

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 45

JULIO-DICIEMBRE 1995

NUMERO 3-4

CODEN:TURRAB 45(3-4)101-145

Cambios morfológicos, químicos y físicos en la maduración de frutos de manzano. <i>P.I. Garriz, H.L. Alvarez, A.M. Bartusch</i>	101
Perspectivas del sorgo de grano de temporal en la región templada semiárida de México. <i>J.R. Gutiérrez S., M. Luna F.</i>	107
Cambios espaciales y volumétricos de horizontes vérticos en enmiendas. <i>J.L. Luque, N. Peinemann</i>	114
Efecto de la acidez sobre la selectividad de intercambio Ca/K en dos suelos del sur de Chile. <i>I. Salazar, K. Faundez, H. Pinilla, M. Pino, M.L. Mora</i>	120
Construction of a low-density linkage map of <i>Theobroma cacao</i> using random amplified polymorphic DNA markers and an anthocyanin biosynthetic locus <i>J.K. Osei, D.B. Furtek, M. Goodin, H. Rodriguez, J. Morera, R. Lastra, P.J. Fritz</i>	128
Economic returns from cowpea and tomato intercropped at different cropping densities. <i>C.T. Omotude, O.R. Adeniyi</i>	133
Levantamento dos insetos e flutuação populacional das pragas que ocorrem na cultura do caupi <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp., em Rio Branco (AC). <i>M. Fazolin</i>	137
Simposio centroamericano sobre agricultura orgánica. "Hacia la agricultura del mañana" <i>J.E. García González</i>	143



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

Cambios morfológicos, químicos y físicos en la maduración de frutos de manzano

P. I. Garriz*, H. L. Alvarez*, A. M. Bartsch*

ABSTRACT

Morphological, chemical and physical characteristics of "Red Delicious" apples (*Malus domestica* Borkh.) were described through the results of a two-year experiment during maturation. Seven attributes were selected and their intensities plotted on circular graphs. The patterns changed with successive harvests and in both years there were consistent changes in biochemical activity; soluble solids and starch levels increased, while fruit firmness decreased. The greatest changes in these maturity indexes occurred over the last two weeks of the study, in both seasons. During the same period, fresh weight, length (L) and diameter (D) of the fruits continued to grow. There were no substantial changes in fruit shape (L/D ratio).

Key words: Growth, fruit maturity, apples, circular graph, harvesting.

RESUMEN

Las características morfológicas, químicas y físicas de los frutos de manzano (*Malus domestica* Borkh.) cv. Red Delicious, resultantes de un estudio de dos años durante la maduración, fueron descritas por medio de gráficos circulares y se seleccionaron siete características. Los perfiles variaron con sucesivas recolecciones y, en ambos años, ocurrieron marcados cambios en la actividad bioquímica: el contenido de sólidos solubles y los niveles de almidón aumentaron y la firmeza de la pulpa disminuyó. Las mayores tasas de cambio en estos índices se produjeron entre las dos últimas semanas de estudio, en ambas temporadas. Durante el mismo período, los frutos continuaron creciendo en peso fresco, largo (L) y diámetro (D). No hubo cambios sustanciales en la forma del fruto (relación L/D).

Palabras-clave: Crecimiento, madurez del fruto, manzanas, gráfico circular, cosecha.

INTRODUCCIÓN

En la fruticultura moderna, la obtención de cosechas constantes y de buena calidad es una necesidad económica; por ello, el productor debe empeñarse en mejorar la calidad de los frutos, adoptando cuidados culturales que respeten el medio ambiente (Drahorad 1993). Los factores que intervienen en la obtención de frutos de manzano de buena calidad son múltiples; uno de los más importantes y, probablemente, el menos comprendido, es la elección del momento adecuado de cosecha. Este aspecto, crucial para la industria, varía de acuerdo con el manejo comercial —consumo inmediato o almacenamiento prolongado— e involucra una serie de aspectos, como madurez interna, apariencia externa (color, tamaño y forma), disponibilidad de mano de obra y conservación, condiciones climáticas y dimensión del cultivo y estrategia del mercado (Mrachek *et al.* 1982; Reyes 1992).

Un método confiable para determinar el inicio óptimo de la cosecha debería incluir, además de las características superficiales, la evolución de los índices de madurez con base en los procesos fisiológicos

durante el desarrollo del fruto. Entre ellos se pueden citar la firmeza, los sólidos solubles y el contenido de ácidos y de almidón, el sabor y el número de días después de plena floración (CPVQ s.f.; Olsen 1969). El último índice constituye una de las guías comúnmente utilizadas para establecer el período de recolección; sin embargo, como varía considerablemente aun en una misma área en función de las condiciones climáticas, es necesario complementarlo con otras mediciones.

Los frutos cosechados precozmente son susceptibles a escaldaduras, acorchado o "bitter pit" y deshidratación en el almacenamiento; tienen escaso tamaño y menor color de superficie, con sabor astringente y aroma débil. Según Savouré (1980), los ácidos málico y cítrico representan cerca del 80% de la acidez de las manzanas inmaduras y desaparecen gradualmente durante la maduración. Las manzanas cosechadas demasiado tarde son muy grandes, con pocas reservas, corta vida de conservación y propensión a podredumbres. En el caso de la producción integrada, que no admite tratamientos químicos en poscosecha, el momento adecuado de recolección es una práctica alterna para reducir o eliminar la ocurrencia de los desórdenes fisiológicos (Francile 1987; Westwood 1982).

El objetivo de este trabajo fue estudiar la evolución de los atributos morfológicos y físico-químicos en los frutos de manzano cv. Red Delicious durante dos

1 Recibido el 18 de julio de 1994.

Los autores agradecen al Profesor Armando O. Alvarez por las sugerencias aportadas en la elaboración de los gráficos.

* Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue c.c. 85, 8303 C. Saltos, R.N., Argentina.

temporadas y proponer una representación gráfica circular que permita medir y comparar las diferentes variables analizadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNC), Provincia de Río Negro, Arg. (38°56' latitud Sur, 67°59' longitud Oeste, altura 250 msnm en las temporadas 1987/1988 y 1988/1989, años 1 y 2, respectivamente). Se seleccionaron cinco árboles de "Red Delicious", con 24 años de edad, injertados sobre "Northern Spy". Se practicaron las tareas habituales en la región en cuanto a tratamientos sanitarios, raleo, fertilización y riego.

El tipo de conducción fue tradicional, con una distancia entre plantas de 5 x 6 metros. El suelo fue clasificado como Torrifluvents franco-grueso térmico calcáreo. Las fechas en que tuvo lugar la plena floración (80% de las flores abiertas) fueron 8/10/1987 para el año 1 y 29/09/1988 para el año 2. Se recolectaron semanalmente cuatro frutos por árbol a la altura del hombro, en las orientaciones N, S, E y O, una semana antes y tres semanas después de la fecha de sello, o día de referencia para iniciar la recolección—determinado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca— con base en los días transcurridos desde la floración hasta la madurez comercial.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio, donde se determinó el peso fresco en gramos con balanza granataria, el diámetro ecuatorial y el largo en centímetros con un calibrador Vernier. La concentración de sólidos solubles (SS) fue medida con un refractómetro manual ERMA (Tokio, Japón) (0-32%), a temperatura ambiente, en jugo proveniente de dos posiciones opuestas del fruto. El contenido de almidón fue determinado usando la prueba de yodo-almidón. Los frutos fueron cortados en el plano ecuatorial y la mitad inferior, correspondiente al cáliz, fue colocada en solución de Lugol (1 g de IK y 0.25 g de I en 100 ml de agua) durante dos minutos. El índice de almidón en la superficie cortada del fruto fue determinado de acuerdo a Reid *et al.* (1982).

La presión de pulpa fue obtenida con un penetrómetro Efeggi, (Alfonsine, Italia) usando un puntal de 11 mm en dos posiciones opuestas del fruto.

Se elaboraron gráficos circulares, semejantes a los utilizados por Watada *et al.* (1980) en manzanas y por Badoux (1993) en gramíneas, a fin de evaluar la evolución semanal conjunta de la apariencia externa y la calidad interna de los frutos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variaciones estacionales e interanuales de los índices de madurez

En el Cuadro 1 se muestra la evolución de las variables asociadas al tamaño de los frutos durante los años 1 y 2. El peso de los mismos, al final de ambos experimentos, fue compatible con la preferencias de los mercados europeos en cuanto a calibres comerciales (Erl y Proctor 1989).

Cuadro 1. Variaciones en el peso, largo, diámetro y forma de los frutos de manzano cv. Red Delicious (Año 1: temporada 1987/1988; año 2: temporada 1988/1989).

dpt ¹	Peso (g)	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Relación L/D ²
Año 1				
125	156.27	6.52	6.98	0.93
132	167.19	6.63	7.14	0.93
139	178.65	6.78	7.20	0.94
146	193.68	6.98	7.50	0.93
153	208.10	7.14	7.60	0.94
Año 2				
127	127.85	5.94	6.70	0.89
134	137.36	6.03	6.83	0.88
141	146.86	6.13	6.97	0.88
148	152.59	6.22	7.08	0.88
155	158.32	6.32	7.20	0.88

Notas:

¹ dpt: días después de plena floración

² Relación L/D: relación largo/diámetro

En el Cuadro 2 se presentan los cambios en los indicadores de maduración del fruto. La presión o firmeza de pulpa disminuyó en las sucesivas cosechas; el rango de lecturas del test de presión entre la primera y la última fue de 20.00 - 16.68 lb para el año 1 y de 19.90 - 17.21 lb para el año 2. Durante la maduración y senescencia de los frutos se producen numerosos cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos, comprometiendo la reorganización de los componentes celulares y de los procesos metabólicos, controlados en forma integrada por varias hormonas vegetales.

Cuadro 2. Evolución de los índices de madurez en frutos de manzano cv. Red Delicious (Año 1: temporada 1987/1988; año 2: temporada 1988/1989).

dpf ¹	Presión (lb)	Sólidos solubles (%)	I.A. ²
Año 1			
125	20.00	10.18	2.0
132	19.24	10.21	2.0
139	18.36	10.87	2.1
146	17.82	11.16	2.4
153	16.68	11.88	3.00
Año 2			
127	19.90	9.58	1.5
134	18.51	9.56	1.6
141	18.31	10.21	2.0
148	17.61	10.36	2.6
155	17.21	11.41	3.2

Nota:

¹ dpf: días después de plena floración

² I.A.: índice de almidón (escala: 1 = almidón distribuido uniformemente y 6 = sin almidón).

Los cambios estructurales en las paredes celulares que inducen al ablandamiento de los tejidos en los frutos climatéricos están relacionados con los cambios respiratorios y son iniciados por la acción del etileno, la hormona de la maduración (Abetes 1985). El gran aumento en la producción de etileno coincide con el estado de madurez de consumo del fruto. Intervienen enzimas de degradación (Griegson *et al.* 1985) y se ha informado que la endopoligalacturonasa es responsable de los cambios más significativos. En manzanas "McIntosh", Wu *et al.* (1993) detectaron su presencia durante el proceso de maduración.

El índice de almidón aumentó en función del tiempo, reflejando la hidrólisis gradual de este componente; la mayor amplitud correspondió al año 2: 1.5 a los 127 días después de plena floración (dpf) y 3.2 a los 155 después de plena floración. La degradación comenzó desde la región de los carpelos y se extendió hacia la epidermis. Knee (1987) estudió los metabolitos relacionados con la degradación del almidón; los intermediarios fosforilados disminuyeron a medida que avanzó la fecha de cosecha, mientras que los azúcares libres (glucosa, fructosa y sacarosa) se acumularon. Los cambios en estos componentes fueron menos pronunciados que los del almidón. Peereboom-Voller *et al.* (1988) indicaron que, a medida que disminuye el tenor de almidón, los frutos mejoran en calidad pero pierden las características necesarias para el almacenamiento, y los que poseen un alto contenido

de almidón son rechazados por el consumidor por su textura inapropiada.

Los valores iniciales y finales de concentración de SS fueron 10.18 - 11.88% y 9.58 - 11.41% en los años 1 y 2, respectivamente. La maduración del fruto implica la hidrólisis de polisacáridos a oligo- y monosacáridos, produciéndose nuevas sustancias (ésteres, cetonas, aldehídos, entre otros); también está asociada con una mayor intensidad respiratoria, un incremento abrupto en la producción de etileno, la degradación de clorofila y el contenido creciente de carotenoides y antocianinas (Sebanek 1992).

Según Olsen (1987), a medida que la temporada avanza se produce un cambio en la tasa de maduración, reflejado en distintos índices de madurez. Los cambios marcados en cada medición pueden ser utilizados para predecir la iniciación de la madurez adecuada para una larga conservación. Los valores recomendables de SS, índice de almidón y presión en el momento de la cosecha para "Red Delicious" son 10%, 1.5 - 2.0 y 18 lb, respectivamente (Mrachek *et al.* 1982; Olsen 1982).

En este estudio, el sello de cosecha en los años 1 y 2, 132 y 134 dpf respectivamente, fue anterior a la fecha más recomendada para iniciar la recolección, a juzgar por los cambios conjuntos detectados en las tasas de variación de los diferentes índices de madurez y los valores absolutos recomendados. Las mayores tasas de cambio se produjeron entre las dos últimas semanas en ambas temporadas.

En un trabajo realizado con manzanas cv. Braeburn, Tustin *et al.* (1993) informaron que los índices de calidad y madurez afectados por la fecha de cosecha incluían el índice de almidón, la firmeza de pulpa y la concentración de SS; sin embargo, las diferencias debidas a esta variable no fueron evidentes en poscosecha. Por otra parte, Knee y Smith (1989) encontraron que algunas variaciones en los atributos de calidad después del almacenamiento se debían a cambios en los mismos en la cosecha.

Gráficos circulares

Los valores de las diferentes variables fueron transformados a una escala lineal de 0 a 10 (Cuadro 3), para la representación gráfica circular de las características de los frutos, mediante la siguiente ecuación, propuesta por Chambers *et al.* (1983):

$$u_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} (u_{\max} - u_{\min}) + u_{\min}$$

donde:

u_i es el valor transformado;

x_i es el valor promedio de cada variable;

$$x_{\min} = \min_i (x_i)$$

$$x_{\max} = \max_i (x_i)$$

u_{\max} y u_{\min} son los valores extremos de la escala.

En la Fig. 1 se muestran las variaciones estacionales de los diferentes índices de calidad en los años 1 y 2. El cero fue ubicado en el centro de los gráficos circulares, de manera que las variables aumentarían hacia el exterior, con excepción de la presión, cuyo eje fue invertido para facilitar la interpretación global por tratarse de valores decrecientes.

Cuadro 3. Valores transformados de las mediciones en los frutos de manzano, a una escala de 0 a 10. Los datos entre paréntesis indican el rango considerado para cada variable (Año 1: temporada 1987/1988; año 2: temporada 1988/1989).

dpf ¹	ssc ²	Presión (16-21)	S.S. ³ (9-12)	I.A. ⁴ (1-4)	Peso (116-209)	Largo (5-8)	Diámetro (6-8)	Rel. L/D ⁵ (0.8-1.0)
Año 1								
125	-1	8.00	3.93	3.33	4.33	5.00	4.90	6.50
132	sello	6.48	4.00	3.33	5.50	5.43	5.70	6.50
139	+1	4.72	6.23	3.66	6.73	5.93	6.00	7.00
146	+2	3.64	7.20	4.66	8.35	6.60	7.50	6.50
153	+3	1.36	9.60	6.66	9.90	7.13	8.00	7.00
Año 2								
127	-1	7.80	1.90	1.62	1.24	3.31	3.50	4.50
134	sello	5.00	1.90	2.09	2.29	3.43	4.15	4.00
141	+1	4.62	4.00	3.34	3.32	3.76	4.85	4.00
148	+2	3.22	4.53	5.30	3.93	4.00	5.40	4.00
155	+3	2.42	8.00	7.30	4.23	4.40	6.00	4.00

Nota:

¹ dpf: días después de plena floración. ² ssc: semanas en relación al sello de cosecha.

³ S.S.: concentración de sólidos solubles. ⁴ I.A.: índice de almidón.

⁵ Rel. L/D: relación largo/diámetro

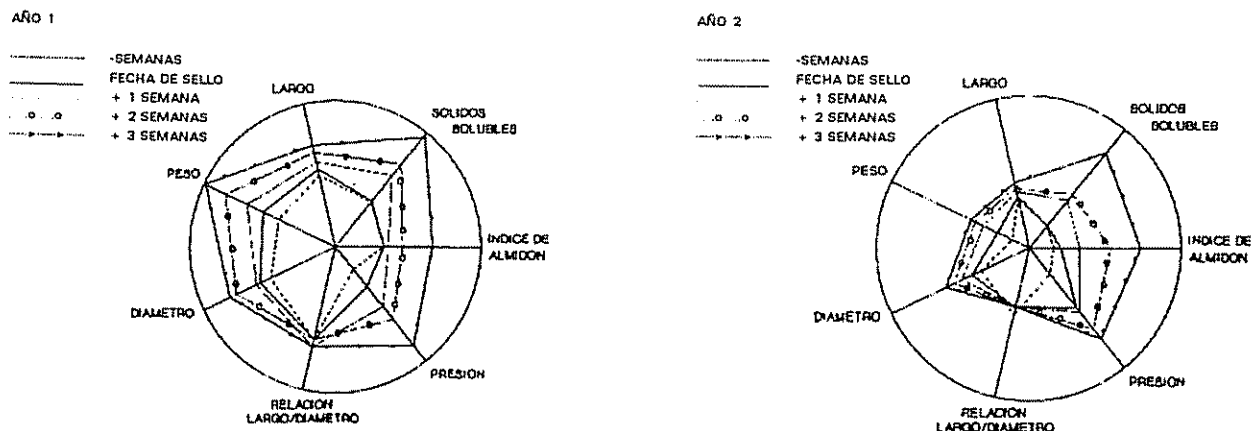


Fig. 1. Representación gráfica de los indicadores de madurez en frutos de manzano cv. Red Delicious recolectados en diferentes fechas relativas al sello de cosecha.

Nota: Las escalas aumentan hacia la periferia del círculo, excepto la presión, que está invertida. Las variables se describen en el Cuadro 3.

En ambas temporadas, el tamaño y la forma de los patrones cambiaron las sucesivas fechas de cosecha y su área se incrementó en función del tiempo. No se detectaron cambios marcados en la forma de los frutos (relación L/D), ya que las variables L y D aumentaron en forma proporcional (Cuadro 1).

Se encontraron cambios en la velocidad y patrón general de maduración en las manzanas entre los años 1 y 2 (Fig. 1). Según Mrachek *et al.* (1982), la variación en los índices de madurez entre años, así como entre frutos, árboles y huertos, es inherente a los sistemas biológicos. En el cv. Cox, se encontró que, comparando la calidad de los frutos cosechados en una fecha dada, las diferencias entre años eran considerables (Knee y Smith 1989). La maduración en los frutos de manzano es un proceso que puede ser afectado por numerosos factores (Autio 1991), como la nutrición, la carga frutal (Johnson 1992; Volz *et al.* 1993), la orientación en el árbol (Tustin y Hirst 1988), la provisión de agua (Erl y Proctor 1989), el tiempo desde floración, la relación entre hoja y fruto, la combinación genética del cultivar y el portainjerto (Autio 1991) y las condiciones climáticas.

Se proyecta continuar con el estudio de la evolución de los índices de madurez, ya que un mayor conocimiento de los mismos antes de la cosecha, durante ella, y el almacenamiento permitirán definir su valor predictivo para mejorar la calidad de los frutos.

CONCLUSIONES

- Se encontraron variaciones estacionales e interanuales en la evolución de los distintos indicadores de madurez en relación a la edad del fruto —determinada a partir de los días después de plena floración—, lo que refuerza la necesidad de un análisis conjunto de los mismos para determinar el momento óptimo de cosecha.
- La técnica del gráfico circular permitió caracterizar las variables morfológicas y físico-químicas de los frutos de manzana y comparar los datos a través de los perfiles desarrollados en función del tiempo, estableciendo tendencias en su evolución. Como los patrones cambian con la madurez de la manzana en las sucesivas cosechas, este método permite el análisis conjunto de los mismos.

