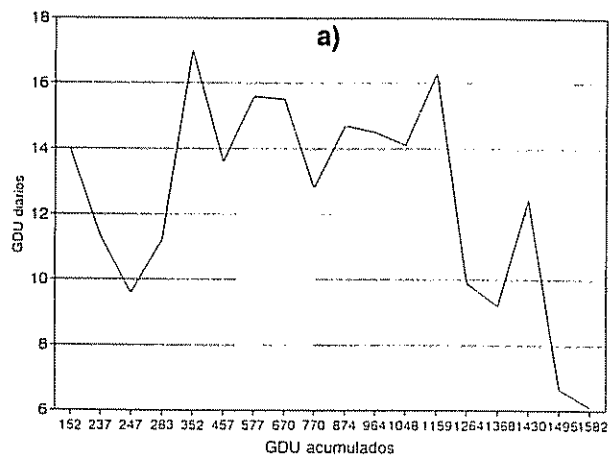
Cuadro 1. Valores acumulados de GDU, lluvias, días posteriores a la siembra y estadios correspondientes a *A. cruentus* y *A. mantegazzianus*.

GDU	Lluvia	Día	Estadios	
			<i>A. cruentus</i>	<i>A. mantegazzianus</i>
152	22.20	11	planta (2 hojas a 4 hojas)	planta (2 hojas a 4 hojas)
237	48.70	18	planta (4 hojas a 6 hojas)	planta (4 hojas a 6 hojas)
247	48.70	19	planta (6 hojas a 8 hojas)	planta (6 hojas a 8 hojas)
283	48.70	22	planta (8 hojas a 10 hojas)	planta (8 hojas a 10 hojas)
352	62.40	28	hojas y tallos	hojas y tallos
457	62.40	35	hojas y tallos	hojas y tallos
577	67.40	42	hojas y tallos	hojas y tallos
670	67.40	49	hojas y tallos	hojas y tallos
770	70.60	56	hojas y tallos	hojas y tallos
874	98.30	63	hojas y tallos	hojas y tallos
964	114.70	71	hojas y tallos	hojas y tallos
1 048	115.70	77	inicio de floración	hojas y tallos
1 159	140.70	84	inicio de floración	hojas y tallos
1 264	144.10	91	inicio de floración	hojas y tallos
1 368	221.40	99	inicio de floración	hojas y tallos
1 430	243.00	105	inicio de floración	hojas y tallos
1 495	255.00	112	inicio de floración	inicio de floración
1 582	272.00	123	inicio de floración	inicio de floración

Cuadro 2. Características analíticas del suelo.

Materia orgánica (%)	Granulometría (%)		
	Arcilla	Limo	Arena
1.30	13.2	17.8	65.0
pH (pastura saturada)	C E dsm -1	Capacidad de intercambio catiónico mEq/100 g	
6.9	0.64	13.08	
Cationes intercambiables (mEq/100 g)		P disponible ppm (Brays y Kurtz)	
Ca	Mg	Na	K
8.18	1.59	0.43	2.03

C.E. Conductividad eléctrica



La Fig. 1 presenta los GDU estacionales, la radiación solar y la humedad relativa correspondientes al período de crecimiento estudiado de ambas especies.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Si bien ambas especies experimentan gran parte de su desarrollo en un período de GDU diarios que oscila entre 13 y 17, valores que corresponden a 250 GDU acumulados y 1250 GDU acumulados, el *A. mantegazzianus* posee un ciclo considerablemente más prolongado que el *A. cruentus*, y llega al inicio de la floración hasta los 1600 GDU acumulados (Fig. 1a)

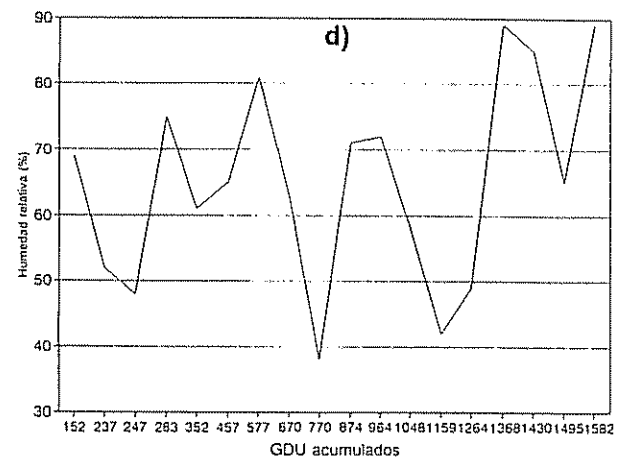
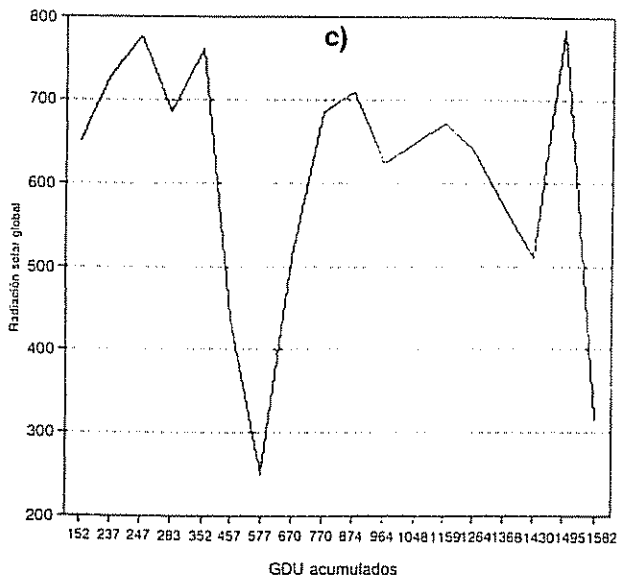
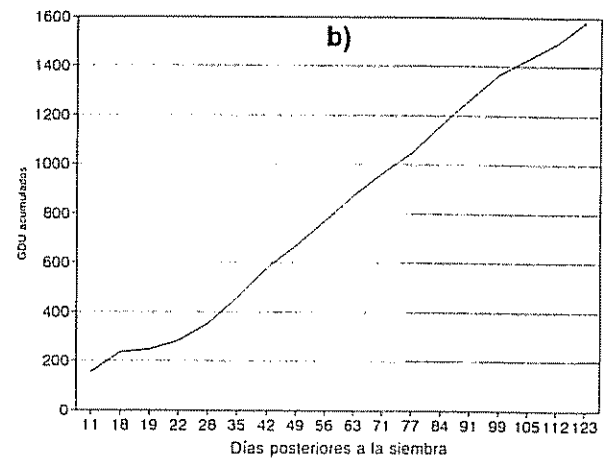


Fig. 1. (a) Variaciones diarias de GDU en función de los GDU acumulados; (b) GDU acumulados en función de los días posteriores a la siembra; (c), (d) radiación solar global y humedad relativa en función de GDU acumulados. Variables correspondientes al período de crecimiento de *A. mantegazzianus* y *A. cruentus*.

