

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 44

TRIMESTRE OCTUBRE-DICIEMBRE 1994

NUMERO 4

CODEN: TURRAS 44 (4) : 205-272

Respuesta a la densidad, rendimiento máximo y eficiencia del rendimiento de maíz 'Olotón' en los Altos de Chiapas, México. L. García-Barrios, J. Kohashi	205
Evaluación de la actividad biológica de distintos brasinoesteroides. A. R. Salinas, M. S. Panelo, S. R. Feldman, F. Nakayama	220
Produção de café em função da densidade de plantio, adubação e tratamento fitossanitário. M. A. Pavan, J. C. D. Chaves, A. Androcioli Filho	227
Optimización del manejo del nitrógeno en sistemas arroceros del sur latinoamericano. R. J. Melgar, M. A. Méndez, M. M. Figueroa, M. C. Sanabria	232
Plagas y depredadores en soja en el noroeste de la Provincia de Buenos Aires (Arg.). N. Bercellini, L. Malacalza	244
Correlação entre a severidade da antracnose em vagens de feijoeiro e a transmissão de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> pelas sementes. E. Araújo, I. Zambolim, F. X. Ribeiro do Vale, C. Vieira	255
Rotaciones de cultivos sobre un argiudol típico con labranza cero A. M. Arrigo, R. M. Palma, M. E. Conti, E. B. Giardina	261
Comercialización de carne de caprinos en el Estado de Zacatecas, México. J. A. Falcón, F. G. Echavarría, H. Salinas, G. Hoyos, R. T. Flores	266
Reseñas de libros	219, 260



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

Respuesta a la Densidad, Rendimiento Máximo y Eficiencia del Rendimiento de Maíz 'Olotón' en los Altos de Chiapas, México¹

L. García-Barrios*, J. Kohashi**

ABSTRACT

Density trials comprising 2 to 10 plants m⁻² were undertaken with *Zea mays* L. var. Olotón in order to quantify density effects on plant growth and development, plant form, dry matter production, leaf area, and components of grain yield. Estimates of maximum yield, leaf area index, and yield efficiency when grown in a favorable environment were obtained to evaluate potentialities and constraints in this indigenous race for the purpose of monocropping and intercropping. Carmer and Jackobs' (1965) density tolerance parameter (K) was estimated for grain production, and extended to other plant parts and efficiency indexes. Grain production was the variable most affected by increasing density, mainly because of a reduction or loss of secondary ears, while leaf area was the least affected. Maximum yield in favorable agronomical conditions was relatively high (7.1 t ha⁻¹), but was achieved with very low harvest (0.22) and yield efficiency indexes (1.22 g of grain per dm² of leaf area), and with a very high leaf area index (5.18). We discuss its possible causes and different management and selection options which could increase yield efficiency.

RESUMEN

Se incrementó sistemáticamente la densidad de población de *Zea mays* L. var. Olotón desde dos hasta diez plantas por metro cuadrado en condiciones ambientales muy favorables de cultivo y se estudiaron los efectos sobre la fenología, el crecimiento, la producción de materia seca aérea, la forma de la planta en el área foliar y en los componentes del rendimiento de grano. Se estimó, además, el rendimiento, el índice del área foliar y los índices de eficiencia de esa raza. Se determinó, para cada órgano y para los índices de eficiencia, el parámetro de tolerancia a la densidad (K) del modelo de Carmer y Jackobs (1965). La variable menos afectada fue el área foliar; la más afectada, el rendimiento de grano. El rendimiento máximo de grano en condiciones ambientales favorables fue de 7.1 t por hectárea. El índice de cosecha (0.22 g) y la eficiencia del rendimiento (1.22 g.dm² de grano de área foliar) fueron bajos, y el índice de área foliar excesivo (5.18 g). Se discuten las posibles causas de esa baja eficiencia y algunas opciones para elevarla mediante selección y manejo del grano.

Palabras-clave: *Zea mays* var. Olotón, densidad, eficiencia, rendimiento, evaluación, variedades criollas.

INTRODUCCIÓN

Las características fenológicas, morfológicas y fisiológicas de las variedades criollas de maíz, cultivadas por los campesinos indígenas de México en parcelas de ladera, han sido poco estudiadas. De ellas dependen las capacidades y limitaciones para

la producción de la planta (García *et al.* s.f.; García-Barrios y Kohashi s.f.).

Las variedades de maíz se evalúan comúnmente por su rendimiento, aunque pueden y deben evaluarse también por la economía con que se usan diversos recursos para alcanzar ese rendimiento. Para eso, son útiles los siguientes índices (Elsahookie y Wasson 1984; Evans 1972; Hunt 1982; Radford 1967):

¹ Recibido para publicar el 22 de diciembre de 1992. Los autores agradecen el apoyo y la generosidad de los pobladores de Bautista Chico, Chamula, quienes brindaron su semilla; asimismo a E. Betanzos, L. Hernández, J. Díaz, A. Martínez, J. Franco, D. Hernández, A. Hernández, F. Martínez, H. Plascencia, B. Díaz, J. Díaz, M. Parra, L. Pool, A. Márquez, T. Ramos, A. Dorcé, L. Dorcé, J. Franco, S. Meza, M. González, V. González, M. Franco, P. Quintana y C. Gutiérrez; y al revisor técnico de este artículo por sus valiosas sugerencias.

* Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste; Apartado Postal 63, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, C. P. 29200

** Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230, Méx.

- Índice de cosecha (IC) = Peso de grano x 100/peso de materia seca aérea.
- Eficiencia del rendimiento (ER) = Peso de grano/área foliar en anthesis.
- Relación de área foliar (RAF) = Área foliar en anthesis/peso de materia seca aérea.

Si en la densidad óptima se observa un alto valor de IC, la variedad tendrá ventajas para la producción de grano en monocultivo, por su economía en la producción de materia seca aérea (MSA), y, por lo tanto, en el

uso de agua y nutrimentos. Si, además, presenta altos valores de ER, tendrá ventajas para la producción de grano en policultivo por su economía en la producción de área foliar (AF) y MSA, pues aumenta la disponibilidad de luz, agua y nutrimentos para las especies asociadas.

EIIC y la ER en la densidad óptima dependen de su valor en la planta sin interferencia y de su tolerancia a la densidad. Este cambio en los índices de eficiencia se relaciona con el distinto efecto de la densidad sobre los órganos de la planta, el que a su vez es diferente entre las variedades de maíz (García-Barrios s.f.).

Para estudiar el efecto diferencial de la densidad sobre los órganos de 'Olotón' se eligió un modelo que, sin tener la flexibilidad de algunos modelos inversos (Willey y Heath 1969), posee la ventaja de que la respuesta del peso de la planta o sus partes a la densidad se expresa en un parámetro único (K), para facilitar los análisis comparativos en este caso. Se trata del modelo propuesto por Duncan (1983), Willey y Heath (1969) y formalizado por Carner y Jackobs (1965) en las siguientes ecuaciones:

$$P = (A_{\text{grano}})(K_{\text{grano}})N_{\text{.....}} \text{ (ec. 1)}$$

$$R = (N)(A_{\text{grano}})(K_{\text{grano}})N_{\text{.....}} \text{ (ec. 2)}$$

donde:

- P= Producción de grano por planta
 R= Producción de grano por metro cuadrado.
 N= Número de plantas por metro cuadrado.
 A_{grano} = Producción de grano de la planta en ausencia de interferencia
 K_{grano} = Constante de proporcionalidad que indica la capacidad de la planta para mantener la producción de grano al incrementarse la densidad. (K_{grano} toma valores entre cero y uno; cuanto más cercano a 1, mayor tolerancia a la densidad).

Se derivó una ecuación adicional de estos modelos para el propósito de este estudio:

$$N_{\text{óptima}} = -1/\text{Ln}(K_{\text{grano}}) = \text{Número de plantas por metro cuadrado en el cual se alcanza el rendimiento máximo de grano.}$$

Estas ecuaciones pueden aplicarse satisfactoriamente a otros órganos de la planta, área foliar e índices de eficiencia.

Los objetivos de este estudio fueron: Determinar el efecto de la densidad de población en condiciones ambientales favorables sobre la fenología, la materia seca de la porción aérea de la planta, las variables foliares, los componentes del rendimiento de grano y los índices de eficiencia de la planta de *Zea mays* var. Olotón; estimar el rendimiento máximo de MSA y grano del cultivo y la eficiencia de elaboración del rendimiento de grano; e inferir algunas aptitudes y limitaciones de la raza para su manejo en monocultivo o policultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El maíz criollo 'Olotón' fue llevado a México desde los altos de Guatemala antes del Descubrimiento de América (Wellhausen *et al.* 1951). Presenta mazorcas medianas o largas con abultamiento común en la base y raquis muy grueso. Su distribución en México en su forma más pura se restringe a los Altos y a la Sierra Madre de Chiapas, a alturas entre 2000 msnm y 2400 msnm (Wellhausen *et al.* 1951). La investigación se realizó en 1987, en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, altitud: 2130 msnm; precipitación media anual: 1187 mm; temperatura media anual: 14 °C; clima $Cw_2(w)bi$ (García 1973).

Se usó la variedad amarilla de esta raza, identificada por el Dr. Efraím Hernández. Se exploraron cinco densidades (2, 4, 6, 8 y 10 plantas por metro cuadrado) en un diseño de cinco bloques en los que se distribuyeron al azar los tratamientos. Se sembraron las plantas en cepas individuales. Se mantuvo constante la distancia entre surcos (80 cm) y se redujo la distancia entre cepas. La siembra se hizo el 10 de abril. Se fertilizó con 150 N-100 P_2O_5 -60 K_2O ; a los 15 días se aplicó el fósforo y el potasio, y un tercio del nitrógeno; a los 56 días, el otro tercio de N y a los 100 días, el restante. Durante el ciclo, se mantuvo la disponibilidad de agua en el suelo sobre un 25% de humedad aprovechable mediante un riego previo a la siembra y cuatro de auxilio al temporal. El cultivo se mantuvo libre de arvenses mediante deshierbes y de plagas por medio de aplicaciones periódicas de insecticidas al suelo y al follaje. Se lograron condiciones ambientales muy favorables y se obtuvo un plantío uniforme.