LITERATURA CITADA

- ABETES, F.B. 1985 Ethylene and plant development: An introduction. In Ethylene and plant development. J.A. Roberts, G.A. Tucker (Eds.). Butterworths, London. p. 1-8.
- AUTIO, W.R. 1991 Rootstocks affect ripening and other qualities of "Delicious" apples. *Journal American Society of Horticultural Science* 116(3):378-382.
- BADOUX, S. 1993 Elfina: Première variété suisse de fêtuque élevée. *Revue Suisse d'Agriculture* 25(3):177-180.
- CHAMBERS, J.M.; CLEVELAND, W.S.; KLEINER, B.; TUKEY, P.A. 1983 Graphical methods for data analysis. N Jersey, Bell Telephone Labs. 395 p.
- CPVQ (CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC). s.f. Pommier: Culture. Agdex 211/20, Publicación 02-9104. 65 p.
- DRAHORAD, W. 1993 Producción integrada en fruticultura: Experiencia en el Alto Adige. In *Curso Internacional de Sanidad en Frutales de Pepita (1993)*. cap. 3. p. 1-22.
- EPF (ENTE PROVINCIAL DE FRUTICULTURA), (ARG.). 1988. Calidad para exportación Río Negro. *Comunicación Frutícola* 32:2.
- ERL, J.A.; PROCTOR, J.T.A. 1989. Growth, mineral nutrition and leaf water status of mature apple trees subjected to various crop loads and soil water conditions. *Journal of American Society of Horticultural Science* 114(2):191-196.
- FRANCILE, C. 1987. Cosecha de manzanas. *Diario de Río Negro*; feb. 22:2.
- GRIEGSON, D.; SLATER, A.; SPEIRS, J.; TUCKER, G.A. 1985. The appearance of polygalacturonase mRNA in tomatoes: One of a series of changes in gene expression during development and ripening. *Planta* 163:263-271.
- JOHNSON, D.S. 1992. The effect of flower and fruit thinning on the firmness of 'Cox's Orange Pippin' apples at harvest and after storage. *Journal of Horticultural Science* 67(1):95-101.
- KNEE, M. 1987. Metabolic and developmental changes in fruit and their effect on consumer acceptability. In *International Symposium Chemical Changes During Food Processing (1984, Valencia, Spain)*. Proceedings. S.B. Poveda (Ed.). Valencia, IUFOS, IATA. p. 345-354.
- KNEE, M.; SMITH, S.M. 1989. Variation in quality of apple fruits stored after harvest on different dates. *Journal of Horticultural Science* 64:413-419.
- MRACHEK, L.L.; KRUPFERMAN, E.M.; OLSEN, K.I. 1982. Starch iodine examined for apple maturity test. *The Goodfruit Grower*; Dec. 62-63.

- OLSEN, K.L. 1969. When is an apple mature enough to give consumer satisfaction, and when is it overmature. Washington State Horticultural Proceedings 65:30-34.
- OLSEN, K.L. 1982. Picking maturity of apples. Information Bulletin No. 496. p. 1-13.
- OLSEN, K.L. 1987. La maduración de la manzana. Revista Frutícola 8(1):3-6.
- PEERBOOM-VOLLER, C.; COUVILLON, G.A.; LORETI, F. 1988. Elija el momento adecuado para la cosecha. Información y Estadísticas Frutícolas (CORPOFRUT) 36:16-18.
- REID, M.S., PADFIELD, C.A.S.; WATKINS, C.D.; HARMAN, J.E. 1982. Starch iodine pattern as a maturity index for Granny Smith apple: 1. Comparison with flesh firmness and soluble solids content. New Zealand Journal of Agricultural Research 25:229-237.
- REYES, M.S. 1992. Evolución de los índices de madurez en peras asiáticas. Revista Frutícola 13:93-98.
- SAVOURE, B. 1980. Manipulations pratiques en physiologie végétal. Paris, Masson. 259 p.
- SEBANEK, J. 1992. Plant physiology. Netherlands, Elsevier. Developments in Crop Science 21:453.
- TUSTIN, D.S.; HIRST, P.M. 1988. Influence of orientation and position of fruiting laterals on canopy light penetration, yield and fruit quality of 'Granny Smith' apple. Journal of American Society of Horticultural Science 113(5):693-699.
- TUSTIN, D.S.; WATKINS, C.B.; CASHMORE, W.M.; BROOKFIELD, P.L. 1993. Sources of variation in fruit quality of "Braeburn" apple at harvest and after storage. HortScience 28(5):446.
- VOLTZ, R.K.; FERGUSON, I.B.; BOWEN, J.H.; WATKINS, C.B. 1993. Crop load effects on fruit mineral nutrition, maturity, fruiting and tree growth of 'Cox's Orange Pippin' apple. Journal of Horticultural Science 68(1):127-137.
- WATADA, A.E.; ABBOTT, J.A.; HARDENBURG, R. 1980. Sensory characteristics of apple fruit. Journal of the American Society of Horticultural Science 105(3):371-375.
- WESTWOOD, M.H. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Madrid, Mundiprensa. 461 p.
- WU, Q.; SZAKACS-DOBOZI, M.; HEMMAT, M.; HRAZDINA, G. 1993. Endopolygalacturonase in apples (*Malus domestica*) and its expression during fruit ripening. Plant Physiology 102:219-225.

Perspectivas del sorgo de grano de temporal en la región templada semiárida de México¹

J R. Gutiérrez S. *, M. Luna F. *

ABSTRACT

In the dry regions of the Mexico highlands, agricultural productivity is limited in each month by different factors: Rainfall is low (300 - 500 mm), with an irregular distribution; temperatures are lower than 18° C; and there is a short growing season (90 - 110 days). In general, sorghum cultivars tested under rainfed conditions and altitudes from 2000 to 2200 meters above sea level do not produce grain. In 1986 and 1987, at Zacatecas, Mexico, 17 new sorghum cultivars were tested under rainfed conditions. In 1986, a notably dry year (368 mm), only the cultivar VA-110, produced grain (460 kg/ha). On the other hand, in 1987, a year with good precipitation (576 mm), the average grain yield was 1585 kg/ha for the best cultivars. Sorghum breeding has been efficient in increasing potential productivity for highland areas with low temperatures, and without soil moisture limitations; however, a new approach is needed to obtain drought-stress-resistant cultivars appropriate to the arid and semi-arid growing conditions of the Zacatecas highlands.

RESUMEN

Los problemas agrícolas de la región templada semiárida de México, son principalmente de tipo climático; las precipitaciones son escasas y mal distribuidas (300 - 500 mm); las temperaturas son bajas (menos de 18° C) y el ciclo de cultivo es corto (90 - 110 días). En general, los sorgos probados bajo temporal en esta zona de 2000 a 2200 msnm, no producen grano, debido a las bajas temperaturas y corto ciclo de cultivo. En 1986 y 1987, en Zacatecas, México, se probaron nuevas variedades de sorgo bajo temporal. Se observó que en 1986, "año seco" (368 mm), solamente sobresalió la variedad VA-110 (460 kg/ha), generada para estos ambientes; en 1987, con buena lluvia (576 mm), las variedades probadas rindieron en promedio 1585 kg/ha de grano. El mejoramiento genético del sorgo, aplicado a los materiales probados ha mostrado ser eficaz para aumentar su potencial productivo en valles altos con bajas temperaturas y sin limitaciones de agua; sin embargo se requiere un enfoque hacia la obtención de genótipos más precoces y tolerantes a la sequía para la región templada semiárida de Zacatecas, México, y áreas similares.

Palabras clave: *Sorghum bicolor*, temporal, valles altos, México.

INTRODUCCIÓN

El Estado de Zacatecas se ubica en la región templada semiárida y árida de México. Se caracteriza porque su área agrícola se localiza entre 1900 y 2200 msnm, una precipitación escasa y mal distribuida, entre 300 y 550 mm anuales, con 45% al 21 de junio al 15 de agosto, 30% del 16 de agosto al 30 de septiembre y 25% el resto del año. Las temperaturas son bajas, entre 14° C y 18° C en promedio y con alto riesgo de heladas del 20 de octubre en adelante; esto causa que el ciclo de cultivo de temporal no rebase los 90 a 110 días y se disponga de pocas unidades de calor. Los suelos son de poca profundidad, la mayoría con menos de 50 cm, bajo contenido de materia orgánica, en general, menos del 1% con problemas de erosión y baja capacidad de retención de humedad.

El cultivo del sorgo para grano de temporal en las condiciones anotadas, es nulo en México; los cultivos más importantes son el maíz y el frijol con 1.5 millones de hectáreas. Se han buscado otras posibilidades de cultivo, razón por la cual se han probado variedades de sorgo, pero hasta la fecha no se ha detectado alguna que compita en productividad con el frijol y el maíz.

El objetivo del presente trabajo es informar sobre pruebas de sorgo de grano bajo temporal, realizadas en el altiplano de Zacatecas, Méx., con genótipos mejorados para los valles altos.

REVISIÓN DE LITERATURA

En el altiplano de Zacatecas predominan los climas BS₁ y BS₀, hw ó kw (García 1973). El período libre de heladas, en general, comprende de abril a mediados de octubre y las lluvias se establecen desde la última decena de junio a la última de julio; lo que

¹ Recibido el 1 de diciembre de 1995.

* Investigadores de Maíz y Sorgo, INIFAP-ZACATECAS-SARH. Apartado Postal 18, Calera, Zacatecas, Méx. 98500.

ocasiona que el período agrícola de temporal sea de 90 a 110 días (Luna *et al.* 1983; Ortiz y Ruiz 1987).

La temperatura es uno de los factores principales en la determinación de las áreas de adaptación del sorgo, considerando su origen tropical. En los valles altos de México (1800 - 2400 msnm), las temperaturas bajas son el factor limitante por su influencia negativa en el desarrollo del cultivo (Corral 1986).

Ortiz y Caballo (1972) concluyeron que a 2240 m de altitud, la nula formación de grano en genotipos susceptibles a bajas temperaturas, se debe al efecto de éstas en etapas anteriores a la emergencia de la panoja.

Los requerimientos de temperatura en la germinación y el crecimiento general para el sorgo de grano, no son satisfechos en las condiciones de los valles altos de México, según lo señalan Pinthus y Rosenblum (1961). Brookin (1976) encontró que las temperaturas nocturnas de 10° C durante la meiosis, pueden introducir esterilidad masculina en sorgo; esto fue llamado por Ortiz y Caballo (1972) como "androesterilidad ecológica" e indican que es ocasionada por temperaturas de 8° C, la cual provoca una microsporogenesis anormal y generación de granos de polen inmaduros.

Corral (1986) apunta que, en 1973, se implementó un amplio programa de mejoramiento de sorgo para los valles altos, producto de lo cual, en 1992, se liberó la variedad VA-110. En 1984 se reenfocó el programa para llevar a cabo, en forma coordinada, el proceso de selección-evaluación en los diferentes campos experimentales de los valles altos, con ámbito nacional.

Romo *et al.* (1981) señalan que, en 1977, el ICRISAT formó un programa regional con sede en México, con el fin de establecer genotipos de sorgo tolerantes al frío y con buena calidad de grano, para la alimentación humana. En 1983, dicho programa tenía alrededor de 20 líneas avanzadas de grano blanco para su evaluación.

Es muy probable que en la región semiárida de altura de México, el rendimiento de grano de maíz sea superior al sorgo de grano bajo temporal (Luna 1984), a pesar de lo cual no se ha hecho uso del potencial genético del sorgo en cuanto a resistencia a la sequía

y precocidad para su cultivo en zonas áridas y semiáridas (Wong *et al.* 1983).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los trabajos se establecieron en el Campo Experimental Calera (CECAL) del INIFAP-SARH, en Calera, Zacatecas, Méx., a los 22° 54' 34" N, 102° 39' 33" W y 2197 msnm; los suelos tienen textura de migajón arcillo-arenoso; menos del 1% de materia orgánica y baja fertilidad. Algunos datos sobre el clima se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Parámetros climáticos del sitio de estudio.

Temperatura media anual (°C)	14.3
Temperatura máxima promedio (°C)	21.9
Temperatura mínima promedio (°C)	6.8
Evaporación anual (mm)	2412.9
Precipitación anual (mm)	447.0
Días con heladas	34.0

Fuente: Banco de datos del CECAL; promedios de 17 años.

Durante el período de 1982-1987, se establecieron bajo temporal ensayos de adaptación de materiales de sorgo de grano, generados por el Programa de Sorgo para Valles Altos y del ICRISAT. De los ensayos sembrados sólo se lograron cosechar dos, establecidos en 1986, y uno, en 1987; el resto se perdió por sequía (Luna 1984). En 1986 y 1987, se evaluaron siete líneas avanzadas del proyecto "Introducciones y Selecciones (EVAIS)" y, en 1987, se evaluaron, además, 12 líneas de sorgo de grano blanco sobresalientes en laboratorio; en los trabajos de ambos años se incluyó como testigo la variedad VA-110.

En los dos años de prueba, la fecha de siembra fue el primero de julio y, en los tres trabajos, el diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones; la parcela experimental fue de dos surcos de 5.0 m de largo, separados a 0.62 m; con una planta cada 0.10 m; y fertilización a la siembra con la fórmula 40-40-00. Las variables medidas fueron: precipitación pluvial, temperatura, días a 50% de antesis y rendimiento de grano en kilogramos por hectárea al 12% de humedad; se efectuaron análisis de variancia del rendimiento de grano y comparación de medias mediante el método de Duncan ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Figs. 1 y 2 se presentan las precipitaciones pluviales y las temperaturas máxima y mínima, registradas en los dos años de prueba; se puede apreciar que, en 1986, la precipitación fue escasa (347 mm) y mal distribuida, con etapas de sequía en agosto y septiembre (Fig. 1). Esta última coincidió con los períodos de prefloración, floración y llenado de grano. Las temperaturas medias máximas oscilaron entre 21° C y 27° C y las mínimas entre el 10 y el 13

de julio hasta el 20 de octubre, cuando prácticamente el cultivo temporalero cumple su ciclo de desarrollo.

En 1987, la precipitación fue mayor que en 1986 (459 mm) y con una distribución más regular, aunque no se registraron lluvias durante el llenado de grano (Fig. 2). Las temperaturas medias máximas oscilaron entre 20° C y 27° C desde julio a octubre, y las mínimas previas a la floración entre 12° C y 14° C; pero, durante la floración y el llenado de grano, descendieron a un rango entre 5° C y 12 grados centígrados.

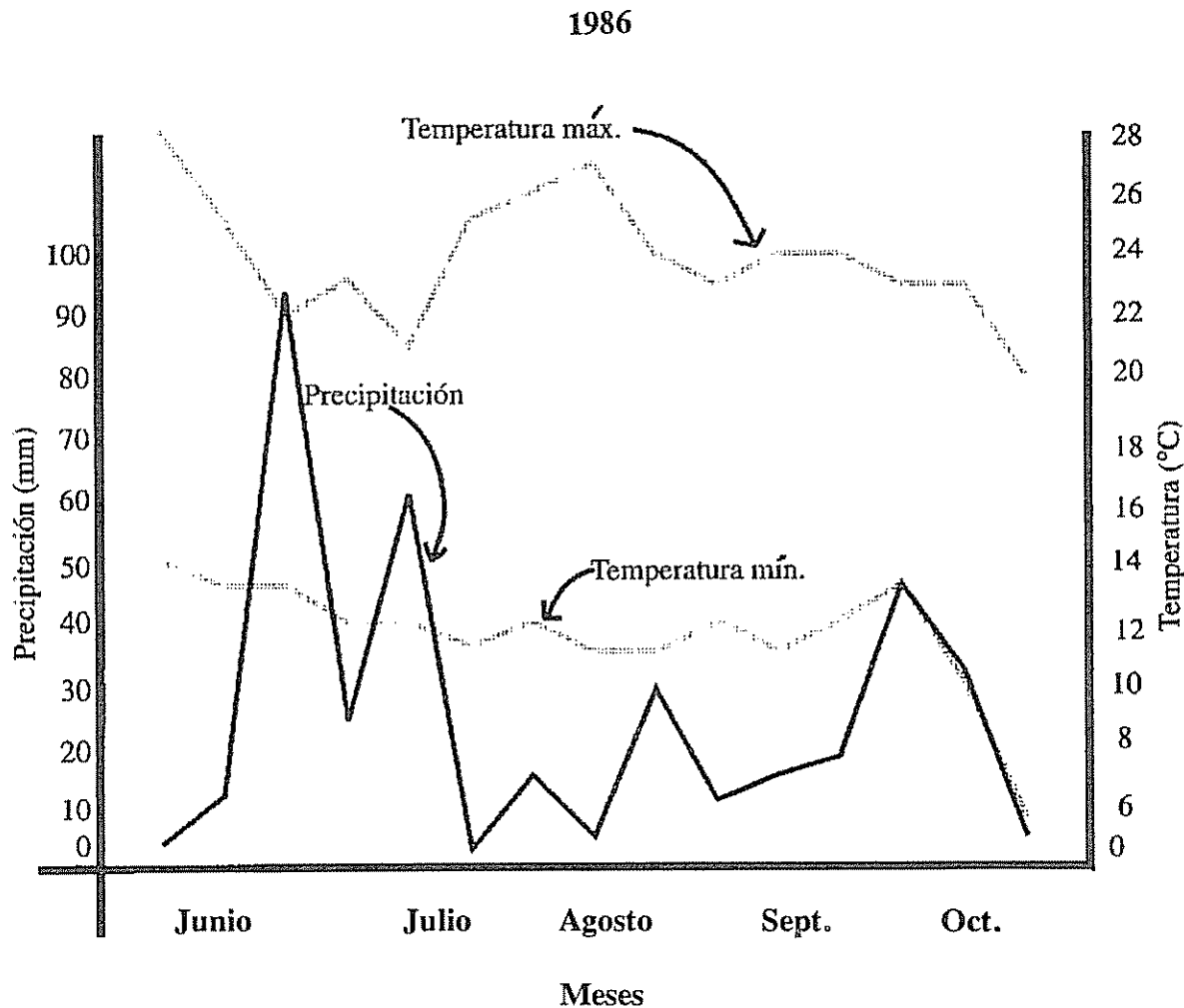


Fig. 1. Temperaturas máxima y mínima y precipitación media decenal de junio a octubre de 1986 en Calera, Zacatecas, Méx.

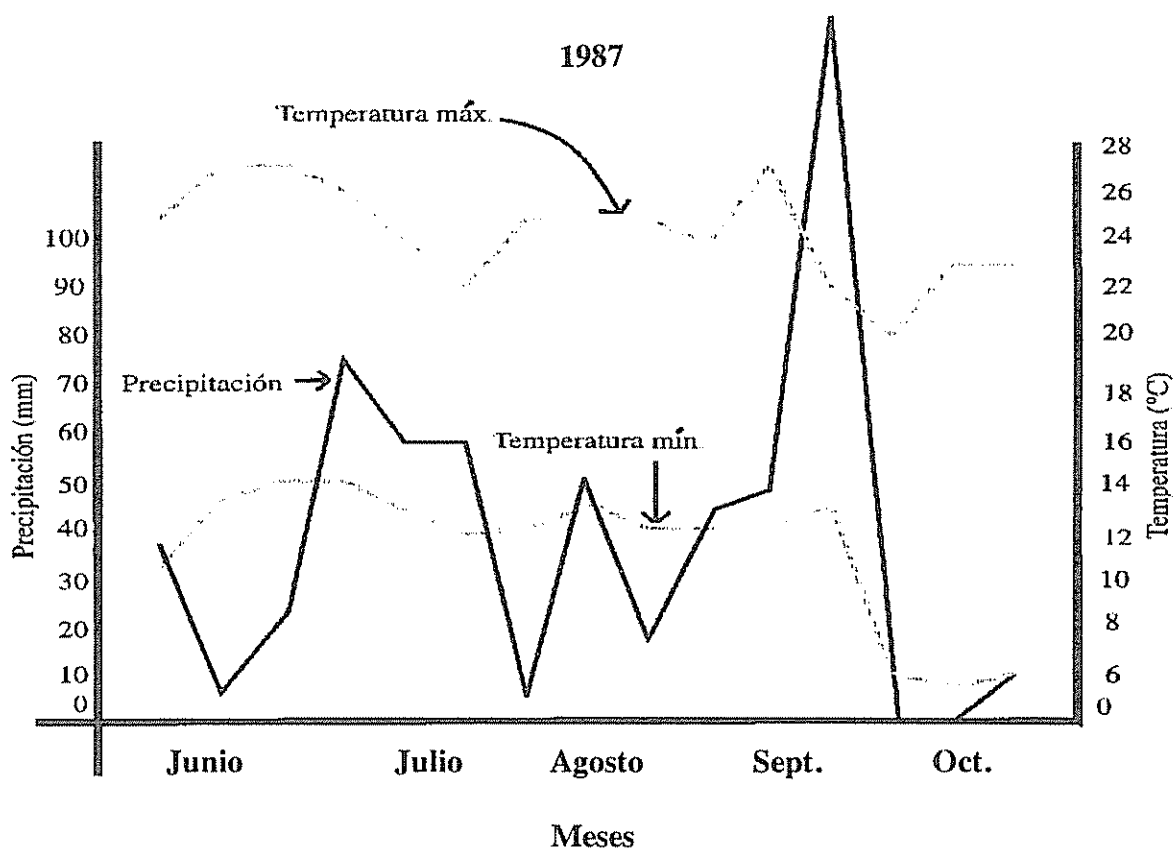


Fig. 2. Temperaturas máxima y mínima y precipitación media decenal de junio a octubre de 1987 en Calera, Zacatecas, Méx.