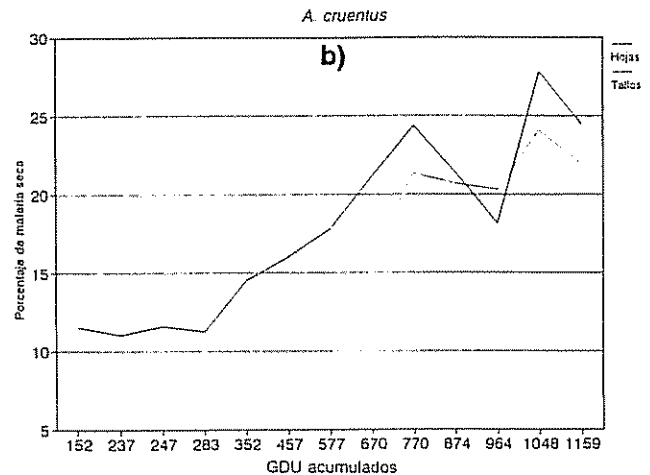
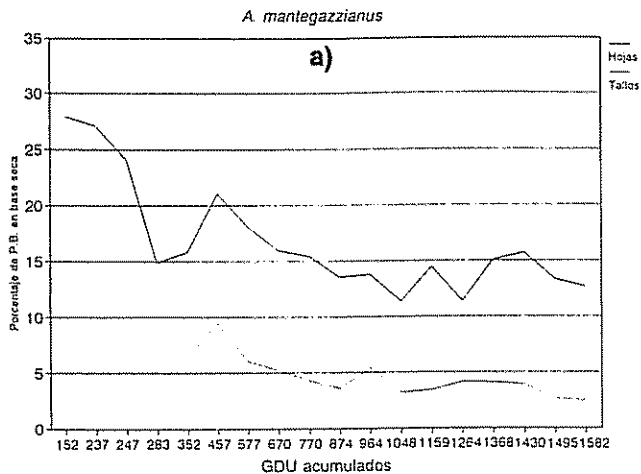


Fig. 2. Porcentaje de materia seca en tallos y hojas de a) *A. mantegazzianus* y b) *A. cruentus* en los distintos GDU acumulados.

El porcentaje de MS seca se incrementa en ambas especies a medida que se desarrollan, y es superior en las hojas, dato que coincide con Castañeda *et al.* (1987) (Fig.2).

El porcentaje de MS en *A. cruentus* comenzó a disminuir en las hojas a los 765 GDU hasta los 950 GDU para volver a incrementarse posteriormente. En *A. mantegazzianus* ocurrió lo mismo; en este caso la disminución fue apreciable a los 1300 GDU y 1600 GDU, por poseer un ciclo más largo que la especie anterior. En ambas especies, los valores de MS fueron superiores en las hojas que en los tallos, excepto cuando se presentaron las disminuciones mencionadas, las cuales coincidieron con las que se observan en la Fig. 1d.

La comparación de las medias al finalizar el ciclo analizado no estableció diferencias significativas entre el tallo y las hojas de las dos especies.

El porcentaje de PB tiene similar comportamiento en las dos especies estudiadas (Fig. 3); en ambas los valores son inferiores a los citados en la bibliografía (Pulido y Trinidad 1988). En el tallo y las hojas de *A. mantegazzianus*, el porcentaje de PB es levemente superior al de *A. cruentus*. La diferencia de porcentajes acumulados durante el período analizado, entre el tallo y las hojas de las dos especies, es significativa, pues fue un 68% superior en las hojas con respecto al tallo de *A. cruentus* y un 69% mayor en las hojas en relación con el tallo de *A. mantegazzianus*. Los valores más altos del porcentaje de PB se apre-

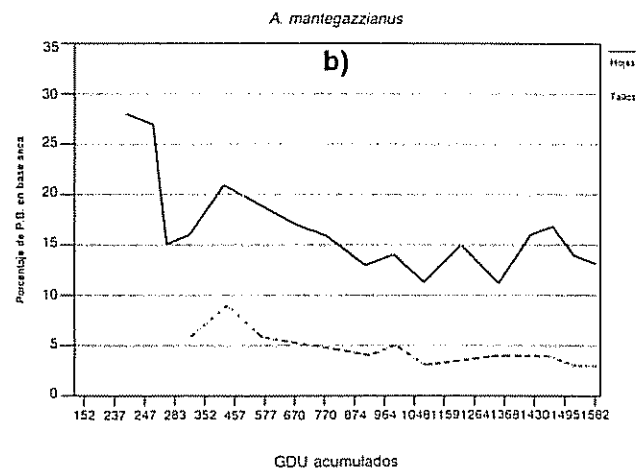
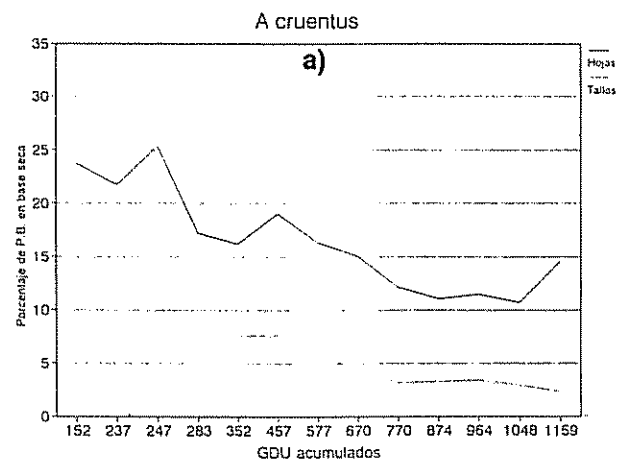


Fig. 3. Porcentaje de proteína bruta en base seca en tallo y hojas de a) *A. mantegazzianus* y b) *A. cruentus* en los distintos GDU acumulados.