En el Cuadro 2 se presentan las medias de rendimiento y los días a floración de los ensayos de líneas avanzadas (EVAIS) en los dos años de prueba y, en el Cuadro 3, el ensayo de sorgos de grano blanco sobresaliente en laboratorio. Se puede observar que, en 1986 (Cuadro 2), solamente produjeron grano tres genótipos, con un promedio de 190 kg/ha; de los sorgos blancos, solamente uno produjo grano; en los dos experimentos sobresalió la variedad VA-110, con menos de 500 kg por hectárea. En 1987, el promedio de rendimiento superó los 1500 kg/ha; sobresalieron las variedades: 17, IC/CI 8 e IC/CI 4, con 2300, 1800 y 1700 kg/ha, respectivamente. El promedio de días a floración de los materiales probados en ambos años fue de 85 días, con un rango de 81 a 94 días.

Por las condiciones climáticas registradas en 1986 (Fig. 1b) que comprendieron períodos de sequía en

prefloración, floración y llenado de grano, así como las bajas temperaturas, y por los nulos rendimientos de la mayoría de los genótipos y muy bajos en tres de ellos, puede pensarse que el sorgo VA-110 desarrolla mecanismos de adaptación a la sequía y a las bajas temperaturas, que le permiten formar grano y producirlo en mucha mayor magnitud que los otros probados (González 1982; Kramer 1974; Maximov 1952). Este comportamiento confirma la eficiencia del método bajo el que se desarrolló esta variedad, con temperaturas bajas y sequía en floración (Corral 1986).

En 1987, la mayor cantidad de lluvia y su mejor distribución (Fig. 1b) contribuyeron a la óptima manifestación del potencial de rendimiento de los materiales probados; además, la temperatura previa a la floración se mantuvo arriba de 12° C que, de acuerdo con Ortiz y Caballo (1972) y Brookin (1976),

fue una condición favorable y decisiva para la obtención de mayor producción de grano.

El mejoramiento genético ha mostrado ser eficiente para incrementar el potencial de producción de las variedades, aun con bajas temperaturas, siempre y cuando no haya limitantes en cuanto a la precipitación pluvial.

Apenas hace pocos años se comenzaron a investigar las causas que no permiten que el sorgo

desarrolle fisiológicamente con normalidad en los valles altos (Livera 1979); esta etapa fue superada (Romo y Caballo 1981), así como la posibilidad de generar genótipos que produzcan grano de manera redituable en los valles altos de la Mesa Central; sin embargo, es necesario explorar el germoplasma necesario de sorgo para generar genótipos más precoces y tolerantes a la sequía que los actuales (Luna 1984), si se desean obtener variedades para siembras de temporal en la región árida y semiárida de altura en Zacatecas.

Cuadro 2. Rendimiento (kg/ha) y días a floración de líneas avanzadas de sorgo de grano en los valles altos de México (EVAIS), probadas bajo temporal en Calera, Zacatecas, Méx. (1986 y 1987).

Genealogía	Rendimiento 1986	(kg/ha) 1987	Días a floración
BTP-28	0	2 328a	81
IC/CI 1	0	1 130	86
IC/CI 3	0	1 696a	82
IC/CI 4	0	1 880a	83
IC/CI 8	90	962	89
IC/CI 15	0	*	89
VAR-17	34	2 333a	83
VA-110	447a	1 192	85
77CS866-IX76BTP139-1	*	1 449	84
76BTP9XCyF ₉ -3-10	*	1 295	86
X	190**	1 585	85

Nota: Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según Duncan ($P < 0.05$); * no se evaluaron ese año; ** de las tres que produjeron grano.

Cuadro 3. Rendimiento (kg/ha) y días a floración de líneas de sorgo blanco en laboratorio, probadas bajo temporal en Calera, Zacatecas, Méx. (1986).

Genealogía	Rendimiento (kg/ha)	Días a floración
SoCB54-7PL-3X-M2X'S-2X-M2X'S-M2X'S	-	94
Gr.BI BETUN 81-51-PL-IX-M2X-M2X'S	-	82
Gr.BI BETUN 81-51-PL-IX-M2PL-M2X'S	-	79
SoCB9-186-IX-M2X'S-3X-M2X'S-M2X'2	-	85
SoCB82-5PL-4X-IX-M2X'S-M2X'2	-	77
SoCB98-2PL-2X-M2X'S-2X'S-M2X'S-M2	-	87
SoCB123-5X-IX-M2X'S-R12X'S	-	81
(P74 A5-443XMAN-64)5PL-IX-IX-M2X'S-M2X'S	-	80
(P74 A5-338XMAN64-4PL-IX)X(COMP.PREC.3)F2M2X'S-6X-IX-M2X'SM2X'S	-	87
(P74 A5-338XMAN64-4PL-IX)X(COMP.PREC.3)F2M2X'S-8PL-2PL-M2X'S	-	85
(TL79476-27XXCOM.PREC.4)F2-M2X'S-IPL-IX-M2X'S-M2X'S	127	92
SAJ875XCT-37-1XCOMP.PREC.N°4)F2-M2PL-IX-IX-M2X'S-M2X'S	-	86
VA-110 M2-PL	497	83

CONCLUSIONES

De los materiales generados por el Programa de Mejoramiento Genético de Sorgo de Valles Altos, sobresalió, en un año seco, la variedad VA-110, pero con un rendimiento de grano aún modesto.

En años con condiciones favorables de lluvia, los sorgos probados rindieron en promedio 1585 kg/ha, lo cual se considera positivo ante la opción de tener un cultivo para siembras de temporal en Zacatecas.

El mejoramiento genético realizado en sorgo de grano ha mostrado ser eficaz para elevar su adaptabilidad en los valles altos con un rendimiento en bajas temperaturas.

Se requiere la obtención de genótipos de sorgo más precoces y tolerantes a la sequía que los actuales,

para generar variedades aún más productivas y estables en su comportamiento en el Altiplano de Zacatecas y áreas similares en condiciones ecológicas.

LITERATURA CITADA

- BROOKIN, I.R. 1976. Male sterility in *Sorghum bicolor* (L.) Moench induced by low-night temperature. I. Timing of the stage sensitivity. Australian Journal Plant of Physiology 3:589-596.
- CORRAL D, B. 1986. Problemática del cultivo del sorgo en valles altos. In Reunión Nacional sobre Sorgo (2., Sinaloa, Méx.). Memorias. Escuela Superior de Agricultura, UAS, Culiacán. p. 472-480.
- GARCÍA, E. 1973. Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Méx., UNAM, Instituto de Geografía.
- GONZÁLEZ H., V.M. 1982. Sorghum responses to high temperature and water stress imposed during panicle development. Tesis Ph.D. University of Nebraska.

- KRAMER, P.J. 1974. Relaciones hídricas de suelos y plantas. L. Tejada (Trad.) Méx., Limusa.
- LIVERA M., M. 1979. Adaptación y adaptabilidad de genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tolerantes al frío. Tesis M.C. Chapingo, Méx., Colegio de Postgraduados.
- LUNA F., M.; R. WONG R., R.; GUTIÉRREZ, S.; LÓPEZ M., L. 1983. Condiciones termopluvio-métricas limitativas bajo las que se cultiva maíz de temporal en Durango. In Congreso Nacional de Fitogenética. (8). Memorias. Michoacán, Méx., Uruapan, SOMEFI.
- LUNA F., M. 1984. Potencial del sorgo para grano en el CIANOC. In Reunión Nacional sobre Sorgo (I.). Memorias. Marín, N.L., Méx., UANL., Facultad de Agronomía.
- MAXIMOV, N.A. 1952. Fisiología vegetal. 2a ed. A.T. Hunziker (Trad.). Buenos Aires, ACME.
- ORTIZ C., J.; CABALLO C., A. 1972. La problemática del mejoramiento del sorgo para los valles altos de México. In Simposio Interamericano de Sorgo (I.). Anais. Brasilia, Bra. p. 74-85.
- ORTIZ V., M.; RUIZ V., J. 1987. Climatología aplicada: Curso de orientación para aspirantes a investigadores del INIFAP-SARH. Calera, Zacatecas, Méx. 262 p.
- PINTHUS, M.J.; ROSENBLUM, J. 1961. Germination and seedling emergence of sorghum at low temperatures. Crop Science 1:293-296.
- ROMO C., E.; CABALLO C., A. 1981. Valles Altos 110, 120 y 130: Nuevas variedades de sorgo para grano para los valles altos de México. Chapingo, Méx., CIAMEC-INIA-SARH. Folletos Técnicos no. 1, 2 y 3.
- ROMO C., E.; RODRÍGUEZ G., E.; PAUL, C.L. 1984. Sorgo para los valles altos de México. In Reunión Nacional sobre Sorgo (I.). Memorias. Marín, N.L., Méx., Facultad de Agronomía, UANL.
- WONG, R.R.; MUÑOZ O., A.; MENDOZA O., L.E. 1983. Efecto de la sequía sobre características vegetativas, reproductivas y eficiencia en variedades de sorgo. Agrociencia 51:101-114.

Cambios espaciales y volumétricos de horizontes vérticos en enmiendas¹

J. L. Luque*, N. Peinemann**

ABSTRACT

Swelling and dispersion were determined for surface samples of five vertic soils from the lower Chubut valley river, previously subjected to different amounts of gypsum and sulfuric acid applications during the leaching of over a meter of water, in order to quantify these processes during the different treatments.

It was observed that the addition of amendments reduces the swelling capacity of the soils ($H_2SO_4 >$ gypsum), while the differences between treatments were not significant. The swelling susceptibility was better related with the clay content than with the sodicity level of the samples. In equivalent treatments, soils leached with H_2SO_4 showed a smaller dispersion than those with gypsum. It was concluded that dispersion was the main mechanism responsible for differences in soil permeability between treatments with amendments, while swelling was the principal mechanism for the differences observed between the reference with and without amendments, independent of the amounts.

RESUMEN

Se determinaron el hinchamiento y la dispersión sobre muestras superficiales de cinco suelos vérticos del valle inferior del río Chubut, previamente sometidos a diferentes dosis de yeso y H_2SO_4 con lavados de una lámina de agua, superior a un metro, con el objeto de cuantificar estos procesos en los diferentes tratamientos. Se observó que la aplicación de enmiendas disminuyó la capacidad de hinchamiento de los suelos ($H_2SO_4 >$ $CaSO_4$) respecto al testigo, aunque las diferencias entre tratamientos no fueron significativas. La susceptibilidad al hinchamiento estuvo mejor relacionada con la cantidad de arcilla presente que con el nivel de sodicidad. Con tratamientos equivalentes, los suelos lavados con H_2SO_4 tuvieron una menor dispersión que aquellos tratados con yeso. Se concluye que la dispersión es el principal mecanismo responsable de las diferencias en permeabilidad entre los tratamientos con enmiendas, mientras que el hinchamiento lo es de aquellas observadas entre el testigo y el realizado con alguna enmienda, independientemente de la dosis aplicada.

INTRODUCCIÓN

Gupta y Verma (1985) definen al hinchamiento como la deformación de la matriz del suelo durante el humedecimiento. Ello provoca una disminución de la densidad aparente por incremento del volumen del suelo al expandirse las partículas de arcilla por adsorción en varias veces su peso en agua.

Las láminas se encuentran separadas en una arcilla expandible con alto contenido de sodio adsorbido. Pero, cuando se incorpora calcio mediante alguna enmienda, se produce la floculación, formándose tactoides—paquetes de láminas de arcilla. El poder de ligamento del calcio impide la entrada de más de tres capas monomoleculares de agua en el espacio interlaminar, con lo que se impide el proceso de hinchamiento. En un suelo arcilloso parcialmente confinado, el hinchamiento originado por el aumento de sodio intercambiable a baja concentración de sales alterará la distribución del tamaño de poros, reduciendo el tamaño de los macroporos, lo que se

traduce en una reducción de la conductividad hidráulica.

En el valle inferior del río Chubut predominan suelos con elevados contenidos de esmectitas con alta capacidad de expansión y contracción ante diferentes contenidos de agua como consecuencia del riego. En ellos es común la presencia de grietas anchas y profundas y de "slickenside" y la formación de un microrrelieve "gilgai", confiriéndoles un neto carácter vértico.

A medida que el contenido de agua disminuye, estos suelos se agrietan por las cualidades expansibles de las arcillas que los componen, adquiriendo una estructura masiva. De esta manera se forman terrones de gran tamaño, duros y consistentes, que imposibilitan su ruptura para la obtención de una cama de siembra. Cuando se tienen altos contenidos de agua, acercándose al punto de saturación, el suelo arado origina los clásicos "panes" debido a la gran plasticidad de estos suelos.

El principal condicionante para la utilización de los mismos es el mantenimiento de una permeabilidad lo suficientemente alta en la zona radical para controlar la salinidad y dar un nivel adecuado de humedad al cultivo, porque la infiltración en el perfil

¹ Recibido el 5 de setiembre de 1994

* E. E. A., INTA, Trelew, Casilla de Correo 88, 9100 Trelew, Arg.

** Universidad Nacional del Sur - 8000 Bahía Blanca, Arg.

es extremadamente restringida. Pero, los dos factores que más incidirán sobre la conductividad hidráulica inicial y su posterior estabilidad, y que explicarían su comportamiento, son los procesos de hinchamiento y dispersión, según Low y Margheim (1978), Pupisky y Shainberg (1979), Shanmuganathan y Oades (1982) y otros. Frenkel *et al.* (1978) fueron los primeros en describir en detalle el hinchamiento y la dispersión como los mecanismos responsables de la disminución de la permeabilidad del proceso y resaltaron la importancia de la dispersión.

Es así que el objetivo de este trabajo es el estudio cuantitativo de los procesos mencionados, luego de la aplicación de distintas enmiendas durante el lavado de estos suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron cinco horizontes Ap más o menos vérticos de suelos representativos del valle inferior del río Chubut (Cuadro 1).

Estas muestras fueron sometidas a los siguientes tratamientos: testigo sin enmiendas; con aplicación de yeso (3.4; 6.8; 13.7 y 27.3 t/ha); con aplicación de ácido sulfúrico (1300 y 2600 l/ha) y combinación de yeso (3.4 t/ha) más ácido sulfúrico (860 l/ha, equivalente a 6.8 t de yeso por hectárea). Cada uno fue sometido a 1040 mm de agua en ocho lavados.

Cuadro 1. Propiedades fisicoquímicas de los suelos de los ensayos.

Suelo (núm.)	1	2	5	3	4
Profundidad (cm)	0-22	0-33	0-22	0-17	0-23
CE (dS m ⁻¹)	5.6	10.0	30.3	1.0	1.1
pH	8.0	8.2	7.5	8.0	7.9
CIC					
(me/100 g suelo)	65.2	52.1	1.5	50.7	65.6
PSI (%)	16.6	25.1	22.4	5.3	4.1
calcáreo (%)		0.9	1.3	2.9	0.4
materia orgánica (%)	3.1	2.9	1.8	2.6	2.3
arcilla (%)	57.4	35.9	35.9	50.5	49.8
limo (%)	7.5	32.4	10.6	13.1	25.2
arena (%)	35.1	31.7	38.9	34.0	21.6
textura	arc.	arc.	arc.	arc.	arc.

El material seco proveniente de los mismos, molido y tamizado, fue sometido a mediciones de hinchamiento mediante un flexímetro. Este instrumento está compuesto por una aguja sensible al desplazamiento vertical del suelo cuando se humedece y expande, y es cuantificado en una escala de centésimas de milímetro.

El grado de dispersión se midió en las muestras de suelo previamente utilizadas en experimentos de conductividad hidráulica con agua destilada y enmiendas diluidas. Se utilizó el método de la pipeta modificado, a fin de cuantificar el porcentaje de dispersión. La variante consistió en no utilizar dispersantes químicos a fin de evaluar la acción dispersante de los constituyentes naturalmente presentes en cada muestra. La unidad de medida utilizada fue la cantidad de partículas en 100 g de suelo seco (porcentaje de "arcilla" y de "arcilla más limo" dispersos en relación a la cantidad total de partículas de esos tamaños, que contiene cada suelo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de enmiendas, en promedio, disminuyó la capacidad de hinchamiento ($P < 0.01$). Pero su magnitud en los distintos tratamientos fue similar en los diferentes suelos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores medios de hinchamiento en los distintos tratamientos.

	tratamiento	hinchamiento (mm)	(%)
suelos salinos	(1)	6.86	100.0a
	(2)	5.14	74.9b
	(3)	5.76	82.8b
suelos no salinos	(1)	5.79	100.0a
	(2)	5.46	94.3a
	(3)	5.01	86.5b

El hinchamiento en el tratamiento-testigo fue significativamente mayor ($P < 0.01$) que en aquellos con aplicación de yeso o ácido sulfúrico. En cambio no se encontraron diferencias significativas entre enmiendas. Esta afirmación demostraría que ambas causan una disminución en la capacidad de

hinchamiento, de similar magnitud al menos en altas dosis (Cuadro 3).

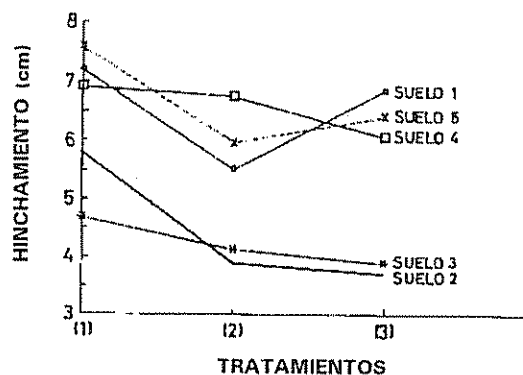
Cuadro 3. Dispersión (Di) de partículas menores a 20 micrones y conductividad hidráulica (K) (cm/h) de los distintos suelos sometidos a los diferentes tratamientos.

		tratamientos							
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
suelos salino-sódicos									
suelo 1	Di	50.6	52.2	42.4	33.6	27.6	41.1	31.1	26.0
	K	0.02	0.10	0.12	0.32	0.52	0.39	0.37	0.61
suelo 2	Di	91.9	50.7	48.8	42.1	39.3	37.2	38.0	27.5
	K	0.02	0.06	0.08	0.14	0.21	0.21	0.19	0.58
suelo 5	Di	78.0	56.0	48.8	42.4	35.4	41.9	49.1	40.6
	K	0.02	0.39	0.60	0.70	0.86	0.95	0.25	0.73
suelos no salinos									
suelo 3	Di	71.7	57.9	50.8	48.3	38.1	42.2	61.3	46.6
	K	0.05	0.16	0.22	0.36	0.40	0.19	0.18	0.22
suelo 4	Di	49.6	41.2	38.0	36.7	29.5	37.1	39.4	35.7
	K	0.05	0.46	0.60	0.80	1.19	0.71	0.34	0.74

Notas: (1) lavado sin enmiendas (testigo); (2) 3.4 t/ha de CaSO_4 ; (3) 6.8 t/ha de CaSO_4 ; (4) 13.7 t/ha de CaSO_4 ; (5) 27.3 t/ha de CaSO_4 ; (6) 3.4 t/ha de CaSO_4 + 1300 l/ha H_2SO_4 ; (7) 1300 l/ha H_2SO_4 ; (8) 2600 l/ha H_2SO_4 .

Al comparar los efectos causados por los distintos tratamientos sobre un suelo (Fig. 1), no se encontraron diferencias en la magnitud del hinchamiento entre el promedio de los tratamientos. La falta de diferencias estaría entre el conjunto de tratamientos y no entre el testigo y los tratamientos. El hinchamiento es mayor en el testigo —lavado con agua y sin enmiendas— que con la aplicación de cualquier corrector ($P < 0.01$).

Como la prueba de interacción resultó no significativa, no se tuvieron evidencias de un comportamiento distinto de los suelos no salinos 3 y 4, al trabajar con un nivel de significancia del 50 por ciento. El agregado de enmiendas modificó, en promedio, el hinchamiento ($P < 0.01$). En general, los valores de hinchamiento, independientemente del tratamiento, fueron mayores en el suelo 4 que en el suelo 3 (Cuadro 2). El hinchamiento en el testigo y con aplicación de yeso resultaron más elevados que con la mayor dosis de ácido sulfúrico ($P < 0.05$) pero no hubo diferencias entre tratamientos (Cuadro 3).



(1) = Testigo (2) = 27.3 t/ha CaSO_4 (3) = 2600 t/ha H_2SO_4

Fig. 1. Hinchamiento (mm) de los suelos posterior a los tratamientos.

La relación real es que a mayor conductividad eléctrica y menor PSI, habrá un menor hinchamiento. En el tratamiento con la mayor aplicación de yeso se obtiene el menor valor de hinchamiento, lo que, a su vez, coincide con el mayor nivel electrofítico final.

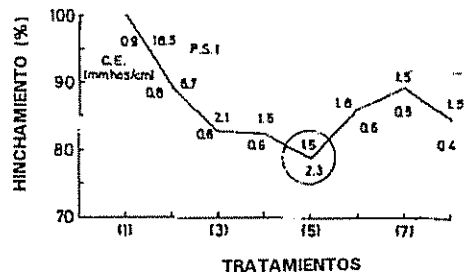
Shainberg *et al.* (1971) mencionan que el hinchamiento es pronunciado sólo si el PSI supera el valor de 20. Pero en los experimentos, aquí descritos, en los suelos normales se obtuvo un hinchamiento similar al de los suelos salinos (Cuadro 2), así el suelo 3 tiene un hinchamiento similar al del suelo 2, mientras que el 4 es similar a los de los suelos 1 y 5.

La susceptibilidad al hinchamiento estaría fuertemente asociada al tipo y cantidad de arcilla y no en forma absoluta al nivel de sodicidad. Una confirmación es que en el suelo 4 con muy poco sodio intercambiable se presenta un mucho mayor hinchamiento que en el suelo 2, aunque este último presente mayores valores de PSI, pero a su vez menores contenidos de arcilla. El lavado del exceso de sales en los suelos salinos, sin el agregado de enmiendas, produce un fuerte hinchamiento por el incremento del sodio en la fase adsorbida. Por esta razón, en el lavado con agua sola se obtuvieron mayores valores de hinchamiento, incrementándose las diferencias entre los tratamientos con enmiendas y el testigo en aquellos casos en que el PSI era elevado.

En los suelos normales usados en este ensayo, con valores de PSI de 5 y 4, tuvo lugar una dispersión que disminuyó a medida que se aumentó la dosis de calcio proporcionado. En el tratamiento-testigo, su magnitud impidió que pudiera completarse la serie de lavados por impermeabilización del mismo como consecuencia del transporte de las partículas de arcilla dispersas depositadas en los poros obturándolos.

Rowell *et al.* (1969) mencionan el estrés mecánico como uno de los factores fundamentales en la susceptibilidad de un suelo a la dispersión. Esta sería una de las principales causas en las diferencias de valores de dispersión entre los suelos no salinos con semejantes valores de PSI y contenidos de arcilla. En este caso, la mayor dispersión se observó en un suelo previamente removido varias veces en comparación con otro cuya superficie permaneció inalterada por más de 10 años con una pastura de buena cobertura.

Con tratamientos equivalentes, los suelos lavados con H₂SO₄ diluido tuvieron una dispersión sensiblemente menor que aquéllos con yeso (Cuadro 5). La causa de esta diferencia es que los suelos tratados con ácido sulfúrico se recuperaron más eficientemente, lo que implica que completaron el tratamiento de ocho lavados, mientras que, en muchos casos, los tratados con yeso se impermeabilizaron antes de la finalización. Con el ácido sulfúrico se posibilitó un mayor nivel electrolítico en el primer lavado (> CE en el percolado), que se tradujo en mayor floculación y, luego, en menor CE como consecuencia de un mayor lavado de sales solubles en menor tiempo.



(1) = Lavado sin enmiendas (testigo)
 CaSO₄ (t/ha); (2) = 3.4 (3) = 6.8 (4) = 13.7 (5) = 27.3
 Mixto; (6) = 3.4 (t/ha) CaSO₄ + 880 t/ha H₂SO₄
 H₂SO₄ (t/ha); (7) = 1300 (8) = 2600

Fig. 2. Hinchamiento relativo, CE y PSI del suelo 5, posterior a los diferentes tratamientos.

Shanmuganathan y Oades (1982) demostraron que existe muy buena correlación entre el porcentaje de "arcilla más limo" dispersos y parámetros tales como hinchamiento, retención de agua, porosidad, salinidad y sodicidad.

Los coeficientes (R₂), al medir la dispersión por el método de la pipeta modificado, dieron en promedio 0.89 con un rango entre 0.79, para el suelo 2, y 0.97, para el suelo 4.

En el análisis de regresión lineal simple, cuando la variable independiente es RAS, hubo mejor relación lineal entre la variable dependiente (K) y la independiente (> R₂).

$$Y = 11.7 + 2.5 RAS \quad R_2 = 0.93 \text{ suelos 1 y 5}$$

$$Y = -0.41 + 2.2 RAS \quad R_2 = 0.97 \text{ suelo 2}$$

$$Y = 10.1 + 11.8 RAS \quad R_2 = 0.89 \text{ suelos 3 y 4}$$

Se encuentran diferentes criterios en la bibliografía respecto a si el hinchamiento o la dispersión es la mayor causa de reducción de la permeabilidad en los suelos. Shainberg y Caiserman (1971) expresaron que el hinchamiento, en general, no es apreciable en suelos con PSI < 25 - 30. Pero, la dispersión ocurriría en niveles entre 10 y 20 de PSI, siempre que la concentración salina sea menor de 0.1 dS m⁻¹. Gupta y Verma (1985) señalaron que el incremento de la K, resultante de una elevación del nivel de salinidad de la solución, a un bajo RAS, demostraría que el principal mecanismo involucrado en la reducción de aquélla es el hinchamiento de las láminas de arcilla.

Contrariamente Felhender *et al.* (1974), Chen y Banin (1975) y Frenkel *et al.* (1978) opinan que la dispersión más que el hinchamiento constituye el proceso operativo que induce a la disminución de la permeabilidad en suelos expandibles. Este último criterio quedaría demostrado en estos experimentos cuando, a pesar de la disminución sensible del nivel de sodio casi al finalizar los lavados en los tratamientos con menores dosis de enmienda, la K sigue siendo muy baja, por lo que el proceso responsable sería la migración de las arcillas previamente dispersadas. El taponamiento o bloqueo de poros —como resultado de la dispersión y posterior traslocación de las partículas de arcilla— sería el mecanismo responsable de las diferencias en la permeabilidad de los diferentes tratamientos con enmiendas para un mismo suelo, ya que como se

demonstró con anterioridad el grado de hinchamiento fue similar para las distintas dosis utilizadas.

Aparentemente no sólo el hinchamiento tiene un papel dominante sobre la disminución de la permeabilidad del suelo; al lavar un suelo con agua de óptima calidad —aunque el hinchamiento es máximo en los suelos de mayor PSI (suelos 2 y 5)— y a medida que percolaba el agua destilada, la conductividad hidráulica siguió disminuyendo constantemente. Si sólo el hinchamiento fuera responsable de la disminución en la permeabilidad, el proceso sería reversible si se vuelve a aplicar agua con elevados tenores salinos.

Shainberg *et al* (1971) y Pupisky y Shainberg (1979) afirman, también, que el taponamiento de los poros a causa de la dispersión es el principal mecanismo de reducción de la permeabilidad de los suelos con bajo PSI, mientras que el hinchamiento lo es en aquellos con alto PSI. En el presente caso actuaría en los permeámetros, en primera instancia, el hinchamiento a medida que el suelo se va humedeciendo y, luego, comenzaría el proceso de dispersión. Lograda la saturación y a medida que percola la solución de lavado continúa el aumento de la dispersión, el hinchamiento se estabiliza y se produciría la traslocación de las partículas dispersas, obturando los poros.

Por ello se puede inferir que, por lo menos, para suelos con características similares a los de este trabajo, la dispersión y el hinchamiento son fenómenos relacionados entre sí, y ambos son los responsables de la disminución de la K, ya que el hinchamiento reduce el tamaño de los poros mientras que la dispersión facilita su taponamiento. El hinchamiento ocurriría en condiciones de campo; el mecanismo dominante, entre punto de marchitez y capacidad de campo, y tendría incidencia directa sobre la capacidad de infiltración. La dispersión sería el proceso dominante desde el estado de saturación en adelante, o sea, inmediatamente después de la finalización del riego y limitaría la profundidad que alcanzará el agua en el suelo.

CONCLUSIONES

Las mediciones de hinchamiento efectuadas en los diferentes tratamientos mostraron que es más sensible

a la concentración de electrolitos que al PSI del suelo y fuertemente dependiente del contenido de arcilla en el mismo. La dispersión de coloides mostró ser más sensible a las enmiendas aplicadas y estar mejor relacionada con la sodicidad del sistema.

La dispersión es el principal mecanismo responsable de las diferencias en la permeabilidad entre los distintos tratamientos con enmiendas, mientras que el hinchamiento lo es de aquellas observadas entre el testigo y el realizado con alguna enmienda, independientemente de la dosis aplicada.

La aplicación de enmiendas, sea yeso o ácido sulfúrico, disminuyó en forma significativa la dispersión en relación al testigo, y, tanto más, cuanto más elevadas son las dosis empleadas.

LITERATURA CITADA

- CHEN, J.; BANIN, A. 1975. Scanning electron microscope observations of soil structure changes induced by sodium - calcium exchange in relation to hydraulic conductivity. *Soil Science* 120:428-436.
- FELHENDER, R ; SHAINBERG, I ; FRENKEL, H. 1974. Dispersion and hydraulic conductivity of soils in mixed solution. In *International Congress Soil Science Trans.* (10., Moscú) 1:103-112.
- FRENKEL, H; GOERTZEN, J.; RHOADES, J. 1978. Effects of clay type and content, exchangeable sodium percentage, and electrolyte concentration on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. *Soil Science Society of American Journal* 42:32-39.
- GUPTA, R.; VERMA, S. 1985. Hydraulic conductivity of a swelling clay in relation to irrigation water quality. *Catena* 12:121-127.
- LOW, P.; MARGHEIM, J. 1978. The swelling of clays: Basic concepts and empirical equations. *Soil Science Society of America Journal* 43:473-481.
- PUPISKY, H.; SHAINBERG, I. 1979. Salt effects on the hydraulic conductivity of a sandy soil. *Soil Science Society of America Journal* 43:429-433.
- ROWELL, A ; PAYNE, D ; AHMAD, N. 1969. The effect of the concentration and the movement of solution on the swelling dispersion and movement of clay in saline and alkali soils. *Journal of Soil Science* 20:176-188.
- SHAINBERG, I.; BRESLER, E ; KLAUSNER, J. 1971. Studies on Na/Ca montmorillonite systems. I. The swelling pressure. *Soil Science* 111:214-219.

SHAINBERG, I.; CAISERMAN, A. 1971. Studies on Na/Ca montmorillonite systems. II. The hydraulic conductivity. Soil Science 111:276-281

SHANMUGANATHAN, R.; OADES, J. 1982. Modification of soil physical properties by addition of calcium compounds. Australian Journal of Soil Research 21:451-465

Efecto de la acidez sobre la selectividad de intercambio Ca/K en dos suelos del sur de Chile¹

I. Salazar*, K. Faundez**, H. Pinilla**,
M. Pino*, M.L. Mora*

SUMMARY

The effect of acidity was studied on the exchange selectivity Ca/K in and Andisol (Pemehue) and Ultisol (Metrengo) homoionized in calcium so as to simulate a great level of whitening. The experimental procedure consisted in balancing the soil samples with solutions from different quantities of CaCl₂/KCl into three levels of acidity but maintaining the electrolytic concentration of 0.05 mol/l; a soil ratio: a solution 1:40, and at a controlled temperature of 25°C. The Pemehue soil presented potassium selectivity in all the acidity levels studied, that is to say: at pH 4.5, it presented potassium selectivity for saturations in potassium between 0% and 82%; in higher saturations, it preferred calcium. At pH 5.0, it presented potassium selectivity for saturations in K between 0% and 60%, and for higher potassium saturations it prefers calcium. At pH 6.0, it presented potassium selectivity for saturations in potassium between 0% and 40%, and at higher potassium saturations Pemehue soil prefers calcium. The Metrengo soil is selective for potassium in all the pH readings and saturations in potassium that we have studied.

RESUMEN

Se estudió el efecto de la acidez sobre la selectividad de intercambio Ca/K de un Andisol (Pemehue) y un Ultisol (Metrengo), homoionizados en Ca para simular un alto nivel de encalado. El procedimiento experimental consistió en equilibrar muestras de suelo con soluciones de diferentes proporciones de CaCl₂/KCl con tres niveles de acidez, manteniendo la concentración electrolítica de 0.05 mol/l, a razón de suelo:solución a 1:40 y una temperatura constante de 25° centígrados. El suelo Pemehue presentó selectividad por K en los tres niveles de acidez estudiados, en la región de bajos porcentajes de K en solución; es así como, con un pH 4.5, prefiere K a saturaciones en K entre 0% y 82%, y a saturaciones mayores, Ca. Con un pH 5.0 es selectivo por K a saturaciones entre 0% y 60%, con saturaciones mayores prefiere Ca y con pH 6.0 es selectivo por K a saturaciones entre 0% y 40%, y entre 40% y 60% de saturación en K es selectivo por Ca. El suelo Metrengo mostró selectividad por K en todos los niveles de acidez y saturaciones estudiadas en potasio.

INTRODUCCIÓN

Existe preocupación en el sector agrícola de la zona sur de Chile por los problemas asociados a las pérdidas de bases de intercambio y aumento de la acidez del suelo —fenómeno que acarrea grandes pérdidas en la producción agrícola. La acidificación de los suelos es un proceso natural que ocurre lentamente en suelos con alta pluviometría, como consecuencia de la lenta y constante pérdida de bases (Sadzawka 1991). Sin embargo, la principal causa de la acidificación es la práctica de una agricultura intensiva, extractiva y sin reposición de bases, o por la aplicación de elevadas dosis de fertilizantes amoniacales (Fassbender y Bornemisza 1980; Mora 1993).

En este contexto, se deben determinar los efectos causados por la acidez en suelos de la zona sur de Chile y su relación con la selectividad de intercambio Ca/K.

La selectividad del intercambio es determinante en la disponibilidad de bases en el suelo. Salazar *et al.* (1992) estudiaron el equilibrio de intercambio Ca/K en la fracción arcilla (< 2 μm) de un suelo Vilcún del sur de Chile, y encontraron que este suelo presenta selectividad por K en todo el rango de saturación en K, y el correspondiente suelo Osorno, sólo a bajas saturaciones en K, es selectivo por este ión.

Asimismo Salazar *et al.* (1993) encontraron que los coeficientes de selectividad por K determinados en suelos volcánicos de Chile a través de estudios de equilibrios de intercambio Ca/K, Ca/Na y Ca/Mg, decrecen al aumentar la saturación del suelo en K. Ello sugiere una creciente selectividad por K a medida que el porcentaje de saturación en K de la solución tiende a cero. Ogwada *et al.* (1986) estudiaron el intercambio Ca/K en horizontes Ap de una marga Chester y una marga arenosa Downer con bajos contenidos de materia orgánica y composición mineralógica similares, y encontraron que ambos suelos presentan selectividad por K.

Goulding *et al.* (1984) estudiaron el intercambio K/Ca en suelos ingleses con bajo contenido de materia orgánica y encontraron que la preferencia por K (Worcester > Andover = Hanslope > Clwyd > Newport) decreció con el incremento de la densidad de carga superficial; y Parfitt (1980) señaló que la

¹ Recibido el 8 de setiembre de 1994.

* Departamento de Ciencias Químicas, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

** Facultad de Agronomía, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

disminución de la selectividad por K con el incremento del pH, trae consigo el aumento de la selectividad por Ca.

En la actualidad, debido al aumento creciente de la acidificación de los suelos del sur de Chile, es una práctica agrícola común el uso de enmiendas calcáreas para corregir la acidez y la saturación en Al de estos suelos. Sin embargo la acidificación como el encalado alteran la dinámica de fertilidad del suelo. Por esta razón, en esta investigación, se propuso estudiar la selectividad de intercambio Ca/K en suelos homoionizados en Ca para simular el encalado, y en tres niveles de acidez, en un Andisol y un Ultisol de la IX región de Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron dos familias de suelos cultivados, recolectados a una profundidad de 0 - 20 centímetros. Un Andisol perteneciente a la serie Pemehue (Ashy, mesic, Hydric Dystrandep), ubicado a 4 km al norte de Radal, IX Región, y un Ultisol de la Serie Metrenco (Fine, mesic, Palehumult), ubicado a 5 km al sur de Temuco, al lado de la carretera Panamericana, IX Región. Algunas propiedades de los suelos se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Algunas propiedades de los suelos Pemehue y Metrenco.

	Suelo	
	Pemehue	Metrenco
pH(H ₂ O), 1:2.5	5.49	5.55
M.O.* (%)	20.00	6.00
K**, (cmol(+)/kg)	0.45	0.94
Ca**, (cmol(+)/kg)	0.96	8.44

Notas:

* Determinada por el método Walkley-Black.

** Extraídos con acetato de amonio a pH=7.0

Se realizaron equilibrios de intercambio Ca/K con pH 4.5, 5.0 y 6.0 en suelos homoionizados en Ca, para simular diferentes niveles de acidez y encalado. El procedimiento experimental consistió en saturar el suelo con Ca⁺⁺, usando CaCl₂ 0.5 M; eliminar el exceso del catión saturante mediante sucesivos lavados con agua desionizada y destilada, hasta obtener una prueba negativa con AgNO₃; equilibrar los suelos con una razón suelo:solución 1:40 usando ocho soluciones diferentes, variando la relación CaCl₂/KCl pero manteniendo una concentración electrolítica de 0.05 mol/l y una temperatura de 25°C; desplazar los cationes adsorbidos con una solución de NH₄NO₃ 0.15 M (Ecsudey y Galindo 1988) y determinar K y Ca, adsorbidos por Espectrofotometría de Emisión y de Absorción Atómica, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los valores de pH, contenidos de materia orgánica (MO), K y Ca intercambiables (cmol(+)/kg) de los suelos utilizados en este estudio. El suelo Pemehue tiene un pH inferior en 0.06 unidades respecto al suelo Metrenco y, por lo tanto, mayor grado de acidez.

En el suelo Metrenco, los niveles de K intercambiables, como una función del porcentaje de K en solución, son mayores que en el suelo Pemehue en los tres niveles de acidez estudiados. Así, con un pH 4.5, al aumentar el K en solución desde 0% hasta 100%, el K intercambiable se incrementa desde 0.0 hasta 7.2 cmol(K)/kg en suelo Metrenco (Cuadro 2) y desde 0.0 hasta 5.0 cmol(K)/kg en suelo Pemehue (Cuadro 3), respectivamente.

Con un pH 5.0, el K intercambiable se incrementa desde 0.6 hasta 7.5 cmol(K)/kg en suelo Metrenco y desde 0.0 hasta 5.6 cmol(K)/kg en suelo Pemehue, y con pH 6.0, el K intercambiable aumentó desde 0.0 hasta 11.9 cmol(K)/kg en suelo Metrenco (Cuadro 2) y desde 0.0 hasta 6.5 cmol(K)/kg en el suelo Pemehue (Cuadro 3).

Cuadro 2. K y Ca intercambiables, como función del porcentaje de K en solución a tres niveles de acidez en un suelo Metrenco.

K (%) en solución	pH					
	4.5		5.0		6.0	
	K(int)	Ca(int)	K(int)	Ca(int)	K(int)	Ca(int)
	----- cmol(+)/kg -----					
0	0.0	3.6	0.6	4.1	0.0	6.2
15	1.4	4.2	1.7	3.7	1.5	5.2
33	2.4	3.2	3.1	3.4	2.7	4.7
50	3.4	2.9	4.0	3.2	4.1	4.2
69	3.7	2.7	4.3	2.9	8.5	4.0
82	4.8	2.4	4.8	2.4	8.6	3.6
93	6.2	1.3	6.5	1.5	9.4	3.1
100	7.2	0.0	7.5	0.0	11.9	0.0

Cuadro 3. K y Ca intercambiables, como función del % de K en solución a tres niveles de acidez en un suelo Pemehue.

K % en solución	pH					
	4.5		5.0		6.0	
	K(int)	Ca(int)	K(int)	Ca(int)	K(int)	Ca(int)
	----- cmol(+)/kg -----					
0	0.0	5.1	0.0	6.1	0.0	9.9
15	1.0	4.2	0.6	5.7	0.5	8.4
33	1.9	3.9	1.1	5.3	1.3	7.8
50	2.1	3.8	1.7	4.7	1.8	7.4
69	2.2	3.2	2.3	4.1	3.6	6.7
82	2.7	3.0	3.2	3.5	4.6	6.1
93	3.7	2.2	4.6	2.2	5.6	3.7
100	5.0	1.5	5.6	1.4	6.5	2.0

Estas diferencias se atribuyen a la composición mineralógica de los suelos, pues el suelo Metrenco (Ultisol) es geológicamente más antiguo y con estructura más ordenada que el suelo Pemehue (Andisol) (Besoian 1981), y a los contenidos de

materia orgánica (Talibudeen 1981). Los grupos carboxílicos de la materia orgánica del suelo con valores de pKa entre 3 y 5 se ionizan progresivamente cuando el pH sube y, por lo tanto, aumenta la carga negativa, fenómeno que favorece la interacción del

suelo Pemehue con Ca^{++} y no con K^+ , por su alto contenido de materia orgánica.