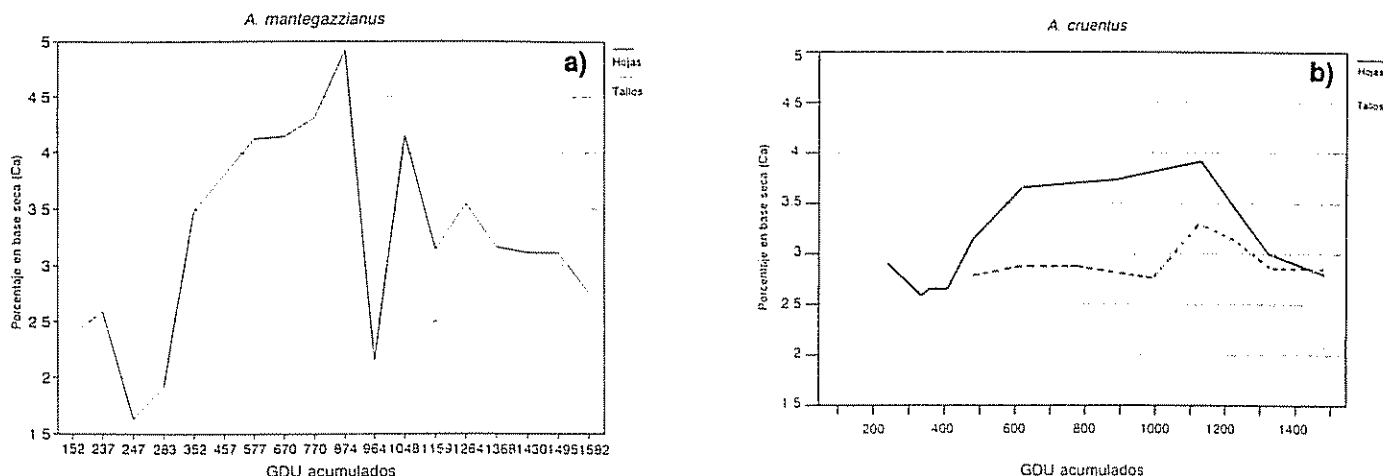


Fig. 4. Porcentaje de Ca en base seca en tallos y hojas de a) *A. mantegazzianus* y b) *A. cruentus* en los distintos GDU acumulados.

cieron en los estadios de plántula (Fig. 3), decayeron luego progresivamente y se recuperaron en los 450 GDU como respuesta a la humedad relativa. Sin embargo el descenso continuó y no se presentaron aumentos con la humedad por la precipitación en los 570 GDU (Fig 1d), pues la planta se encontraba en pleno crecimiento y aumento de biomasa

En *A. cruentus* se apreció, un incremento en el porcentaje de PB alrededor de los 1150 GDU causado por la humedad relativa y al inicio de la floración. El porcentaje de PB en *A. mantegazzianus* aumentó en 1350 GDU por la misma causa.

El porcentaje de Ca osciló, en ambas especies, entre 2% y 4.70%; valores que concordaron con los hallados por Hill en *A. retroflexus* (Hill y Rawate

1982), y fueron superiores a los que menciona Sullivan para forrajes en general (Sullivan 1969). El porcentaje más alto se determinó en las hojas, luego que las plantas aumentaron el número de 8 hojas a 10 hojas (Fig. 4). Los porcentajes obtenidos a los 600 GDU, que correspondían aproximadamente a 45 días de la siembra (Fig 1b), coincidieron con los citados por Castañeda *et al* (1987) para *A. hypochondriacus*. *A. mantegazzianus* sufrió incrementos y disminuciones en las hojas, superados los 900 GDU (Fig. 4). La comparación de las medias al finalizar el ciclo estudiado no mostró diferencias significativas entre el tallo y las hojas de *A. cruentus*. Esa diferencia en *A. mantegazzianus* fue muy significativa, por lo que se supone que, para esta especie, los valores del porcentaje de Ca en las hojas a 850 GDU difieren notablemente de los porcentajes inferiores hallados en el tallo.

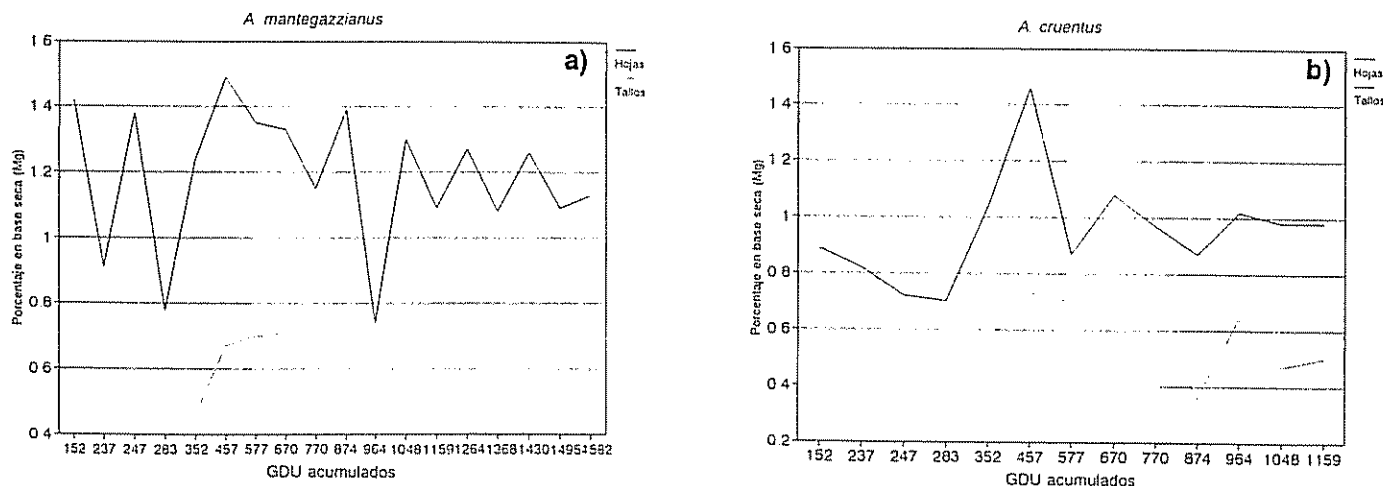


Fig. 5. Porcentaje de Mg en base seca en tallos y hojas en a) *A. mantegazzianus* y b) *A. cruentus* en los distintos GDU acumulados.

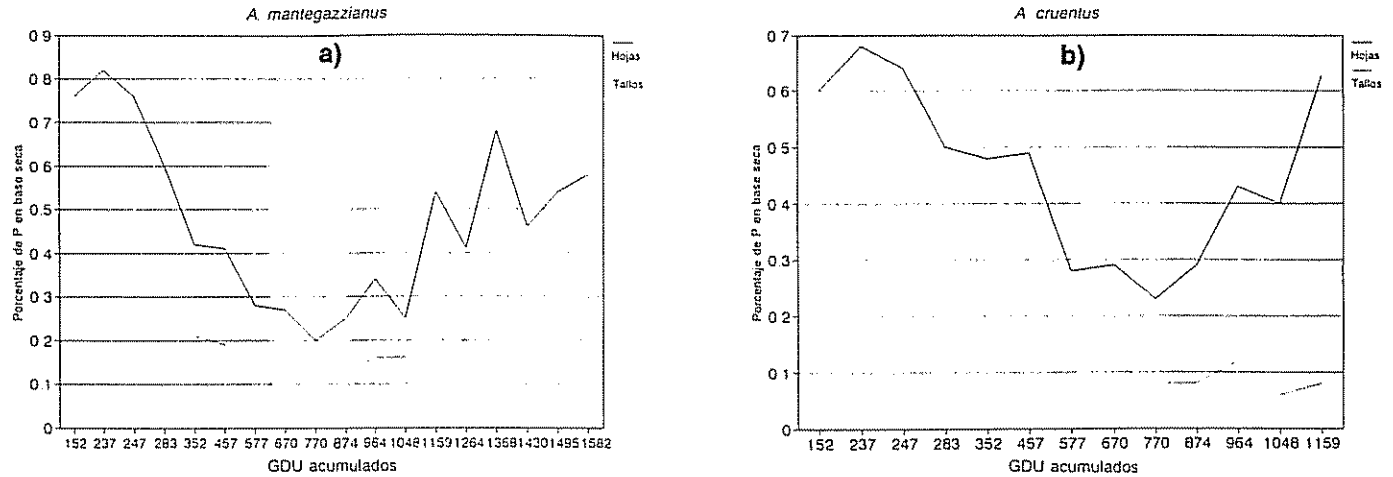


Fig. 6. Porcentaje de P en base seca en tallos y hojas de a) *A. mantegazzianus* y b) *A. cruentus* en los distintos GDU acumulados.

Los porcentajes de Mg de *A. cruentus* y *A. mantegazzianus*, calculados durante el ciclo estudiado, se encuentran en la Fig. 5. Los valores son similares en las dos especies, con tendencia a permanecer constantes. En *A. cruentus*, la media del ciclo en las hojas es de 1.03% y en tallos de 0.59 por ciento. Por su parte, en *A. mantegazzianus*, la media en las hojas es de 1.20% y en los tallos de 0.60 por ciento. Con la aplicación la prueba de Student para comparar las diferencias entre las medias, los porcentajes de Mg del tallo y las hojas resultaron significativos en ambas especies.

Los porcentajes de P hallados en las hojas durante el análisis fueron próximos a los citados por Hill para *Amaranthus* sp. y *A. retroflexus* (Hill y Rawate 1982). Los valores encontrados en las hojas y los tallos en ambas especies son inferiores a los citados por Castañeda *et al.* (1989) para *A. hypochondriacus*. La presencia de este elemento en la planta depende, en gran parte, de la fertilidad del suelo (Cuadro 2). Los valores porcentuales de este elemento son similares y presentaron igual tendencia en las dos especies estudiadas: disminuyeron con el crecimiento y aumentaron al inicio de la formación de la inflorescencia. Los porcentajes en las hojas son superiores a los del tallo durante todo el ciclo estudiado. La comparación de las medias entre el tallo y las hojas, señaló diferencias significativas.

Las relaciones Ca:P son mayores en el tallo que en las hojas en las dos especies (Cuadro 3), por los bajos contenidos de P en el tallo. Entre 577 GDU y 964 GDU, esta relación en las hojas se elevó por en-

cima de los valores considerados óptimos por Underwood 1981) para consumo animal, pues el porcentaje de Ca fue elevado en ambas especies durante este lapso (Fig. 4). El resto de los valores de la relación Ca:P en las hojas fue adecuado para mantener el equilibrio necesario de estos dos elementos para la nutrición animal (Underwood 1981).

Cuadro 3. Relación Ca:P correspondiente a tallos y hojas de *A. cruentus* y *A. mantegazzianus* en los distintos GDU acumulados.