Las magnitudes de Ca intercambiable contra el porcentaje de K en solución, y a igual pH, son mayores en el suelo Pemehue que en el Metrenco. En los cuadros 2 y 3 se observa que al aumentar el K en solución desde 0% hasta 100%, con pH 4.5, el Ca intercambiable va desde 3.6 hasta 0.0 $\text{cmol}(\text{Ca})/\text{kg}$ de suelo Metrenco y desde 5.1 hasta 1.5 $\text{cmol}(\text{Ca})/\text{kg}$ en suelo Pemehue, respectivamente.

Con un pH 5.0 se observa que al aumentar el K en solución desde 0% a 100%, el Ca intercambiable va desde 4.1 hasta 0.0 $\text{cmol}(\text{Ca})/\text{kg}$ de suelo Metrenco y desde 6.1 hasta 1.4 $\text{cmol}(\text{Ca})/\text{kg}$ de suelo Pemehue, respectivamente. Con un pH 6.0 al aumentar el K en solución desde 0% a 100%, el Ca intercambiable va desde 6.2 hasta 0.0 $\text{cmol}(\text{Ca})/\text{kg}$ de suelo Metrenco y

desde 9.9 hasta 2.0 $\text{cmol}(\text{Ca})/\text{kg}$ de suelo Pemehue, respectivamente. Las diferencias entre estos dos suelos se explicarían por el mayor contenido de materia orgánica del suelo Pemehue y, por ende, la mayor disociación de los grupos carboxílicos y que, por densidad de carga, hay mayor interacción con el catión divalente (Ca^{++}).

Las tendencias en las cantidades de K y Ca intercambiables observadas con respecto al porcentaje de K en solución, fueron similares para cada pH estudiado (Fig. 1). Los aumentos crecientes en las magnitudes de K y Ca intercambiables con los aumentos de pH se pueden atribuir a aumentos también crecientes en la carga negativa de estos suelos con el pH (Fassbender y Bornemisza 1980; Carrasco y Sadzawka 1985; Rue y Mansell 1988; Talibudeen 1981).

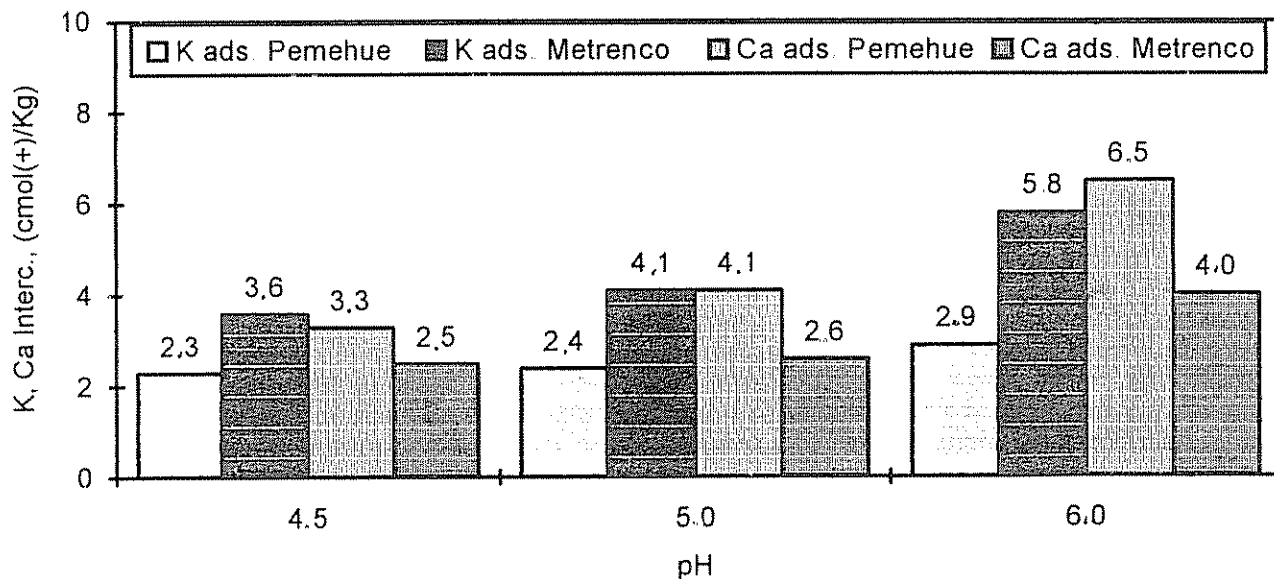


Fig. 1. Valores en promedio de K y Ca intercambiables a pH 4.5, 5.0 y 6.0 en el suelo Pemehue y Metrenco.

Un incremento en 0.5 unidades de pH, desde 4.5 a 5.0 ($\Delta\text{pH}=0.5$), implicó un aumento del 4% en el K intercambiable y un aumento del 8% en una unidad

de pH, desde 5.0 a 6.0, ($\Delta\text{pH}=1.0$), en el K de intercambio en el suelo Pemehue (Fig. 2).

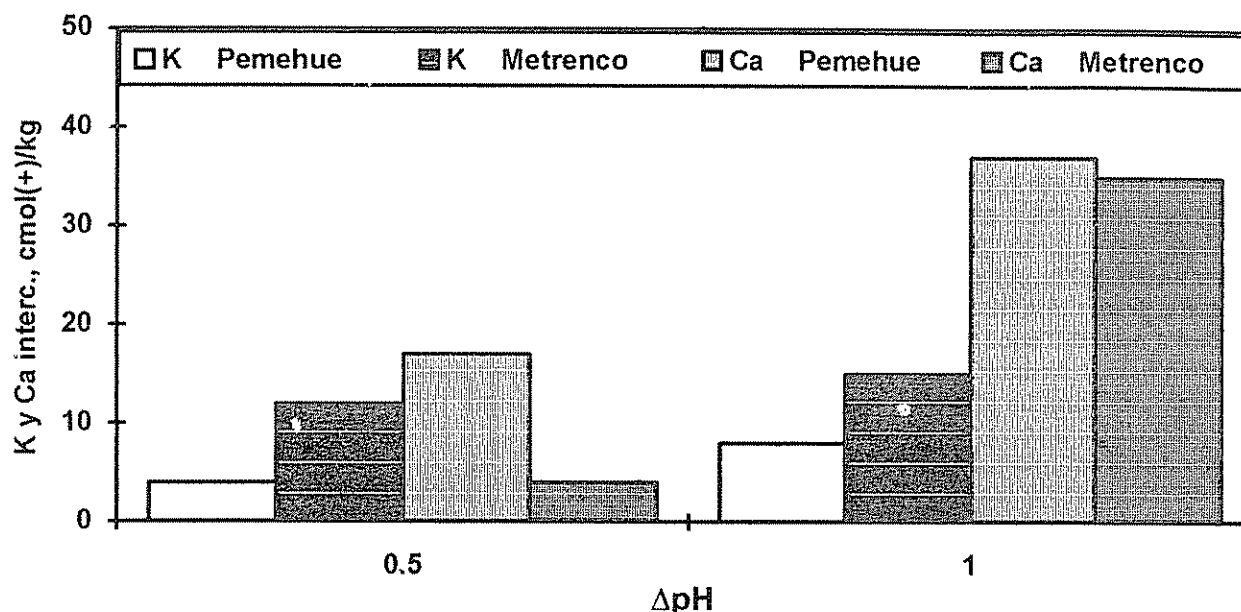


Fig. 2. K y Ca intercambiable como una función del incremento de pH (4 pH) en el suelo Pemehue y Metrenco.

En cuanto al Ca intercambiable en el suelo Pemehue, al aumentar el pH en 0.5 unidades (4.5 a 5.0), se incrementó un 17% y al elevar en una unidad de pH (5.0 a 6.0) subió un 37 por ciento. Los cambios de pH indican que tanto el K como Ca intercambiables en el suelo Pemehue sufrieron incrementos proporcionales al aumento de pH en las mismas condiciones de concentración de K y Ca en la solución suelo.

En el suelo Metrenco (Fig. 2), el aumento en 0.5 unidades de pH (4.5 a 5.0) incrementó el K intercambiable en 12% y el Ca en cuatro por ciento. En tanto, la variación en una unidad de pH (5.0 a 6.0) conlleva un 15% de aumento en el K intercambiable y un 35% en el Ca intercambiable.

De los valores de K y Ca intercambiables en el suelo Pemehue, se infiere que cuando el incremento de pH fue de una unidad ($\Delta\text{pH}=1.0$), se duplicaron los porcentajes de K y Ca intercambiables con

respecto a $\Delta\text{pH} 0.5$, no así en el suelo Rojo Arcilloso, Metrenco, donde el K intercambiable experimentó un leve aumento. En cambio, el Ca aumentó prácticamente en un factor 9, al subir el pH. Estos fenómenos tienen directa relación con el aumento de la carga negativa al incrementar el pH en estos suelos de carga variable, derivados de cenizas volcánicas. Así se explica la alta capacidad de adsorber Ca^{++} , ión divalente, que por su densidad de carga es preferido ante un ión monovalente (Delvaux *et al.* 1989).

En la Fig 3ab se muestra que, en ambos suelos, la selectividad por K disminuye con el aumento de la concentración de K en la solución. Esto coincide con lo encontrado por Salazar *et al.* (1993) al estudiar equilibrios de intercambio Ca/K en suelos volcánicos. Según estos autores, los valores de los coeficientes de selectividad decrecen al aumentar la saturación del catión en equilibrio, K, sugiriendo una selectividad creciente por este catión a medida que el porcentaje de saturación en K tiende a cero.

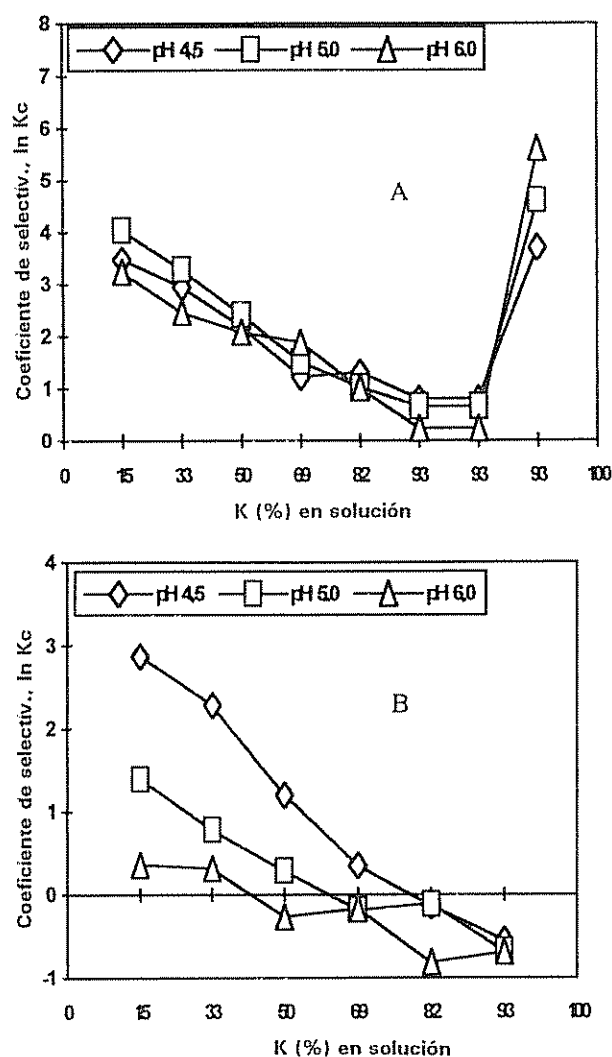


Fig. 3. Coeficiente de selectividad, Ln Kc , como una función del porcentaje de K en solución en pH 4.5, 5.0 y 6.0 en el suelo Metrenco (a) y Pemehue (b).

El suelo Metrenco (Fig. 3a) mostró selectividad por K (valores positivos de Ln Kc) en el rango de concentración de K en solución, a los tres niveles de acidez estudiados, observándose un cambio de pendiente a aproximadamente un 93% de K en solución, debido a la diferente naturaleza de los sitios que adsorben K. Goulding (1986), Rue *et al.* (1988) y Salazar *et al.* (1992) informan que los suelos prefieren K frente a Ca a bajos valores de K adsorbido; por lo tanto, la selectividad por K disminuye con el aumento de K adsorbido por el suelo. Según Parfitt (1980), la disminución de la selectividad por K con el incremento de pH trae consigo el aumento de la selectividad por Ca, lo que se produciría por la aparición adicional de sitios de

carga variable negativa, conocidos por exhibir una gran selectividad por el catión con mayor valencia, en este caso Ca^{++} .

El suelo Pemehue (Fig. 3b) presentó selectividad por K hasta cierto rango de K en solución, dependiendo de la acidez de este suelo. Es así que, con un pH 6.0, la selectividad por K se extiende entre 0% y 40% (valores positivos de Ln Kc) de K en solución y, con concentraciones mayores que 40% en K, la preferencia es por Ca (valores negativos de Ln Kc). Con un pH 5.0 entre 0% y 60% de K en solución, hubo preferencia por K y a porcentajes mayores lo fue de Ca. Con un pH 4.5, entre 0% y 78% de K en solución en equilibrio con los coloides del suelo, presentó selectividad por K y por Ca a valores mayores que 78% de saturación en K.

Estos fenómenos están relacionados con la mineralogía de los suelos, existiendo sitios específicos de adsorción para las distintas bases de intercambio. Los Andisoles están constituidos principalmente por arcillas amorfas que poseen escasos sitios específicos de intercambio, pues sus cargas son sólo superficiales y, por lo tanto, fácilmente intercambiables con el K de la solución del suelo, es decir, estos suelos tienen una baja capacidad tampón (Rodríguez 1993). Los Ultisoles tienen predominio de arcillas 1:1, las que también carecen de sitios específicos de intercambio para K; sin embargo presentan arcillas con sitios específicos, como los minerales micáceos 2:1 interestratificados, vermiculita, illita o esmectitas, donde el K queda retenido en las hendiduras de las capas y entre estas mismas con mayor intensidad de carga que en los sitios planares o de las esquinas (Goulding 1986). Los Ultisoles presentan mayor capacidad tampón para K.

Según los valores de K adsorbido y la selectividad por K encontrados en este estudio, el suelo Metrenco (Fig. 4a) presentó mayor capacidad tampón de K que el suelo Pemehue (Fig. 4b), lo que sugiere que el suelo Metrenco ofrece mayor resistencia para variar los niveles de K en la solución, que el suelo Pemehue. Un suelo con elevada capacidad tampón para K, permite una nutrición adecuada de los cultivos con una baja fertilización potásica; en cambio, las dosis de fertilización potásica en un suelo con baja capacidad tampón con K, como es el caso del suelo Pemehue, deben ser más altas para recuperar el nivel de deficiencia y cumplir con los requerimientos de las plantas.

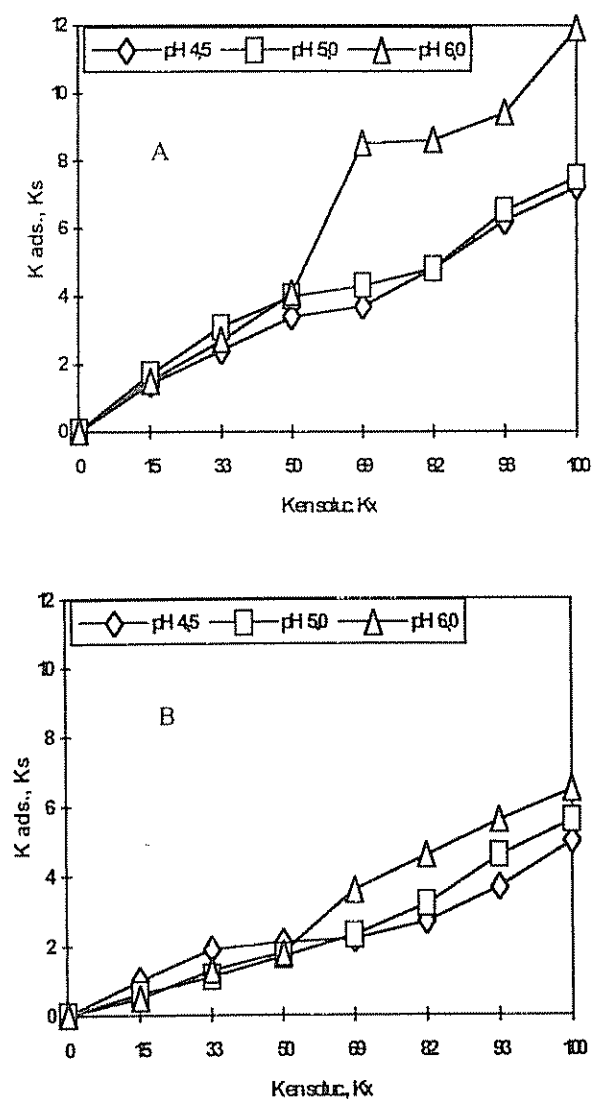


Fig. 4. K absorbido por el suelo, K_s , como función del K en solución, K , en tres niveles de acidez en suelo Metreco (a) y Pemehue (b).

De los resultados de esta investigación se concluye que:

- Las magnitudes de K y Ca intercambiables son función de la concentración de K en la solución suelo, del pH, del contenido de materia orgánica y de la composición mineralógica del suelo.

El suelo Pemehue presentó selectividad por K influenciada por el pH (a mayor pH menor selectividad por K) y el suelo Metreco mostró

selectividad por K en todos los niveles de acidez y rangos de K en la solución suelo estudiados.

LITERATURA CITADA

- BESOAIN, E. 1981. Mineralogía de arcillas y suelos. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, C.R. Serie de Libros y Materiales Educativos no. 60. 1205 p.
- CARRASCO, M.; SADZAWKA, M. 1985. Intercambio iónico: Suelos volcánicos de Chile. 1a. ed. Santiago, INIA, Ministerio de Agricultura. p. 724.
- DELVAUX, B.; DUFÉY, J.; VIELROYE, L.; HERBILLON, A. 1989. Potassium exchange behaviour in a weathering sequence of volcanic ash soils. *Soil Science Society of America Journal* 53:1679-1684.
- ESCUDEY, M.; GALINDO, G. 1988. Potassium-calcium exchange on inorganic clay fractions of Chilean Andes. *Geoderma* 41:275-285.
- FASSBENDER, H. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José, IICA. Colección de Libros y Materiales Educativos no. 81. 420 p.
- GOULDING, K. W. T. 1984. Thermodynamics of K/Ca exchange in soils. II. Effects of mineralogy, residual K and pH in soils from long-term ADAS experiments. *Journal of Soil Science* 35:409-420.
- GOULDING, K. W. T. 1986. Thermodynamics applied to potassium exchange in aluminosilicate minerals and soils. In *Congress of the International Society of Soil Science* (12.). Hamburg p. 1133-1143.
- MORA, M. 1993. Nivel de fertilidad de los suelos de la IX Región y su relación con la acidificación. *Frontera Agrícola* (Chile) 1(1).
- OGWADA, R. A.; SPARKS, D. L. 1986. A critical evaluation on the use of kinetics for determining thermodynamics of ion exchange in soils. *Soil Science Society of America Journal* 50:300-305.
- PARFITT, R. 1980. Chemical properties of variable charge. *New Zealand Society Soil Science, Lower Hutt*.
- RODRIGUEZ, J. 1993. Flujos de potasio en el sistema suelo: La fertilización de los cultivos. 1a. ed. Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. p. 921.
- RUE, R. D.; MANSELL, R. S. 1988. The effect of pH on sodium-calcium and potassium-calcium exchange selectivity for Cecil soil. *Soil Science Society of America Journal* 52:641-642.
- SADZAWKA, A. 1991. Acidez y enclavado de los suelos en la Región de los Lagos. Osorno, INIA. Serie Remahue (Chile) 15:9-21.

- SALAZAR, I.; ESCUDEY, M.; GOULDING, K.W.T. 1992. Heterogeneidad superficial de un suelo Osorno. *Agricultura Técnica (Chile)* 52(4):376-380.
- SALAZAR, I.; ESCUDEY, M.; GOULDING, K.W.T. 1992. Status of Chilean soil potassium to related Ca/K exchange. In *International Crop Science Congress (1)*. Ames, Iowa State University.
- SALAZAR, I.; GONZALEZ, L.; GUAJARDO, J. 1993. Selectividad de intercambio Ca-K, Ca-Na y Ca-Mg en un Andisol de la Serie Vilcún. In *Congreso Latinoamericano de Ciencias del Suelo (12)*. Salamanca, Esp v 1, p 386-394.
- SCHALSCHA, E.B.; PRATT, P.F.; ANDRADE, L. 1975. Potassium-calcium exchange equilibria in volcanic-ash soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 39:1069-1072.
- SRIVASTAVA, A.; SRIVASTAVA, O. 1991. Cation exchange capacity in relation to pH in salt affects soil. *Journal of Indian Society of Soil Science* 39:355-357.
- TALIBUDEEN, O. 1981. Cation exchange in soils. In *The Chemistry of Soil Processes*. D.J. Greenland, M.H.B. Hayes (Eds). cap. 4, p. 115-177.

Construction of a low-density linkage map of *Theobroma cacao* using random amplified polymorphic DNA markers and an anthocyanin biosynthetic locus¹

J.K. Osei*, D.B. Furtak**, M. Goodin***,
H. Rodriguez****, J. Morena****,
R. Lastra****, P.J. Fritz*****

ABSTRACT

Random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers were used to construct a low-density linkage map of *Theobroma cacao* L. The segregating population used for map construction derived from a Catongo X (Pound 12 X Catongo) backcross. DNA from 38 backcross trees was amplified with 28 random sequence ten-nucleotide long primers to give 36 polymorphic DNA fragments that segregated in a one-to-one ratio of present (dominant RAPD allele) to absent in the backcross progeny. Eighteen of these RAPD loci were linked in seven groups. When segregation data of anthocyanin biosynthetic alleles, judged from seed, flower, and leaf flush color, were added to the RAPD marker linkage groups, the anthocyanin locus was linked in one of the groups. A linkage map of this group containing four markers, including the anthocyanin biosynthetic locus, is presented.

RESUMEN

Se usaron indicadores ampliados polimórficos al azar del ARN para construir un mapa de baja densidad de ligamiento de *Theobroma cacao* L. La población segregante usada para la elaboración del mapa proviene de un retrocruzamiento de Catongo X (Pound 12 X Catongo). El ARN proveniente de los 38 árboles del retrocruzamiento fue amplificado con 28 secuencias al azar de "primers" largos de de 10 nucleótidos, que dieron 36 fragmentos polimórficos de ARN, que segregaron en una razón de uno por uno de presente (alelo dominante) a ausente en la descendencia del retrocruzamiento. Dieciocho de estos sitios de RAPD están ligados en siete grupos. Cuando los datos de segregación de los alelos de la biosíntesis de la antocianina, examinados de almendras, flores y brotes nuevos coloreados, fueron sumados a los grupos de RAPD marcadores, se ligaron a uno de estos grupos. Se presenta un mapa de ligamientos de estos grupos, que contiene los cuatro grupos de marcadores, incluyendo el de biosíntesis de la antocianina.

INTRODUCTION

Seeds of *T. cacao* L. ($2N=20$), family Sterculiaceae are second only to coffee as a major cash crop for about 40 developing countries located within 20 degrees of the equator. Fat pressed from dried seeds is used to manufacture chocolate,

cosmetics, and pharmaceuticals. The residue after fat extraction is cocoa powder, the source of chocolate flavor. Commercial cocoa varieties have a narrow genetic base and are susceptible to many diseases, including the ubiquitous black pod disease (*Phytophthora* spp.), the South American witches' broom disease (*Crinipellis pernicioso*), the West African swollen shoot disease (cocoa swollen shoot virus), and the South Pacific vascular streak die-back disease (*Oncobasidium theobromae*) (Wood and Lass 1987).

These diseases and the myriad of insects that feed on cocoa can reduce the world-wide crop by 10 to 30 percent per year. Thus, there is a great need for developing cocoa varieties that are more resistant to these pests. However, because of a long generation time (three to five years), cocoa breeding is slow. Traditional cocoa breeding is generally based on heterosis between parents selected from three major cocoa populations: Upper Amazon Forasteros, Lower Amazon Forasteros, and Trinitarios.

Recurrent selection may be a better approach for breeding superior cocoa varieties if a reliable method for selecting adult characters at the seedling stage can be developed. Such methods are now available in the form of molecular marker-based selection using restriction fragment length polymorphisms (RFLPs) (Botstein *et al.* 1980) or amplification fragment length

¹ Received on February 18, 1994.

J. Osei was supported by the University of Ghana and by a fellowship from the African-American Institute, New York. The research was supported in part under Grant Number DPE-55542-G-SS-7034, Program in Science and Technology Cooperation, Office of the Science Advisor, USAID. Major funding was from an endowment provided to Penn State University by the American Cocoa Research Institute (ACRI). ACRI also supported this work through an individual grant to PJF.

* Penn State University, American Cocoa Research Institute Cocoa Molecular Biology Laboratory, Department of Food Science, University Park, PA. 16802, USA; Present address: University of Ghana, Agricultural Research Station, Kade, Ghana.

** Penn State University, American Cocoa Research Institute Cocoa Molecular Biology Laboratory, Department of Food Science, University Park, PA. 16802, USA.

*** Penn State University Department of Plant Pathology, USA.

**** Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, C.R.

***** Present address: CATIE

polymorphisms (AFLPs) and their most common application, random amplified polymorphic DNAs (RAPDs) (Williams *et al.* 1990; Welsh and McClellan (1990). RAPD markers are not codominant, as are RFLP markers, and thus it may be necessary to determine the zygosity at any locus by progeny analysis (Carlson *et al.* 1991). Carlson *et al.* (1991) presented evidence for white spruce and Douglas, fir that RAPD markers segregate appropriately as independent alleles and thus can serve as markers for genetic linkage analysis. The RAPD procedure has the advantage of speed, is less expensive than RFLP analysis and has been used to construct genetic linkage maps for several plants including *Arabidopsis thaliana* (Reiter *et al.* 1992) and loblolly pine (Chaparro *et al.* 1992).

RAPD markers that are tightly linked to genes conferring desirable characters in cocoa can greatly facilitate breeding programs by providing a means to select for desired genotypes at the seedling stage and thereby reduce the cost and time of cocoa breeding. RAPD markers are also valuable for fingerprinting cocoa genotypes to minimize duplications in cocoa collections and to determine the degree of genetic diversity of populations (Wilde *et al.* 1992; Lanaud *et al.* 1992; Lerceteau *et al.* 1992). In this paper we describe the construction of a low-density partial linkage map of *T. cacao* containing 18 RAPD loci and an anthocyanin biosynthetic locus.

MATERIALS AND METHODS

Plant material

Catongo and Pound 12 clones from the CATIE cocoa collection were the primary source of plant material used in this study. Catongo is a white-seeded, self-compatible Lower Amazon Forastero discovered more than 50 years ago in Bahia, Brazil (Wood and Lass 1985); it is moderately susceptible to *P. palmivora* (Phillips and Galindo 1989). Pound 12 is a purple-seeded, self-incompatible Upper Amazon Forastero collected near the headwaters of the Amazon River by Pound in 1943 (Pound 1945); it is moderately resistant to *P. palmivora* (Phillips and Galindo 1989).

The backcross progeny (BC) were derived by pollinating a Catongo clone with an F1 tree originating from a Catongo X Pound 12 cross, i.e.,

Catongo X (Catongo X Pound 12), at CATIE. Seeds from six pods were planted at CATIE, and seeds from three pods were planted at the ACRI-Penn State University greenhouse. Leaves from both parental clones, the F1 tree, and 10 one-year-old BC saplings were harvested at CATIE, shipped to Penn State, and stored at -80° C until used for DNA isolation. Leaves from 28 one-year-old saplings growing in the ACRI-Penn State greenhouse were harvested and stored under the same conditions until used for DNA isolations.

DNA isolation

Genomic DNA from leaves was isolated according to the method of Couch and Fritz (1990). DNA concentrations were estimated by running aliquots on 0.8% agarose gels and comparing band concentrations with lambda DNA standards after staining with ethidium bromide.

Polymerase chain reaction (PCR)

The PCR was performed basically as described by Williams *et al.* (1990). The 50 µl reaction mixtures contained 10 mM Tris-HCl (pH 8.3 at room temperature), 0.01% gelatin, 50 mM KCl, 1.5 mM MgCl₂, 0.2 mM each of four dNTPs, 300 ng of single 10-mer random sequence oligonucleotide primers, 2.5 units *Taq* polymerase (Perkin Elmer Cetus, Norwalk, CT), and 50 ng genomic DNA. The reaction mixture was overlaid with 50 µl mineral oil and incubated in a boiling water bath for 10 min, followed by quick cooling in ice and addition of the *Taq* polymerase. Amplification was performed in a Techne PHC-2 (Princeton, NJ) thermal cycler for 42 cycles with the following temperature conditions: 92° C for 30 sec, 36° C for 1 min, and 72° C for 2 minutes.

Amplified DNA fragments produced in the PCR were separated by gel electrophoresis (5 volts per centimeter) in 0.5 X TBE buffer (25 mM Tris-borate, pH 8.3, 0.5 mM EDTA) using 1.2% agarose containing 0.5 µg per milliliter ethidium bromide. A 123 bp ladder (BRL, Bethesda, MD) was used as a molecular weight marker in each gel.

Primers of arbitrary sequence, but containing at yeast 50% G+C, were obtained from either J. Carlson at the University of British Columbia,

Vancouver, Canada (kits 500 and 600), or from Operon Technologies of Alameda, CA (kit A).

The presence or absence of segregating markers was scored and analyzed using the MAPMAKER computer program (Lander *et al.* 1987). In discussion of the results, use of phrases such as "present in Pound 12" means a band or bands amplified when Pound 12 DNA is used as template in the PCR.

RESULTS AND DISCUSSION

Segregation of RAPD markers in backcross progeny

Primers generating at least one band (dominant RAPD allele) present in Pound 12, but absent in Catongo, were tested singly in the PCR to study segregation of RAPD markers. Most of these bands were present in the F1 and were expected to segregate in a 1:1 ratio of presence or absence in the backcross progeny. Bands present in Pound 12, but absent in the F1, were probably due to heterozygosity in Pound 12 and segregation of the recessive allele in the F1.

Of 220 primers tested on the parents, 33 produced at least one RAPD marker that was present in Pound 12, but absent in Catongo. These markers segregated into distinguishable phenotypic classes of presence or absence of an amplified fragment in the backcross progeny. Eight of the 33 primers produced two segregating markers. In accordance with the MAPMAKER computer program, presence of a marker in a backcross progeny plant was scored as D (not homozygous for allele "A" at this locus), and absence of a marker was scored as B (homozygous for allele "a" at this locus).

Table 1. Segregation patterns of RAPD markers in *T. cacao* backcross population.

1.	534/615	BBBBBBDDBBDD-D-DDDBBDBBDDDBB
2.	516/307	BDBBDBBDBBDDDDDBBDD-DDBBDBBDBB
3.	516/492	BDBBDBBDBBDDDBBDD-DDBBDBBDBB
4.	522/184	-BDBBDBBDBBDDDBBDBBDBBDBB
5.	522/553	BBBBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDDDDDD-
6.	532/861	BDBBDBBDBBDDDBBDBBDBBDBBDBBDBB-
7.	537/738	BBBBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB-
8.	541/984	DBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB-B-B
9.	541/861	BDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB-DDB-B-B
10.	546/307	BBBBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB-
11.	551/738	DBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
12.	550/615	DBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
13.	562/615	DBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
14.	552/400	BBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
15.	557/615	BDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDB
16.	553/615	DBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
17.	553/117	BBBBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDB
18.	659/117	DBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
19.	638/300	DBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
20.	575/934	DBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
21.	564/615	DDD-DB-BBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
22.	608/300	DDD-DB-BBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
23.	608/984	BBB-DB-BBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
24.	627/117	BDB-DB-BBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
25.	627/615	DBB-DB-BBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
26.	525/861	-----DB-DB-BBDBBDBBDBBDBBDBB
27.	691/984	DDD-DB-BBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
28.	690/227	BDB-DB-BBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
29.	686/117	BBB-DB-BBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
30.	667/100	BDB-DB-BBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
31.	668/861	BBB-DB-BBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
32.	OA4/984	DBB-DB-BBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
33.	OA4/615	BBB-DBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
34.	A10/400	BBB-DBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
35.	OA9/861	DBB-DB-BBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
36.	638/984	BDB-DB-BBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB
37.	ACY/LOC	BBBBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBBDBB

Table 1 shows the segregation patterns of the RAPD markers in the backcross progeny. Dashed lines indicate missing data, also allowed in the MAPMAKER program. RAPD loci are designated by their respective primer number and the size in base pairs of the amplified DNA fragment. Each letter or dash represents an individual tree in the backcross population. For example, the first row shows that when primer number 534 was used in the PCR with DNA from the 38 trees, a 615 base pair amplified fragment (D) was observed in 16 instances, no band of this length (B) was seen in 18 instances, and in 4 instances no data for this primer were collected. Five of the 41 markers tested deviated from the expected 1:1 ratio of present:absent by Chi square analysis and were not used for linkage analysis. Also included in Table 1 (designated ACY/LOC) is the segregation

pattern of the trees used in this study for seed, flower, and leaf flush color.

Linkage groups of the RAPD loci

The MAPMAKER program places markers into linkage groups based on log-likelihood (LOD) scores and recombination fractions. LOD is the logarithm (base 10) of the ratio of probabilities that (a) an observed segregation pattern arose from linkage between two loci given a recombination fraction, 0, greater than 0.5, compared to (b) the segregation pattern that arose from unlinked loci. The recombination fraction between two loci is that which maximizes the LOD score. In the absence of linkage, the LOD score is zero, meaning there is equal probability that an observed segregation pattern is due to linked or unlinked loci. If the LOD score is 2, the odds are 100 times greater that two loci are linked than unlinked. Linkage is considered proved if the LOD score is equal to or greater than 3.

When the segregation data of the RAPD markers shown in Table 1 was analyzed in the MAPMAKER program at a LOD score of 3.0, and recombination fraction 0.25, 17 markers were arranged in 7 linkage groups, 3 with 3 members in the group, and 4 with 2 members in the group (Table 2). Nineteen markers were unlinked. Ultimately, when more data are available, 10 linkage groups, representing the haploid chromosome number for *T. cacao*, are expected.

Table 2. Linkage groups.

Linkage group	RAPD markers in group
A	1, 10, 18, 37
B	7, 33, 34
C	8, 11, 16
D	9, 15
E	14, 23
F	19, 20
G	28, 36

The number of markers (N) needed to construct a linkage map covering the entire genome is given by the relation: $N = \log(1-P) / \log(1-2c/k)$, where P is the proportion of the genome covered by the markers, c is the distance in centimorgans (cM) between the markers, and k is the cumulative map distance (Beckman and Soller 1983). The cumulative map distance for most crop plants is near 1000 cM, and markers should be spaced 20 cM apart to enhance the chances of being linked to quantitative trait loci. Thus, assuming equal spacing, some 75 markers are needed to ensure that any locus will have a 95% probability of being within 20 cM of at least one marker. For 10 cM spacing, 150 markers will be needed, and for 5 cM, 300 markers. Clearly, the 17 markers reported here represent only a beginning.

Mapping of a *T. cacao* anthocyanin biosynthetic locus

Of 329 seeds obtained from the 9 backcross pods, 172 were white, and 157 purple, demonstrating that segregation of seed color in the backcross progeny fits a 1:1 ratio of purple to white seeds. In addition, several pods from F2 intercrosses revealed a 3:1 ratio of purple to white seeds. From these observations, we conclude that the white-seeded trait in Catongo is conferred by a single recessive allele, and that Pound 12 has a dominant wild-type allele at an anthocyanin biosynthetic locus. To map this locus, backcross progeny raised from purple seeds were considered to be heterozygous at the locus and were scored the same as the dominant RAPD alleles.

Progeny raised from white seeds were considered to be homozygous recessive and scored the same as the recessive RAPD alleles. When these data were combined with the RAPD marker segregation data, the anthocyanin locus was linked in one of the groups. A map of this group is shown in Fig. 1. The cumulative map distance for this group is about 50 cM, probably representing roughly half of one chromosome.

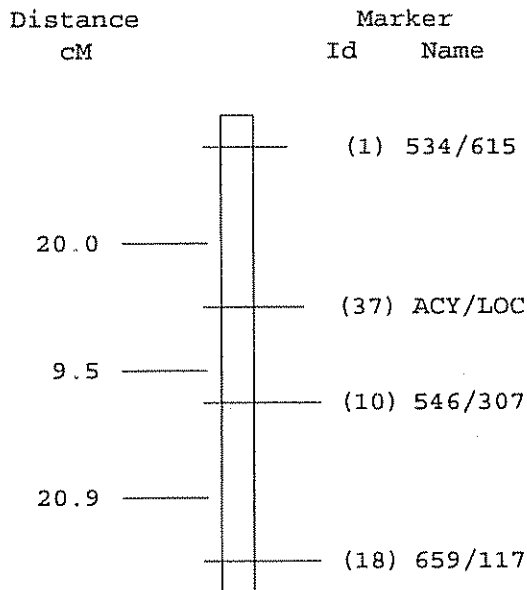


Fig. 1. Group a linkage map.

Work to complete the cacao linkage map is continuing in a collaboration between CATIE, the FRANCERECO laboratory in Notre Dame D'Oe, France, and the USDA Subtropical Horticultural Research Station in Miami, Florida, USA. The completed map, in addition to RAPD markers and single gene traits, will also include markers for multigene coded traits, the so-called quantitative trait loci or QTLs.

LITERATURE CITED

- BECKMAN, J.S.; SOLLER, M. 1983. Restriction fragment length polymorphisms in genetic improvement: Methodologies, mapping, and costs. *Theoretical Applied Genetics* 67:35-43.
- BOTSTEIN, D.R.; WHITE, L.; SKOLNICK, M.H.; DAVIS, R.W. 1980. Construction of a genetic map in using restriction fragment length polymorphisms. *American Journal of Human Genetics* 32:314-331.
- CARLSON, J.E.; TULSIERAM, L.K.; GLAUBITZ, J.C.; LUK, V.; KAUFFELDT, C.; RUTLEDGE, R. 1991. Segregation of random amplified DNA markers in F1 progeny of conifers. *Theoretical Applied Genetics* 83:194-200.
- CHAPARRO, J.; WILCOX, P.; GRATTAPAGLIA, D.; O'MALLEY, D.; MCCORD, S.; SEDEROFF, R.; MCINTYRE, L.; WHEITEN, R. 1992. Genetic mapping of pine using RAPD markers: Construction of a 191 marker map and development of half sib genetic analysis. In *Miami Winter Symposium: Advances in Gene Technology: Feeding the World in the 21st Century*. Miami, Fla.
- COUCH, J.A.; ZINTEL, H.A.; FRITZ, P.J. 1993. The genome of the tropical tree *Theobroma cacao* L. *Molec. Gen. Genet.* 237:123-128.
- LANAUD, C.; LAURENT, V.; GORAN, J.N.; RISTERUCCI, A.M.; BOUET, A.; SOUNIGO, O. 1992. Assessment of the genetic diversity of cocoa using biochemical and molecular markers at CIRAD. In *International Workshop Conservation, Characterization, and Utilization of Cocoa Genetic Resources for the 21st Century* (1992, Port-of-Spain, Tri.). *Proceedings*.
- LANDER, E.S.; GREEN, P.; ABRAHAMSON, J.; BARLOW, A.; DALY, M.J.; LINCOLN, S.E.; NEWBURG, L. 1987. MAPMAKER: An interactive computer package for construction of primary genetic maps of experimental and natural populations. *Genomics* 1:185-199.
- LERCETEAU, E.; CROUZILLAT, D.; PETIARD, V. 1992. Use of random amplified polymorphic DNA (RAPD) and restriction fragment length polymorphism (RFLP) to evaluate genetic variability within the *Theobroma* genus. In *International Workshop Conservation, Characterization, and Utilization of Genetic Resources of Cocoa for the 21st Century* (1992, Port-of-Spain, Tri.). *Proceedings*.
- PHILLIPS, W.; GALINDO, J.J. 1989. Método de inoculación y evaluación de la resistencia a *Phytophthora palmivora* en frutos de cacao (*Theobroma cacao*). *Turrialba (C.R.)* 39:488-497.
- POUND, F. 1945. A note on the cocoa population of South America. In *Research Conference* (1945, London). *Colonial* 192:95-97.
- REITER, R.S.; WILLIAMS, J.; FELDMAN, K.A.; RAFALSKI, J.A.; TINGEY, S.V.; SCOLNIK, P.A. 1992. Global and local mapping in *Arabidopsis thaliana* by using recombinant inbred lines and random amplified polymorphic DNAs. *Proceedings of the National Academy of Science* 89:1477-1481.
- WELSH, J.; MCCLELLAND, M. 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nuclear Acids Research* 18:7213-7218.
- WILDE, J.R.; WAUGH, R.; POWELL, W. 1992. Genetic fingerprinting of *Theobroma* clones using randomly amplified polymorphic DNA markers. *Theoretical Applied Genetics* 83:871-877.
- WILLIAMS, J.G.K.; KUBELIK, A.R.; LIVAK, K.J.; RAFALSKI, J.A.; TINGEY, S.V. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful genetic markers. *Nuclear Acids Research* 18:6531-6535.
- WOOD, G.A.R.; LASS, R.A. 1987. *Cocoa*. 4a ed. Longmans. New York.

Economic returns from cowpea and tomato intercropped at different cropping densities¹

C.T. Omotude*, O.R. Adeniyi**

ABSTRACT

Field experiments were conducted to evaluate the economics of intercropping cowpea with tomato at different levels of cropping densities. Average yields recorded over a two-year period were employed, and prices used for measurement of both input and output were those prevailing in the market at the time of study. The various economic indicators employed—net returns, benefit-cost ratios and increased net returns—showed favorable results for the intercrop involving a pair of tomato rows with a single row of cowpea. This result is in line with the current practices of agricultural extension agents toward popularizing the practice of alley farming among horticulturists in Nigeria.