GDU	<i>A. cruentus</i>		<i>A. mantegazzianus</i>	
	Tallos	Hojas	Tallos	Hojas
152		4.75		3.23
237		3.18		3.16
247		3.70		2.14
283		4.48		3.18
352	10.83	7.29	10.48	8.28
457	10.80	8.84	14.31	9.29
577	22.66	16.60	33.25	14.75
670	23.82	15.27	21.83	15.37
770	31.75	19.91	40.71	21.60
874	44.75	16.31	22.00	19.68
964	26.16	9.02	14.87	8.82
1048	44.33	7.35	13.37	16.64
1159	33.25	4.00	13.94	5.81
1264			10.15	8.66
1368			13.43	4.65
1430			11.79	6.76
1495			11.22	5.76
1589			13.75	4.75

Dentro de los denominados antinutrientes, los porcentajes de nitrato tienen importancia en ambas especies por los valores que alcanzan en sus primeras fases de desarrollo. Es importante destacar que algunos autores, como Sullivan (1969), Hill y Rawate (1982) y Avila *et al.* (1987), citan como valores potencialmente tóxicos los comprendidos entre 0.21% y 2.00% en base seca. Los porcentajes de nitrato se comportaron en forma similar en las dos especies estudiadas. *A. mantegazzianus* posee un porcentaje de 1.35 de nitrato cuando tiene de 2 hojas a 4 hojas, el cual desciende notoriamente a medida que se incrementa el número de las hojas, lo que coincide con lo expuesto por de Troiani (1989).

En la Fig. 7 se observan dos incrementos posteriores en *A. mantegazzianus*, que llegaron a 0.78% y 0.31% en las hojas, originados por las precipitaciones producidas (Fig. 1d), ya que la humedad y la fertilidad del suelo influyen en el contenido de nitrato en los vegetales (Pearson 1976). La tendencia en las dos especies es la disminución de los porcentajes de nitratos a medida alcanza la madurez fisiológica, ya que los incrementos antes citados son cada vez menores y casi no hay respuesta al aumento de la humedad relativa, que se produjo alrededor de los 1500 GDU (Fig. 1d). Los porcentajes de nitratos en los tallos de *A. mantegazzianus* son inferiores a los de las hojas, por lo que se presentaron disparidades importantes al comparar las medias. *A. cruentus* posee porcentajes superiores en los tallos que en las hojas y, además, los tallos incrementan su medida con las precipitaciones, más que los de *A. mantegazzianus* (Fig. 7). En *A. cruentus* la comparación entre medias no fue significativa.

Los porcentajes de ácido oxálico en las especies analizadas de *Amaranthus* (Fig. 8) coincidieron con los citados por Hill (Hill y Rawate 1982) para hojas de *A. retroflexus*. Un amplio rango de los contenidos de oxalatos, que va de 5.22% a 24.98% en base seca, se citó para *Amaranthus*, así como los valores de 1.65%, 2.18% y 2.58% en la fase vegetativa para los distintos genótipos de *Amaranthus* (Avila *et al.* 1987). Los porcentajes de ácido oxálico hallados en las dos especies descendieron con la madurez fisiológica, apreciación que coincidió con la de Davis (1981) para *Atriplex*. Los valores de oxalatos que exceden el 10% son considerados potencialmente tóxicos (Avila *et al.*); en los vegetales, pueden ser de sodio y de potasio (solubles), y de calcio (insolubles); los primeros son más peligrosos, ya que el ión oxalato, por sus posteriores reacciones, resulta tóxico para el organismo animal. Es muy probable que en *A. mantegazzianus* y *A. cruentus* la cantidad de ese elemento corresponda a oxalatos de calcio por la abundancia que hay de este catión en ellos (Fig. 4).

Los valores de FB obtenidos en *A. cruentus*, variaron entre 23.77% y 31.06% en los tallos; y 8.77% y 15.93% en las hojas. En *A. mantegazzianus*, los porcentajes fueron de 20.35% a 31.51% en los tallos y de 8.77% a 16.83% en las hojas, lo que demuestra mínimas diferencias entre las especies estudiadas. Estas estimaciones coincidieron con las halladas por Bertoni (Bertoni y Cattano 1987) en *A. caudatus*, *A. cruentus* y *A. mantegazzianus*. La comparación de medias entre las hojas y los tallos mostró diferencias significativas en ambas especies al finalizar el periodo estudiado.

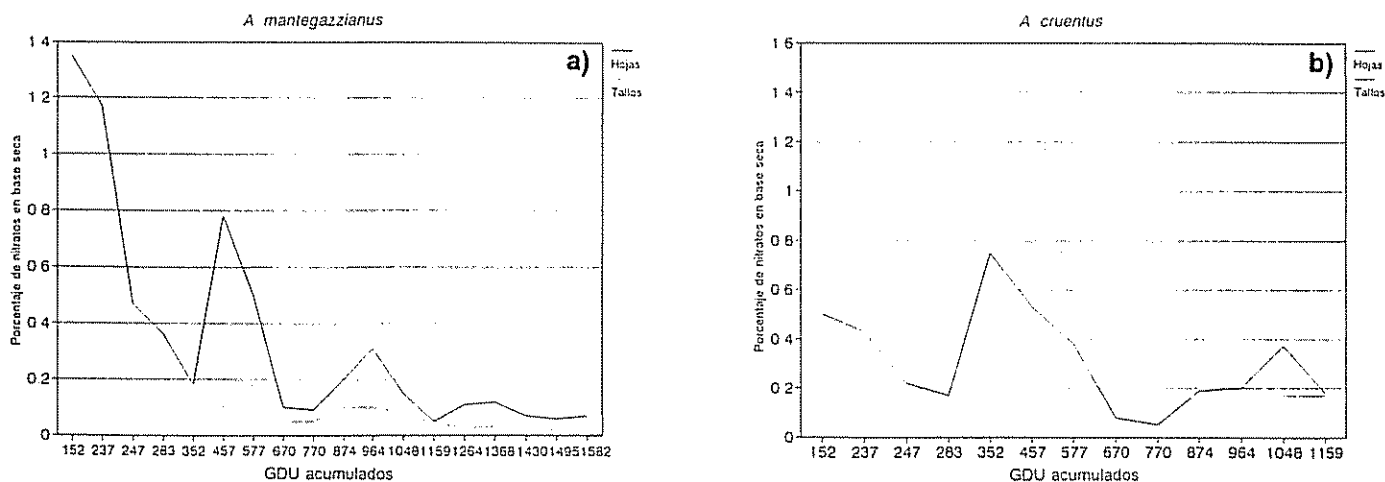


Fig. 7. Porcentaje de nitratos en base seca en tallos de a) *A. mantegazzianus* y b) *A. cruentus* en los distintos GDU acumulados.

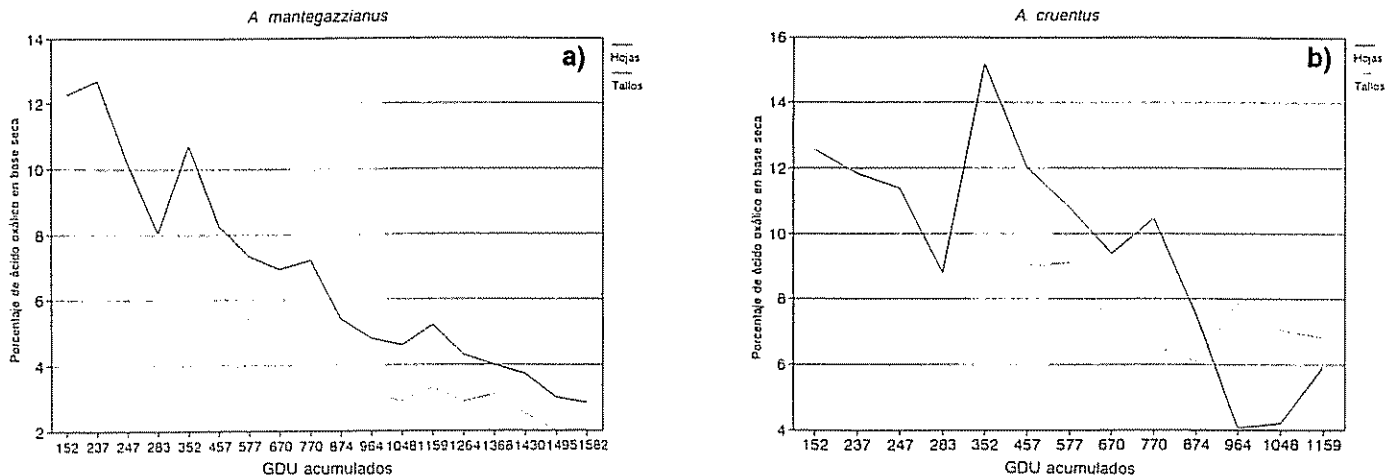


Fig. 8. Porcentaje de ácido oxálico en base seca en tallos y hojas de a) *A. mantegazzianus* y b) *A. cruentus* en los distintos GDU acumulados.

CONCLUSIONES

Ambas especies presentaron contenidos similares de nutrimentos y antinutrimentos analizados durante el ciclo vegetativo estudiado. Las dos respondieron a los aumentos de la humedad relativa con un incremento en los porcentajes de nitratos, y las dos se mostraron como excelentes portadoras de Ca, después del estadio de plántula. Los contenidos porcentuales de P, Mg y ácido oxálico son levemente superiores en *A. mantegazzianus*. La MS, levemente superior en las hojas, y la FB superior en un 50%, en el tallo, denotan la mayor riqueza de las primeras en nutrimentos, en el ciclo estudiado. Esta característica puede permitir que la inclusión de fibra en la dieta se regule con la variación de la densidad de siembra, para aumentar o disminuir el tamaño del tallo (Frecentese y Covas 1987). Todos los elementos analizados son superiores en las hojas excepto los nitratos en *A. cruentus* y en el valor de FB de ambas especies. Al finalizar el ciclo estudiado, se verificaron las diferencias significativas entre las medias de los tallos y las hojas para todos los elementos analizados, con excepción de MS, CA y nitratos en *A. cruentus*, y MS en *A. mantegazzianus*.

En caso de usarse como hortaliza de hoja, el momento adecuado sería alrededor de los 500 GDU a 600 GDU, que corresponde a los 40 días o 45 días posteriores a la siembra, momento en que se dan las mejores condiciones de riqueza en elementos nutricionales (elevado contenido de Ca y buen contenido de PB) en las dos especies.

Para un consumo sin los inconvenientes de los contenidos tóxicos de oxalatos y nitratos es recomendable hervir el *Amaranthus*, pues así los oxalatos se eliminan en gran medida y los segundos, casi en su totalidad, (Bertoni *et al* 1984; Hamerly *et al* 1984). Los riesgos de posible toxicidad causados por esos elementos ponen en duda el uso de *Amaranthus* en forma cruda, en el lapso de 40 días a 45 días después de la siembra y, aun más, en el estadio de plántula.

El uso de *Amaranthus* como forrajera es conveniente practicarlo después de los 700 GDU acumulados para evitar el riesgo tóxico, preferiblemente en el momento de la formación de la inflorescencia, que coincide con el mayor porcentaje de MS y con dependencia, en gran medida, de la aceptación del animal.

LITERATURA CITADA

- ALFARO, M A ; MARTINEZ, R R ; RAMIREZ y BRESANI, R 1987 Rendimiento y composición química del amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en diferentes etapas fisiológicas Archivos Latinoamericanos de Nutrición 37:108-121.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1984. Official methods of analysis Washington, D.C.