RESUMEN

Se llevaron a cabo experimentos para evaluar la producción del cultivo alternado caupí-tomate con diferentes densidades de siembra. Se utilizaron los rendimientos promedio registrados en un período de dos años y la relación de precios entre insumos y producto final prevalecientes en el mercado en ese momento. Los diversos indicadores económicos usados—tasas de retorno, costo-beneficio y retorno incremental—demostraron resultados favorables en el cultivo alternado de dos surcos de tomate y uno de caupí. Este resultado concuerda con las actuales prácticas agrícolas usadas por los agentes de extensión, tendientes a la popularización del cultivo en callejones entre los horticultores de Nigeria.

INTRODUCTION

Recommendations of modestly improved cultural practices such as intercropping (Norman 1968), alley cropping and mulching (IITA 1982), meant to enhance net farm returns, are unlikely to be accepted by farmers unless those new technologies can stand the test of economic viability (IAR 1975; Norman *et al.* 1976ab; Adesimi and Ladipo 1983; Adeniyi 1988). In view of this, an agro-economic study was conducted during the 1991 and 1992 cropping seasons to assess the economic returns of intercropping cowpea and tomato at varying levels of cropping densities. Specifically, the objectives of the study were:

- to identify the effects of intercropping on the fruit yields of cowpea and tomato;
- to determine the cost and returns of varying densities of tomato-cowpea intercrops;

- to identify the most economic practice and recommend the most suitable pattern of intercropping tomato with cowpea.

MATERIALS AND METHODS

Two experiments were conducted at the Agricultural Research Farm, Adeyemi College of Education in Ondo (07°05'N, 04°55'E), Nigeria during the 1991 and 1992 rainy seasons in a randomized block design with five treatments and three replications. The soil of the experimental plot was sandy loam in texture with pH value of 5.5 (1:1 soil water ratio), 1.41% organic matter, 0.268% total N, 6.6 ppm available P (Bray's - P1); 1.14 me/100 g Ca and 0.31 me/100 g K.

The different treatments were only tomato (T); only cowpea (C); alternate row intercropping of tomato and cowpea at a ratio of 1:1 (TC 11); a row of tomato intercropped with pair rows of cowpea at a 1:2 ratio (TC 12); and a pair of rows of tomato intercropped with a row of cowpea at a 2:1 ratio (TC 21). Spacing for only tomato and mixtures thereof was 60 cm by 45 cm to give a population density of some 37 000 plants per hectare; spacing for only cowpea and mixture thereof was 60 cm by 30 cm, giving a population density of some 56 000 plants per hectare. Mixtures were formed by the "replacement series" of De Wit (1960). Cultivars used were Ife no.

¹ Received on August 12, 1993.

* Crop Physiologist; Department of Agricultural Science, Adeyemi College of Education, Ondo, Ondo State, Nigeria.

** Farm Management and Production Economist; Department of Agricultural Science, Adeyemi College of Education, Ondo, Ondo State, Nigeria.

1 for tomato and TVX 3236 (semi-determinate) for cowpea. The two cultivars were early maturing types.

Tomato seeds were sown in a nursery on March 24, 1991, and April 24, 1992, for the first and second experiments respectively. Thirty days later, the seedlings were transplanted into the field; cowpea was planted seven days before tomato was transplanted to the field, and the cowpea seedlings thinned to one per stand four weeks later.

Weeding was done three times manually; staking for tomato was done three weeks after transplanting. No fertilizer was applied. The insecticide Navacron 40 FC was applied to the cowpea plants at the rate of 450 a.i. ha⁻¹ at an interval of one week for five times. Harvesting of mature tomato fruits started on June 28, 1991, and August 3rd, 1992, for the first and second experiments respectively. This continued at intervals of five days until August 11, 1991, and September 12, 1992, respectively. Harvesting of cowpea was done at intervals of five days, starting on July 7, 1991, and August 7, 1992, endings on August 20, 1991, and September 16, 1992, respectively.

Twenty-five plants per replicate were sampled in the tomato crop for yield analysis, while 40 plants per replicate were considered for cowpea crop. All plants sampled were taken from the middle of each replicate treatment where interaction was believed to be at the maximum.

A budgeting technique was used as the analytical tool. The prices used for the computation of input costs and yield values were the averages of market retail prices for the 1991/1992 period covered by the study. The cost of seeds used per hectare was #30.00 (#12.87 = US\$1 at the time of study) for tomato alone and #300.00 for cowpea alone. Navacron 40FC, the insecticide used on cowpea, cost #1200.00 per hectare for the five sprayings.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the cost per hectare of producing cowpea and tomato both as pure stands and as intercrops at different levels of cropping densities.

Table 1. Costs of production of cowpea-tomato intercrop at various cropping densities (Naira* per hectare) (Average of 1991 - 1992 experiments).

Cost/Item	Only tomato (T)	Only cowpea (C)	CT (11)	CT (21)	CT (12)
Fixed cost	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
Farm labor	2 676.30	3 465.46	3 070.94	3 110.52	2848.80
Seeds	30.00	300.00	65.00	210.00	120.00
Insecticides	-	1 200.00	600.00	800.00	400.00
TOTAL	2 718.80	4 977.96	3 848.44	4 133.02	3 381.30

Source: Field experiment 1991-1992 and computations therefrom

* US\$ equivalent to #12.87 at the time of study

The cost was #2718.80 for only tomato and #4977.96 for only cowpea. It also ranged between #3381.30 to #4133.02 for the intercrops. Costs for the intercrops increased with increasing density of cowpea, which might be the result of additional requirements of insecticides used for treatments involving cowpea (IAR 1975; Hays and Raheja 1977). However, a major part of the total cost related to labor, insecticides and seeds in that order. Labor accounted for 98.44% of the total production costs for tomato alone, but labor was only 69.62% for cowpea alone, probably because of the additional labor requirement in staking and training of tomatoes. For the intercrop, labor costs accounted for between 75.26% for tomato-cowpea planted at a ratio of one-to-one (TC 11) and 84.25% for TC 21.

After allowing five percent for normal harvesting/handling loss, the average yield of tomato alone was 17 882.35 kg/ha, while that of cowpea was 1839.27 kg per hectare.

Table 2. Yield response of tomato-cowpea intercropped at various cropping densities (average of 1991-1992 experiments).

TREATMENTS	YIELD (kg/ha)					
	1991		1992		Average	
	Tomato	cowpea	Tomato	cowpea	Tomato	cowpea
Control:						
Only tomato (T)+	20 127.80	-	15 636.82	-	17 882.35	-
Only cowpea (C)+	-	1 705.65	-	1 972.88	-	1839.27
T C 11	9 344.23	908.08	6 733.08	1 091.43	8 038.66	999.76
T C 12	5 962.59	726.68	3 830.79	704.34	4 896.69	715.51
T C 21	15 373.87	1 394.38	10 698.33	1 456.02	13036.10	1 425.20
LSD (P=0.01)	864.31	58.53	1 169.12	32.71	904.61	63.04

Source: Field experiment 1991-1992 and computation therefrom.
 ± Control

Yields of tomatoes ranged from 4896.69 kg/ha for TC 12 to 13 036.10 kg/ha for TC 21, while those of cowpea were 715.51 kg/ha for TC 12 and 1425.2 kg/ha for TC 21. It should be noted that the higher the relative planting density of tomato in the intercrop, the higher the yield of both tomato and cowpea.

Using the average market prices of #1.31 per kg of tomato and #8.72 per kg of cowpea, the average crop yield returns calculated for the various treatments are shown in Table 3.

Table 3. Economic performance of tomato-cowpea intercropped at various cropping densities

ITEMS	Treatments (Naira * per hectare)				
	T	C	TC 11	TC 12	TC 21
Value of yield	23 425.88	16 038.43	19 248.55	12 653.91	29 507.65
Cost of Production	2 718.80	4 977.96	3 848.44	4 133.02	3 381.30
Net return	20 707.08	11 060.47	15 400.11	8 520.89	26 126.35
Increased net returns					
Cowpea-based	-	-	4 339.64	-2 539.58	15 065.88
Tomato-based	-	-	-5 306.97	-12 186.19	5 419.27
Benefit/cost ratio	8.6:1	3.1:1	5:1	3.1:1	8.7:1

Source: Field experiment 1991-1992 and computations therefrom.
 * US\$1 equivalent to #12.87 at the time of study.

Net returns per hectare ranged from #8520.89 for tomato and cowpea planted at a density of one row to two rows (TC 12) respectively, to #26 126.35 for TC 21, the largest among the treatments. The benefit-cost ratio (B/C) for the intercropped experiment (8.7:1) was highest for TC 21 and the increased net return #20 485.15 recorded for TC 21 was best among the trials.

CONCLUSION

All the economic indicators tested in these analyses —net return, benefit-cost and increased net return— all showed better performance for the intercrop involving a pair of rows of tomato with a single row of cowpea. Although production costs for the treatment were fairly high, they were the lowest among the intercrop treatments, and the economic contribution was also the highest for both crops, either alone or intercropped.

LITERATURE CITED

- ADENIYI, O.R. 1988. Farm management decisions of smallholder farmers in the Isoya group of villages. Ph.D Thesis. Ile-Ife, Agricultural Economics Department, Obafemi Awolowo University 224 p.
- ADESIMI, A. A ; LADIPO, O O. 1983. Linear optimizing model for food crops enterprise selection in the area of Oyo State, Ife. *Journal of Agriculture* 5(1-2):35-42.
- DE WIT, C.T. 1960. On competition. *Verslagen Van Landbouwkundige Onderzoekingen* 66:1-82.
- INSTITUTE FOR AGRICULTURAL RESEARCH (NIGERIA). 1975. Notes on the cowpeas and grain legume improvement programme. Zaria, IAR, Cropping Scheme Report.
- INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE 1982. Cropping systems agronomy: Alley cropping and mulch management. Annual Report for 1981. p. 27-38.
- NORMAN, D.W. 1968. Why practice intercropping? *Samaru Agricultural Newsletter* 10(6):107-116.
- NORMAN, D.W.; FINE, J.C.; GODDARD, A.D.; KROEKER, W.J.; PRYOR, D.H. 1976a. A socio-economic survey of three villages in the Sokoto close-settled zones 3: Input-output study. IAR, Zaria. *Samaru Miscellaneous Paper no. 64*, v. 1. 203 p.
- NORMAN, D.W.; BEEDEN, P.; HAYE, H.M.; HUIZINGA, B. 1976b. The feasibility of improved sole crop maize production technology for the small scale farmer in the Northern Guinea Savannah Zone of Nigeria. IAR. *Samaru Miscellaneous Paper no. 59*, 44 p.

Levantamento dos insetos e flutuação populacional das pragas que ocorrem na cultura do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp., em Rio Branco (AC)¹

M. Fazolin*

ABSTRACT

This paper is a survey of insects in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. cv. Cana Verde) crop. The insects were collected weekly using light-traps and sweep net, in the Experimental Station of EMBRAPA-CPAF/ACRE, from May/August 1984 to May/August 1986. The insects collected totalized 18 165 individuals, which classified into 68 genera or species. The most important species with respective periods of occurrence and population top are: *Maruca testulalis* (Geyer 1832) (first week of July); *Neocurtilla hexadactyla* (Perty 1832) (first and last week of June); *Plezodorus guildinii* (Westwood 1837) (first week of June); *Cerotoma tingomarianus* Bechyné (third week of June) and *Crinocerus sanctus* (Fabr.) (third week of July). Six predatory taxons and one potential pest of cowpea, *Euschistus* sp., also occurred.

RESUMO

Levantamentos semanais de insetos na cultura do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. cv. Cana Verde), utilizando-se armadilha luminosa e rede de varredura, foram realizados na Fazenda Experimental da EMBRAPA-CPAF/ACRE, no período de maio/agosto de 1984 a maio/agosto de 1986. Foram capturados 18 165 insetos divididos em 68 espécies ou gêneros, sendo que os principais, com as respectivas épocas de ocorrência e picos populacionais, são as que se seguem: *Maruca testulalis* (Geyer 1832) (1ª semana de julho); *Neocurtilla hexadactyla* (Perty 1832) (1ª semana de junho); *Plezodorus guildinii* (Westwood 1837) (1ª semana de junho); *Cerotoma tingomarianus* Bechyné (3ª semana de junho) e *Crinocerus sanctus* (Fabr.) (3ª semana de julho). Ocorreram ainda, 6 espécies de predadores e um taxon, *Euschistus* sp., que apresenta potencialidade para se tornar praga da cultura.

INTRODUÇÃO

O feijão caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., é cultivado nas regiões tropicais da África, Ásia e América, constituindo-se na principal fonte de proteínas para as populações de baixa renda.

Para o Estado do Acre, apesar de ser um produto bastante consumido, poucas variedades são semeadas, pois a disponibilidade de suas sementes é limitada. Assim, o caupi participa com aproximadamente 10% do total da área destinada aos feijões comestíveis. Esta área é tão reduzida devido a vários fatores, dos quais pode-se destacar: deficiência de material genético, alto grau de degeneração e ataque de pragas, principalmente a vaquinha *C. tingomarianus* Bechyné (EMBRAPA- Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Rio Branco, 1987).

Pouco se conhece a respeito da entomofauna relacionada com esta cultura, sendo necessários, portanto, estudos de levantamento e flutuação

populacional dos insetos que nela ocorrem, visando auxiliar na implantação de futuros programas de manejo integrado de pragas do caupi na região de Rio Branco (AC).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em uma área recém-desmatada medindo 100 m x 100 m, localizada na Fazenda Experimental da EMBRAPA-Centro de Pesquisas Agroflorestais do Acre.

As sementeiras do caupi cv. Cana-verde, foram realizadas sempre no início da época seca (abril/maio), no espaçamento 0.5 m x 0.3 m.

O período experimental estendeu-se de maio/agosto de 1984 a maio/agosto de 1986 com coletas semanais, segundo a metodologia de Silveira Neto *et al.* (1976). Os levantamentos dos insetos foram realizados utilizando-se dois métodos de captura:

a) Armadilha luminosa, modelo "Luiz de Queiróz", dotada de uma lâmpada F15T8BL e recipiente de coleta telado, posicionada no centro da

¹ Recebido em 9 de abril de 1992.

* EMBRAPA-Centro de Pesquisas Agroflorestais do Acre. Caixa Postal 392, 69900 Rio Branco (AC), Bra.

referida área, sendo que em seu raio de ação (150 m), foram incluídas também, uma área de mata virgem e três outras contendo hortaliças, mandioca e seringueira consorciada com puerária. O objetivo da utilização deste tipo de armadilha foi o de capturar insetos fototrópicos positivos de atividade noturna;

b) rede de varredura de 30 cm de diâmetro, com a finalidade de se levantar insetos de hábito diurno, complementando assim as coletas efetuadas com a armadilha luminosa. As coletas foram efetuadas percorrendo-se 100 m de linhas centrais escolhidas aleatoriamente, com 3 repetições, considerando-se para efeito de cálculo a média do número de indivíduos capturados.

Nos dois métodos considerados, o início das coletas foi realizado logo após a emergência das plântulas. Os insetos capturados foram mortos com éter sulfúrico e separados em laboratório, para posteriormente serem contados e catalogados em fichas apropriadas.

Os exemplares a serem identificados, foram enviados à especialistas do Centro Nacional de Identificação de Insetos Fitófagos do Paraná.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Coleta com armadilha luminosa

Por meio deste método de coleta foram capturados 13 907 insetos, sendo identificados ao nível de espécie ou gênero 11 933 indivíduos divididos em 7 ordens, 35 famílias e 56 espécies.

Os taxons, bem como o total de insetos capturados ao longo das 13 semanas de levantamento, no período de 1984 a 1986, encontram-se na Quadro 1.

Pela relação dos insetos capturados podemos distinguir 5 espécies que são pragas reconhecidas de caupi tais como: *C. tingomarianus*, *Diabrotica speciosa* (Germ., 1824), *Crinocerus sanctus* (Fabr.), *Maruca testulalis* (Geyer, 1832) e *Neocurtilla hexadactyla* (Perty, 1832). Com excessão das duas últimas espécies, este método de captura não foi eficiente para mensurar a população destas pragas, por elas possuírem hábito diurno, não sendo muito atraídos pelo foco luminoso. Estas espécies foram

melhor estudadas quando a captura foi realizada por rede de varredura.

Os taxons que se destacaram por apresentarem um número elevado de exépias capturados foram: *Josima leucopa* (Walk., 1858), *Tropisternus* sp. e *Carineta* sp. com 41.9%, 19.6% e 9.6% do total, respectivamente.

O primeiro e o último taxon foram considerados predominantes no levantamento realizado por Fazolin (1991), em seringueiras cultivadas na região de Rio Branco. Assim, como era de se esperar, o raio de ação da armadilha luminosa propiciou a captura de insetos de áreas adjacentes, que incluía um campo contendo esta cultura.

Destacaram-se, ainda neste levantamento, os taxons: *Paederus* sp. 2, *Doru lineare* Eschs., 1822 e *Libidura xanthopus* Stal., 1855 pela potencialidade que apresentam em relação à predação de várias espécies de insetos pragas.

Quanto a flutuação populacional de insetos de importância econômica para a cultura do caupi, capturados por este método, podemos destacar:

— *M. testulalis*, cujas formas adultas começam a apresentar incremento populacional a partir das primeiras semanas de junho, no início do florescimento das plantas. O pico populacional ocorre na 1ª semana de julho, quando as plantas ao caupi já iniciaram a formação das vagens, como pode ser observado na Fig. 1.

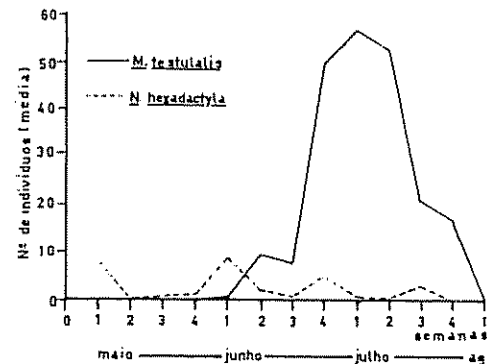


Fig. 1. Flutuação populacional média de *M. testulalis* e *N. hexadactyla*, coletados com armadilha luminosa em caupi, de maio - agosto de 1984 a maio - agosto de 1986.

Quadro 1. Totais semanais de cada espécie ou gênero de insetos coletados com armadilha luminosa na cultura do caupi (período de maio/agosto 1984 a maio/agosto de 1986).