- AVILA, F I ; SUAREZ, R G ; CALDERON, M 1987. Estudio comparativo de oxalatos y nitratos en seis genotipos de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en Pedro Escobero Querétaro In Coloquio Nacional del Amaranto (Querétaro, Méx) p 193-203.
- BERTONI, M H ; GOMEZ, R G ; CATTANEO, P ; COVAS, G. 1984. Estudio sobre semillas de especies americanas de *Amaranthus*. II. Harinas de extracción de *A. caudatus* y *A. mantegazzianus*. Anales de la Asociación Química Argentina 72 (6):597-605.
- BERTONI, M H ; CATTANEO, P 1987 Aspectos nutricionales del follaje y de la semilla de amarantos americanos cultivados. In Jornadas Nacionales sobre Amarantos (I) Actas. Arg., Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa p. 63-86.
- BETSEHART, A A ; IRVING, D W ; SHEPHERD, A D ; SAUNDERS, R M. 1981 *Amaranthus cruentus*: Milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality Food Science (46):1181-1187.
- BIRTHE, P ; KALINOWSKI, L S ; EGGUN, O B. 1987. The nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*). I Protein and minerals of raw and processed grain. Plant Food for Human Nutrition 36:309-324
- BOLETIN MENSUAL ESTACION AGROMETEOROLOGICA. 1989 Arg. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa. Santa Rosa
- CASTAÑEDA, C L ; SUAREZ, R G ; VALDEZ, L A 1987. Evaluación del amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) como hortaliza en comparación con la espinaca (*Spinacea oleracea* L.) cv Viroflay In Coloquio Nacional del Amaranto (Méx., Querétaro) p 150-162.
- CATALDO, D A ; HAROON, M ; SCHRADER, L E ; YOUNGS, V L. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid Soil Science and Plant Annals 6(1):71-80.
- DAVIS, A M. 1981 The oxalate, tannin, crude fiber, and crude protein composition of young plants of some *Atriplex* sp. Journal of Range Management 34(4)
- FRECENTESE, A M ; COVAS, G. 1987. Técnicas culturales de los amarantos In Jornadas sobre Amarantos (I). Arg., Santa Rosa, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa. p 56-62.
- HAMERLY, J ; MARRACINO, J ; PIAGENTINI, R. 1984. Curso de química analítica Buenos Aires. El Ateneo p 1006.
- HILL, R M ; RAWATE, P D. 1982. Evaluation of food potential, some toxicological aspects, and preparation of a protein isolate from the aerial part of amaranth (pig-weed) Journal of Agricultural Food Chemicals 30:465-469.
- JACKSON, L N 1964 Análisis químico de suelo 2a ed. Trad. del inglés por J.B. Martínez Barcelona, Omega. 662 p.
- KARLEN, D L ; SADLER, E J ; CAMP, C R 1987 Dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium accumulation rates by corn on Norfolk loamy sand Agronomy Journal (79):649-656
- KARLEND, D L ; FLANNERY, SADLER, E J. 1988 Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn Agronomy Journal 80:232-242.
- PEARSON, D. 1976. Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Traducción del inglés por C. Romero, J. Miranda y Suso. Esp., ACRIBIA. 331 p.
- PULIDO, M C ; TRINIDAD, S A. 1988 Efecto de nitrógeno y humedad en el rendimiento de grano, materia seca y contenido de proteína de *Amaranthus hypochondriacus* y *Amaranthus cruentus* In Coloquio Nacional del Amaranto. Méx., Querétaro
- SORIANO, S J ; BRITO, F E DE LA ; TOVAL, G L R. 1988. Valor nutritivo de semillas de amaranto procesadas mediante un sistema de lecho fluidizado In Coloquio Nacional del Amaranto. Méx., Querétaro. p. 234-241.
- SULLIVAN, J T 1969. Chemical composition of forages with reference to the needs of the grazing animal. Washington, D C.. U S Department of Agriculture, Agronomy Research Service p 34-107
- TROIANI, R DE 1989. Contenido de nitratos y proteína en plántulas de *Amaranthus cruentus* L. cv Don Guen. Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Agronomía. Arg. Amarantos, novedades e informaciones no. 2 p. 2-3.
- TROIANI, R DE ; MIRASSON, E ; COVAS, G 1987. Análisis químico comparado de "alegría" (*A. cruentus* L.) y maíz pisingallo (*Zea mays* L. var *Oryzaea Kulechov*). In Jornadas Nacionales sobre Amarantos (I.). Actas. Arg., Universidad de La Pampa. Facultad de Agronomía, Santa Rosa. p 102-105.
- UNDERWOOD, E J 1981. Los minerales en la nutrición del ganado. Traducción del inglés por P.D. Maluenda. Esp. ACRIBIA. 210 p
- VOLONTERI, H ; JONAS, O. 1981 La determinación de N en materiales biológicos Boletín del Centro Pampeano de Estudio en Ciencias Naturales y Agronómicas no. 2 p 23-30.

RESEÑA DE LIBROS

OPPORTUNITIES IN BASIC SOIL SCIENCE RESEARCH. 1992. G. Sposito, R.J. Reginato, R.J. Luxmore (Eds). Madison, WI, USA, SSSA. 109 p.

Históricamente, la edafología surgió de la necesidad de resolver problemas en la producción agrícola. Así se logró dominar la investigación, según los autores de este libro, al aplicar y buscar soluciones para la producción, para el riego, para la calidad del agua, entre otros aspectos. En este libro, los autores discuten la necesidad de enfocar la edafología no solamente bajo el punto de vista de su aplicación, sino que insisten en la necesidad de entenderla como ciencia básica, comparable con la biología o física.

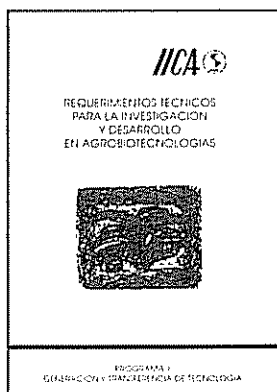
Para este fin, se presenta una revisión del estado del arte de diferentes disciplinas de la edafología y se indica para cada una de las necesidades y posibilidades lo que implica una investigación básica. En el capítulo 1 se analiza la edafología, en general; en el capítulo 2, la pedología; en los capítulos 3, 4 y 5, la biología de suelos, mineralogía y química de suelos y física de suelos. En cada uno de estos capítulos, se

muestran las diferentes ramas y posibilidades en el análisis de los aspectos básicos, de una manera optimista y poco crítica, semejante a la manera de pensar en la sexta y séptima décadas, cuando todo parecía posible. Finalmente, en el capítulo 6 se tratan las estrategias futuras y cómo enfocar más los aspectos básicos, comenzando con la educación escolar.

Este libro se centra en el sistema educativo de Estados Unidos de América, y en el financiamiento para la investigación. En mi opinión, su contenido trata una charla magistral extendida y dirigida eventualmente, en primer lugar, a personas que no trabajan dentro de la edafología, pero que requieren información general y positiva sobre el quehacer de los edafólogos. Podría resumirse en un artículo sin sacrificar uno de los tópicos. No profundiza mucho ni presenta citas bibliográficas.

WILHELM-GÜNTHER VAHRSON
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS
UNIVERSIDAD NACIONAL
COSTA RICA

LIBRO RECOMENDADO



US\$5.00

Requerimientos Técnicos para la Investigación y Desarrollo en Agrobiotecnologías. San José, C.R., IICA. Programa II. 62 p. Serie Publicaciones Misceláneas (ISSN-0534-5391) A1/SC-93-07.

Proporciona orientaciones detalladas para los directores de investigación y otras instancias de decisión en ALC, interesados en el desarrollo de su capacidad de generación y transferencia de agrobiotecnologías.

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

RESEÑA DE LIBROS

CAB INTERNATIONAL. 1992. Cotton diseases. R.J. Hillocks (Ed.). UK, Wallingford, Oxon OX10 8DE. 415 p.

Dr. R. J. Hillocks, an experienced cotton plant pathologist, has edited a book that reflects the worldwide importance of this crop and many of its diseases. It contains a Preface, an Introduction, an Index, and 11 chapters, most of them written by Dr. Hillocks himself and the rest by known specialists on each subject. These include 1) Seedling diseases (R.J. Hillocks), 2) Bacterial blight (R.J. Hillocks), 3) Verticillium wilt (A.A. Bell), 4) Fusarium wilt (R.J. Hillocks), 5) Fungal diseases of the root and stem (C.M. Kenerley & M.J. Jeger), 6) Fungal diseases of the leaf (R.J. Hillocks), 7) Fungal diseases of the boll (R.J. Hillocks), 8) Microbial contaminants of the lint (R.J. Hillocks), 9) Virus diseases (J.K. Brown), 10) Nematodes (J. Bridge), and 11) Nutrient deficiency disorders (S.C. Hodges).

Each chapter is a comprehensive and detailed review of the published information on each disease or group of diseases, with its own list of references, and also includes a series of practical observations and details gained by the experience of the individual authors. In most of them, information on the history, distribution, losses, symptoms, causal agents (morphology, taxonomy, variability, survival, isolation, culture, host range), host-parasite relationships, epi-

demiology, disease cycle, factors affecting infection, and control of each disease, is included.

The chapter on nematodes presents information on distribution, symptoms, morphology and biology of the different genera or species attacking cotton, nematode-disease complexes, economic importance, control, and sampling, extraction and population estimation from soil and roots. The one on nutrient deficiency disorders deals with nutrient and fertilizer requirements, uptake, soil and foliar analysis, visual deficiency symptoms, interaction between nutrients, effect of pH, soil type, cropping practices, fertilizer application methods, cultivar sensitivity to nutrient deficiencies, and the relation between soil nutrients and disease susceptibility and nematode attack. There are 46 black and white photos, 23 drawings, 9 graphs and 8 color plates.

In general, the information presented is broad, detailed, updated, and accurate, making this an extremely useful book for plant pathologists and cotton agronomists as well. We must congratulate Dr. Hillocks for the excellent job he has done.

ROGER LOPEZ CH
CENTRO DE INVESTIGACIONES
EN PROTECCION DE CULTIVOS
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

RESEÑA DE LIBROS

PROCEEDINGS OF THE 1992 SYMPOSIUM: AGRICULTURAL RESEARCH IN THE NORTHEASTERN UNITED STATES: CRITICAL REVIEW AND FUTURE PERSPECTIVES (JUNE 29-30, 1992, STORRS, CT). 1992. J.T. Sims (Ed.). Madison WI, American Society of Agronomy.

La División Noreste de la Sociedad Americana de Agronomía de los Estados Unidos de América organizó el simposio *Agricultural Research in the Northeastern United States: Critical Review and Future Perspectives* en que connotados investigadores examinaron en forma crítica la investigación agrícola de esa región, proporcionando sugerencias sobre la investigación del futuro.

Se examinan en esta recopilación grandes retos, como la disminución de la tierra agrícola, por la urbanización y la reforestación; los enormes desperdicios industriales y municipales y la necesidad de disponer de ellos en forma apropiada; el efecto contaminante de abonos y fertilizantes; la actual inquietud por alcanzar formas de agricultura sostenible y el estudio de los efectos de la agricultura moderna sobre el ambiente; la necesidad de modernizar también los programas educativos de posgrado;

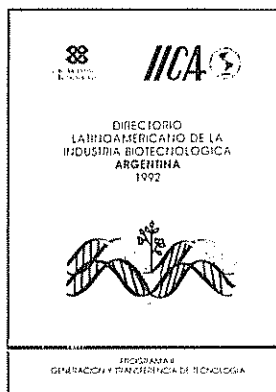
y buscar la verdadera investigación multidisciplinaria más allá de la simple cooperación. Los problemas y las oportunidades son enormes. En las últimas décadas han ocurrido avances muy grandes en la instrumentación y los sistemas computadorizados en el ámbito de la investigación.

Las presentaciones del simposio cubren áreas como química de suelos, microbiología de suelos, medio ambiente, uso de la tierra, fertilizantes, fitomejoramiento, agricultura sostenible e investigación, en general.

Esta es una publicación de la Sociedad Americana de Agronomía, Madison, Wisconsin, que bien vale la pena leer y estudiar. Le transmite al lector cierto optimismo sobre la capacidad de la ciencia agrícola para resolver los complejos problemas agrícolas del mundo moderno. En total son 13 artículos escritos por especialistas en cada uno de los campos tratados, en 139 páginas.

CARLOS ENRIQUE FERNANDEZ
EDITOR JEFE REVISTA TURRIALBA
SEDE CENTRAL, IICA

LIBRO RECOMENDADO



US\$5.00

Directorio Latinoamericano de la Industria Biotecnológica: Argentina 1992. San José, C.R., Foro Argentino de Biotecnología e IICA. Programa II. 110 p. Serie Publicaciones Misceláneas (ISSN-0534-5391) A1/SC-93-09.

El IICA, por intermedio de su Programa de Generación y Transferencia de Tecnología, publica este volumen dedicado a la industria biotecnológica argentina, con la intención de fortalecer las capacidades de planificación y de gestión de las nuevas biotecnologías, en los sectores públicos y privados de ALC.

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