Ordem, família, gênero e espécie	Maio				Junho				Julho				Agosto	Total
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	
ORDEN BLATODEA														
Família Blattellidae														
<i>Parcoblatta viridis</i> Burm., 1828	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	2	6
ORDEN COLEOPTERA														
Família Chrysomelidae														
<i>Atrigona</i> sp.	0	0	2	1	0	0	2	2	0	1	2	0	1	11
<i>C. nigromaculata</i> Bohyd	0	0	1	1	0	0	2	5	0	4	2	0	0	13
<i>D. nitidicollis</i> Baly, 1889	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	3	0	11
<i>D. speciosa</i> (Germ., 1824)	0	0	0	0	1	0	4	9	1	2	3	0	0	19
<i>M. occidentalis</i> (L., 1758)	13	2	2	0	0	0	2	3	0	2	0	0	0	24
<i>Macrostelus</i> sp.	18	10	13	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	48
Família Dytiscidae														
<i>Thermorus</i> sp.	2	1	8	1	1	2	0	2	0	1	0	0	0	18
Família Elateridae														
<i>Heterostis</i> sp.	21	8	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
Família Hydrophilidae														
<i>Tropisternus</i> sp.	105	24	2487	8	1	3	20	39	8	11	33	12	3	2726
Família Platypodidae														
<i>Platypus</i> sp.	0	3	0	0	0	10	0	0	0	0	0	3	3	20
Família Scarabaeidae														
<i>Cyclocephala macynasterii</i> Holm 1925	0	0	10	8	10	14	12	31	8	24	13	10	0	140
<i>C. putrida</i> Burm., 1847	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	6
Família Tenebrionidae														
<i>Psephenus</i> sp. 1	9	1	2	1	0	1	4	4	0	1	0	0	0	23
<i>Psephenus</i> sp. 2	2	0	0	0	0	0	0	6	6	12	16	14	35	91
ORDEN DERMAPTERA														
Família Forficulidae														
<i>D. lineata</i> Esch., 1822	12	1	3	3	0	5	2	10	0	0	0	0	0	36
<i>Lobitarsus xanthopus</i> Stal., 1855	0	1	3	4	0	1	8	13	0	1	0	0	0	29
ORDEN HEMiptERA														
Subordem Heteroptera														
Família Belontiidae														
<i>Belontiopsis</i> sp.	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Família Coreidae														
<i>Crisanus nanus</i> (F.)	0	0	0	0	0	1	0	2	1	1	2	1	0	8
Família Cydnidae														
<i>Cyrtomenus bergi</i> (Fries., 1900)	0	0	0	0	0	3	6	10	20	14	11	8	0	72
<i>C. muricatus</i> (Perty, 1836)	13	10	8	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	34
<i>Scaptocoris</i> sp.	2	2	9	5	3	3	2	1	0	0	0	0	0	27
Família Pentatomidae														
<i>Arocus</i> sp.	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Mormonella</i> sp.	1	0	0	0	2	3	10	6	1	0	0	0	0	23
<i>Ortholus gelosus</i>	3	0	0	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	8
Família Reduviidae														
<i>Raghuus homans</i> (Fabr., 1781)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	8
<i>Raghuus</i> sp.	3	0	0	1	0	0	1	3	0	1	3	1	0	13
Subordem Homoptera														
Família Cercopidae														
<i>Doris flavipennis</i> (Stål., 1854)	14	8	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
Família Cicadellidae														
<i>E. psittaculata</i>	1	0	0	0	3	7	3	1	1	0	0	0	0	11
<i>D. vittata</i> sp.	1	0	0	1	0	1	2	0	0	1	0	1	0	7
<i>J. leucopus</i> (Walt., 1838)	25	77	0	1394	43	84	1309	556	124	1595	410	172	33	5822
Família Flatidae														
<i>Perilitopsis phalaenoides</i> (L., 1758)	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	6
Família Tibicenidae														
<i>Carinata</i> sp.	3	0	2	8	7	2	24	11	34	37	171	315	727	1339
ORDEN HYMENOPTERA														
Família Apidae														
<i>A. mellifera</i> L., 1758	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	2	0	0	9
Família Colletidae														
<i>Psilogaster</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	3	0	10
Família Formicidae														
<i>Ectophasia</i> sp.	4	0	0	3	8	0	0	1	6	11	16	45	39	131
Família Vespidae														
<i>Apis mellifera</i> (Oliv., 1791)	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	0	0	4	10
ORDEN LEMNIPTERA														
Família Acanthidae														
<i>Sarcophaga</i> sp. 1	0	0	0	0	0	2	4	6	0	1	0	1	6	20
<i>Sarcophaga</i> sp. 2	2	0	0	0	0	0	2	6	14	2	7	6	0	39
Família Arctidae														
<i>Hololepta intermedia</i> Walt., 1855	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	0	1	0	6
Família Chalcididae														
<i>Urechis nana</i> (L., 1758)	1	2	3	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	9
Família Ichneumonidae														
<i>Sphacelator</i> sp.	0	0	0	1	9	17	18	22	6	20	3	3	0	99
Família Hymenoptera														
<i>Leucanilla humilis</i> (Guen., 1852)	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	6
<i>Hemiteles debilis</i>	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	2	1	0	8
Família Pimplidae														
<i>Pimpla maculipes</i> (Hüb., 1824)	0	0	0	0	0	0	0	1	4	3	0	0	0	8
Família Pyralidae														
<i>M. tenuis</i> (Geyer, 1832)	0	0	0				23	149	169	157	62	50	0	640
Família Spangidae														
<i>Cryptus japonicus</i> (M., 1932)	0	0	0	0	1	4	2	1	0	0	0	0	0	8
<i>Erioclypeus</i> sp. (L., 1758)	0	0	1	3	2	1	3	4	15	3	8	49	7	96
<i>Xelophanes raris</i> Roth & Jordan, 1903	0	0	1	1	1	2	3	0	0	0	0	0	0	8
Família Stenomidae														
<i>Stenomus</i> sp.	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	1	0	7
Família Yponomeutidae														
<i>Yponomeuta parvella</i> (Cz., 1781)	4	0	0	2	0	1	2	3	0	1	0	1	0	14
ORDEN OPTHOPTERA														
Família Gryllidae														
<i>Anagyropsylla</i> sp.	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	5	11
Família Gryllotalpidae														
<i>Neocryptus lucicola</i> (Perty, 1832)	24	0	2	3	26	6	2	15	2	1	9	0	0	90
Família Tettigoniidae														
<i>Tettigonia</i> sp.	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Família Tettigoniidae														
<i>Conocephalus</i> sp. 1	1	0	0	1	0	0	5	3	0	1	2	0	1	14
<i>Conocephalus</i> sp. 2	1	0	0	1	2	0	1	0	0	1	0	1	0	7

Estes dados estão de acordo com as observações de campo realizadas durante o acompanhamento experimental, onde as flores e vagens são danificadas pelas lagartas, causando danos consideráveis à cultura nesta época.

— *N. hexadactyla* apresenta dois picos populacionais, um na 1ª e outro na 4ª semana de junho. Por ser um inseto que ataca o sistema radicular das plantas, houve dificuldades em se detectar os danos sofridos pela cultura. No entanto, foram evidenciadas poucas plantas com a sintomatologia de ataque nas épocas de maior infestação, sendo este resultado condizente com

os obtidos por Silva e Carneiro (1986) em plantas de caupi no Pará.

Coleta com rede de varredura

Por meio deste método foram coletados 4258 insetos, sendo identificados ao nível de espécie ou gênero, 3597 indivíduos, divididos em 6 ordens, 21 famílias e 19 espécies.

Os taxa, bem como o total de insetos capturados ao longo das 13 semanas de levantamento, no período de 1984 a 1986, encontram-se na Quadro 2.

Quadro 2. Totais semanais de cada espécie ou gênero de insetos coletados com rede de varredura na cultura do caupi (período de maio/agosto de 1984 a maio/agosto de 1986).

Meses Semanas	Maio				Junho				Julho			Agosto	Total	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		1
Ordens, famílias, gêneros e espécies														
ORDEM COLEOPTERA														
Família Carabidae														
<i>L. concina</i>	0	0	0	0	1	3	3	6	6	5	1	0		26
Família Chrysomelidae														
<i>C. tingomarianus</i> Bechyne	1	179	184	235	56	214	472	388	153	306	230	44	58	2 500
<i>D. melanocephala</i>	0	0	0	0	0	3	15	20	10	3	1	1	0	53
<i>D. speciosa</i> (Germ., 1824)	0	3	2	1	3	5	5	7	12	4	3	5	6	56
<i>Maeocolaspis</i> sp.	0	1	1	3	0	0	4	0	6	1	0	0	0	16
Família Cicindelidae														
<i>Odontocheila</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	2	0	7
Família Coccinellidae														
<i>Cycloneda sanguinea</i> (L., 1763)	0	0	0	0	0	0	0	0	8	10	12	10	1	41
<i>Coleomegila maculata</i> (De Geer, 1775)	0	8	15	10	9	10	7	4	13	20	22	25	3	146
ORDEM DERMAPTERA														
Família Forficulidae														
<i>D. lineare</i> Eschs., 1822	0	1	1	2	1	1	1	2	0	0	0	0	0	9
ORDEM HEMIPTERA														
Subordem Heteroptera														
Família Coreidae														
<i>Crinocerus sanctus</i> (Fabr.)	0	1	0	9	17	24	27	29	42	86	104	28	1	368
<i>Leptoglossus zonatus</i> (Dallas)	0	0	0	1	4	0	0	2	0	2	0	2	0	11
Família Miridae														
<i>Platytilus bicolor</i> (Le Pel & Serv., 1825)	0	0	0	0	0	0	0	5	5	1	0	0	0	11
Família Pentatomidae														
<i>Euschistus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	12	13	18	9	5	16	73
<i>O. poecilus</i> (Dallas, 1851)	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	2	8
<i>O. ypsilongriseus</i>	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	2	0	0	7
<i>Piezodorus guildinii</i> (Westwood, 1837)	0	0	0	0	24	22	13	16	15	4	0	0	0	94
Subordem Homoptera														
Família Cercopidae														
<i>Deois flavopicta</i> (Stal., 1854)	0	0	0	0	1	0	5	1	0	1	1	0	0	9
ORDEM ORTHOPTERA														
Família Acrididae														
<i>Trigonophimus punctulalis</i>	1	2	3	10	18	15	13	72	7	10	2	0	0	153
Família Tettigoniidae														
<i>Conocepholus</i> sp.	0	0	0	1	2	1	0	2	0	0	3	0	0	9

O *Euschistus* sp. embora seja um inseto que, segundo King e Saunders (1984), é praga de sementes e vagens de leguminosas na América Central, não tem causado prejuízos significativos à cultura do caupi na região de Rio Branco, porém apresenta-se com potencialidade para se tornar uma praga da cultura devido aos níveis populacionais observados. O pico populacional ocorre na 2ª semana de julho, na fase de maturação das vagens, como mostra a Fig. 3.

CONCLUSÕES

Por intermédio dos resultados obtidos, pode-se tirar as seguintes conclusões:

- Foram capturados 18 165 insetos, dos quais 13 907 por meio de armadilha luminosa e 4258 pela rede de varredura.
 - O número de espécies capturadas por armadilha luminosa foi 58 e com rede de varredura 19.
 - As capturas realizadas com armadilha luminosa foram eficientes para mensurar a população de apenas duas espécies de importância para a cultura do caupi: *M. testulalis* e *N. hexadactyla*, que apresentam picos populacionais na 1ª semana de julho e 1ª e última semanas de junho, respectivamente.
 - As principais pragas da cultura tiveram a população melhor mesurada, utilizando-se rede de varredura, destacando-se: *P. guildinii*, *C. tingomarianus* e *C. sanctus*.
 - Os picos populacionais destas três espécies ocorrem na 1ª semana de junho, 3ª semana de junho e 3ª semana de julho, respectivamente.
- O *Euschistus* sp. apresenta potencialidade para tornar-se praga da cultura de caupi nas condições de Rio Branco.
 - Houve captura de um número significativo de insetos predadores das seguintes espécies: *L. concina*, *C. sanguinea*, *C. maculata*, *Paederus* sp. 2, *D. lineare* e *L. xanthopus*.

LITERATURA CITADA

- EMBRAPA. UNIDADE DE EXECUÇÃO DE PESQUISA DE ÂMBITO ESTADUAL DE RIO BRANCO (AC). 1987. Cultura do caupi no Estado do Acre. Rio Branco, n p.
- FAZOLIN, M. 1986. Efeito de diferentes níveis populacionais de *Cerotoma* sp. no rendimento do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), Rio Branco, EMBRAPA/UEPAE de Rio Branco. EMBRAPA/UEPAE de Rio Branco. Comunicado Técnico no. 49. 7 p.
- FAZOLIN, M. 1991. Análise faunística de insetos coletados com armadilha luminosa em seringueira no Acre. Doutorado Escola Superior de Agricultura "Luiz de Ouiróz/USP, Piracicaba. 236 p.
- KING, A.B.S.; SAUNDERS, J.L. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. London, IDRI. 182 p.
- QUINTELA, E.D.; NEVES DAS, B.P.; QUINDERÉ, M.A.W.; ROBERTS, D.W. 1991. Principais pragas do caupi no Brasil. Goiânia, CNPAF. EMBRAPA/CNPAF. Documentos no. 35. 37 p.
- SILVA, A. DE B.; CARNEIRO, J. DA S. 1986. Entomofauna de culturas alimentares e fibrosas na Amazônia brasileira. In Simposio do Trópico Úmido (1., Belém) Anais. EMBRAPA, Brasília. p. 71-83.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILA NOVA, N.A. 1976. Manual de ecologia dos insetos. Piracicaba, Ceres. 219 p.

Simposio centroamericano sobre agricultura orgánica. "Hacia la agricultura del mañana"¹

J. E. García González*

Del 6 al 11 de marzo de 1995 se celebró, con éxito, el Simposio Centroamericano sobre Agricultura Orgánica "Hacia la agricultura del mañana" en las instalaciones centrales de la Universidad Estatal a Distancia (UNED), en Costa Rica. Se contó con la asistencia de alrededor de 200 personas provenientes de 15 países. Se presentaron aproximadamente 40 trabajos sobre agricultura orgánica: desarrollo en los países de América Central, Brasil y Europa; técnicas aplicables; investigación; mercadeo, crédito y certificación; experiencias concretas; educación, extensión y proceso de transición; organizaciones de apoyo; y otros. Se realizaron siete giras de campo y dos mesas redondas con la participación de autoridades universitarias y representantes de diferentes organizaciones internacionales y nacionales agrícolas.

ANTECEDENTES

La realización del Simposio Centroamericano sobre Agricultura Orgánica "Hacia la Agricultura del Mañana" responde a la necesidad, sentida desde tiempo atrás, de resolver los problemas planteados por una agricultura no-sostenible basada en el uso irracional y la dependencia excesiva de insumos externos sintéticos por parte del agrosistema. La demanda ascendente por productos libres de residuos de agroxenobióticos de los consumidores y el número creciente de particulares y organizaciones que empiezan a apoyar y practicar la agricultura orgánica en el mundo, ponen de manifiesto la existencia de una realidad innegable y el interés por este tema.

La realización de la actividad fue posible gracias al aporte económico brindado por el Gobierno de Holanda a Costa Rica, en el marco de cooperación del Acuerdo Bilateral de Desarrollo Sostenible Costa Rica-Holanda, así como a la participación de los expositores y los representantes de las organizaciones e instituciones copatrocinadoras y los colaboradores.

¹ Recibido el 20 de abril de 1995.

* Oficina de Extensión Comunitaria y Conservación del Medio Ambiente; Universidad Estatal a Distancia y Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.

La planificación, organización y coordinación general del Simposio estuvo a cargo de la Oficina de Extensión Comunitaria y Conservación del Medio Ambiente de la UNED. Los copatrocinadores fueron la Embajada de Holanda, el Consejo Nacional de Rectores (CONARE), la Universidad Nacional (UNA), el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), la Universidad de Costa Rica (UCR), las Líneas Aéreas Costarricenses S.A. (LACSA), la Coordinadora de Organismos No Gubernamentales con Proyectos Alternativos de Desarrollo (COPROALDE), la Asociación Nacional de Agricultores Orgánicos (ANAO), el Consejo de Salud Ocupacional (CSO), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Banco de Costa Rica (BCR).

RESULTADOS

El Simposio tuvo un fin formativo más allá de la labor de información. Así, los expositores proporcionaron sus presentaciones, las cuales fueron publicadas en un volumen con más de 450 páginas. De esta manera se da acceso a la información para todos aquellos que estén dispuestos a aprender y poner en práctica los conocimientos adquiridos.

Se lograron los objetivos propuestos, a saber:

- Promover la práctica de la agricultura orgánica.
- Facilitar el intercambio de información y experiencias en agricultura orgánica.
- Valorar y discutir la implementación y la transferencia al campo de los principios de la agricultura orgánica.
- Estimular y reforzar las posibilidades de cooperación internacional sobre investigación, extensión, producción y mercadeo.
- Analizar las perspectivas, los logros y las limitaciones de la agricultura orgánica.
- Promover la definición de políticas nacionales sobre agricultura orgánica dentro del marco del desarrollo sostenible.
- Dar a conocer la existencia de organizaciones e instituciones promotoras de proyectos en agricultura sostenible.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Simposio promovió los siguientes objetivos frente a los retos que supone la agricultura orgánica en la región (Sánchez 1995):

- Colaborar en la transformación de las zonas rurales de la región por medio de una alternativa sostenible de carácter social, económico, ecológico y cultural.
- Permitir que las unidades de producción adquieran niveles mayores de autogestión, organización e independencia de los recursos externos.
- Apoyar el mejoramiento del nivel y la calidad de vida de los agricultores.
- Posibilitar la disponibilidad de productos alimentarios libres de residuos de plaguicidas sintéticos.
- Desarrollar mercados internacionales para productos orgánicos sin afectar la seguridad alimentaria de la región.

A continuación se citan algunas de las recomendaciones de los participantes en los diferentes talleres (Sánchez 1995):

- Desarrollar metodologías de educación agropecuaria que faciliten el aprendizaje práctico de los principios y prácticas aplicables en la agricultura orgánica.
- Impulsar actividades de discusión, reflexión e intercambio de ideas, nacional e regional, sobre los diversos aspectos que involucra la agricultura orgánica.
- Promover la incorporación de los conocimientos de la agricultura orgánica en los contenidos curriculares de las carreras en ciencias agropecuarias.
- Apoyar la organización de los productores locales.
- Impulsar los proyectos de investigación con enfoque en los sistemas de producción agropecuaria de una manera holística y sostenible.
- Investigar con mayor intensidad las experiencias de campo, así como la recuperación, sistematización, validación y generación de conocimientos provenientes de la experiencia campesina y étnica.
- Efectuar estudios de mercado y de costos de la producción orgánica.

- Crear centros de documentación que apoyen las labores de investigación, capacitación y difusión de los conocimientos generados en agricultura orgánica.
- Promover la difusión de los conocimientos y los logros de la agricultura orgánica a través de los medios de comunicación colectiva disponibles, resaltando su carácter de sistema como una opción real de producción sostenible más armónica con la naturaleza.
- Establecer programas de crédito para la práctica de este tipo de agricultura.

CONSIDERACIONES FINALES

Del análisis de los trabajos presentados en el Simposio se concluye que la agricultura orgánica, en el marco de la sostenibilidad, puede ayudar a establecer el equilibrio y el entendimiento entre los intereses ambientales, sociales y económicos, y donde se practica un concepto integrado de calidad de la producción. La agricultura orgánica NO es una agricultura de recetas ni puede ejecutarse a distancia desde un escritorio en la ciudad, sino más bien donde se manejan los principios básicos de la vida. Como escriben los agricultores Rodríguez y Paniagua (1994): "La agricultura orgánica hay que sentirla, hay que vivirla. Hay que tener vocación agrícola y aprender a producir creativamente".

Este tipo de agricultura demanda trabajo duro e inteligente; demanda capacidad de observación de los fenómenos que ocurren alrededor del sistema de producción, así como de interacción con la tierra. Para algunos, debido a la "deformación" recibida, por desconocimiento o intereses económicos, la agricultura orgánica es una utopía; sin embargo Hitz (1994ab) y Restrepo (1995) opinan lo contrario.

Asimismo, las políticas globales de apertura de los mercados para países pequeños como Costa Rica, ofrecen pocas opciones para competir con cantidad. Sólo podemos competir con calidad y eficiencia. Una opción para enfrentar ese reto es la agricultura orgánica, porque reúne los requisitos de sostenibilidad por medio de un aprovechamiento racional de los recursos naturales disponibles en cada uno de los agroecosistemas, y hace posible una mayor independencia de los gastos involucrados en la compra de insumos externos como plaguicidas y fertilizantes.

Como lo señala Alvarado (1994): "Llegó la hora de que el Ingeniero Agrónomo queme su libreta de recetas y acompañe al agricultor en su finca, establezca una relación horizontal de confianza, de intereses y de fines comunes en busca de soluciones concordantes con su medio y su realidad. En busca de respuestas que reduzcan la dependencia del país de los insumos importados, de la necesidad del crédito ajeno, escaso y caro, y de mercados diversificados más estables y mejor pagados".

LITERATURA CITADA

- ALVARADO V., M.A. 1994. Agricultura orgánica y tecnología apropiada. Agronomía al Día (Sección Al Grano), San José (C.R.); junio.
- HITZ, W. 1994a. Sustainable biomass use in organic agriculture. Case study: The Tapezco Organic Farmers Association. In Microhydro and organic farming for sustainable rural development in Costa Rica. J.M. Blanco R. (Ed.) Biomass Users Network. San José, p. 15-60.
- HITZ, W. 1994b. Sustainable biomass use in the production and commercialization of Costa Rican organic blackberry. Case study: The blackberry and highland fruits. In Micro-hydro and organic farming for sustainable rural development in Costa Rica. J.M. Blanco R. (Ed.). San José, C.R., Biomass Users Network Producers/Exporters Association (APROCAM). p. 99-144.
- RESTREPO, J. 1995. Reflexiones sobre agricultura orgánica. Corporación para el Desarrollo Costarricense (CEDECO). Avances de Investigación no. 11. 25 p.
- RODRIGUEZ, G.; PANIAGUA, J.J. 1994. Horticultura orgánica: Una guía basada en la experiencia en Laguna de Alfaro Ruiz, Costa Rica. San José, Fundación Güilombé. Serie no. 1, v. 2, 76 p.
- SANCHEZ V., J. 1995. Centroamérica camina hacia la agricultura del mañana. San José, C.R. 3 p. (Mimeo).
- La memoria del Simposio Centroamericano sobre Agricultura Orgánica. "Hacia la Agricultura del Mañana" puede solicitarse enviando un cheque por el valor de la misma a nombre de Poliservicios Garza S.A. a: Poliservicios Garza, c/o CEDECA. Apartado Postal no. 3274. 1000-San José, Costa Rica, América Central. El precio de envío por correo aéreo certificado es el siguiente: US\$17 para los países de América Central, El Caribe y México; US\$20 para los países de América del Sur; y US\$25 para los países de América del Norte, Europa, África, Asia y Oceanía.