En cada etapa fenológica explorada (4 hojas, 7 hojas y 14 hojas liguladas, anthesis femenina, grano lechoso y madurez fisiológica), se tomaron al azar 10 plantas con competencia completa (dos por bloque), y

se determinó el peso seco de los órganos de su porción aérea. El área foliar se midió con un integrador electrónico (Portable Area Meter LI-COR 43000). Se obtuvieron la longitud y el diámetro del tallo, el número de hojas, así como la cantidad, posición, dimensiones y componentes del rendimiento de las mazorcas.

En el muestreo final (madurez fisiológica) se incrementó a 20 el número de plantas cosechadas por cada densidad. El peso del grano se evaluó como peso seco y peso comercial al 12% de humedad. Para el estudio de fenología se eligieron al azar 25 plantas por densidad (cinco en cada bloque) y se observó semanalmente la exposición de las hojas, la floración y el desarrollo del grano.

La producción de MSA de la planta puede expresarse como el producto del área foliar integrada (AFI) y la tasa en promedio de asimilación neta del área foliar (TAN). El AFI es el área bajo la función de crecimiento del AF, desde la siembra hasta la madurez fisiológica; se expresa en decímetros cuadrado al día (García-Barrios y Kohashi s.l.). Para calcular el AFI de cada tratamiento, se integraron las funciones de crecimiento del área foliar mediante la regresión contra el tiempo del AF promedio presente en cada estadio fenológico. Para todas las densidades, el crecimiento del AF se ajustó a una función logística: $r^2 > 0.81$ y la pérdida de AF postanthesis se ajustó a una función exponencial: $r^2 > 0.97$ (García-Barrios y Kohashi s.l.).

La TAN midió el aumento neto que tuvo en promedio la MSA al día por cada decímetro cuadrado de AF expuesta; se expresó en gramos por decímetro cuadrado (Evans 1972). La TAN promedio se estimó como MSA total/AFI. La MSA incluyó los fragmentos de espiga masculina y las hojas desprendidas de la planta.

Mediante un análisis de regresión (Batschelet 1979), se estimaron los valores de A y K para las variables: peso de cada órgano, área foliar, MSA total, MSA en pie, AFI, TAN, RAF, IC y ER. Se hizo la comparación estadística entre las K (Zar 1984).

Se compararon los índices de eficiencia del maíz 'Olotón' y su respuesta a la densidad, con los de otras variedades de maíz de zonas templadas consideradas de alta eficiencia y rendimiento. Para ello se estimaron los valores de A_{af} , K_{af} , A_{grano} , K_{grano} , A_{er} , K_{er} , el rendimiento máximo y los índices de área foliar de 16 variedades mejoradas, cultivadas en condiciones favorables de humedad y nutrientes, para las cuales se

encontró la información pertinente en la literatura (Elsahookie y Wasson 1984; Tanaka y Yamaguchi 1977; Tetio-Kagho y Gardner 1988ab; Tollenar y Bruuselman 1988). Los parámetros se calcularon con base en los promedios consignados por los autores en cuadros y figuras. En todos los casos, el ajuste a los modelos utilizados en este estudio (ecuaciones 1 y 2) fue satisfactorio ($p < 0.01$; $r > 0.96$). Se comparó también la proliferación de la producción de mazorcas de 'Olotón' con la descrita en la literatura para algunas variedades mejoradas (Buren *et al.* 1974; Colville 1962; Dungan *et al.* 1958; Giesbrecht 1969; Karim *et al.* 1983; Milbourn *et al.* 1978; Prior y Russell 1975; Stinson y Moss 1960)).

RESULTADOS

Respuesta de la planta al incremento en densidad

Los resultados empezaron a manifestarse al principio del llamado período vegetativo activo (Tanaka y Yamaguchi 1977), en la fase entre la séptima y la decimocuarta hoja ligulada. A partir de la decimocuarta hoja, el abatimiento relativo de la MSA en pie fue similar en todos los estadios (Fig. 1). En las hojas liguladas cuarta y séptima, el valor de K no es significativamente distinto de 1, i.e.; y todavía no hay interferencia entre plantas.

Los cambios observados en las variables fenológicas, morfológicas y de crecimiento estudiadas, al aumentar la densidad poblacional de dos plantas a diez plantas por metro cuadrado, fueron los siguientes:

- Período de llenado del grano en cinco días.
- Tasas de crecimiento absoluto y relativo de la materia seca de la porción aérea y, en menor medida, las del área foliar.
- Diámetro del tallo (Fig. 2).
- Tasa de exposición de hojas (filocrón).
- Área foliar en anthesis; en menor medida que el peso de los órganos vegetativos y del peso de grano (Fig. 3).
- Área foliar integrada (Fig. 4).

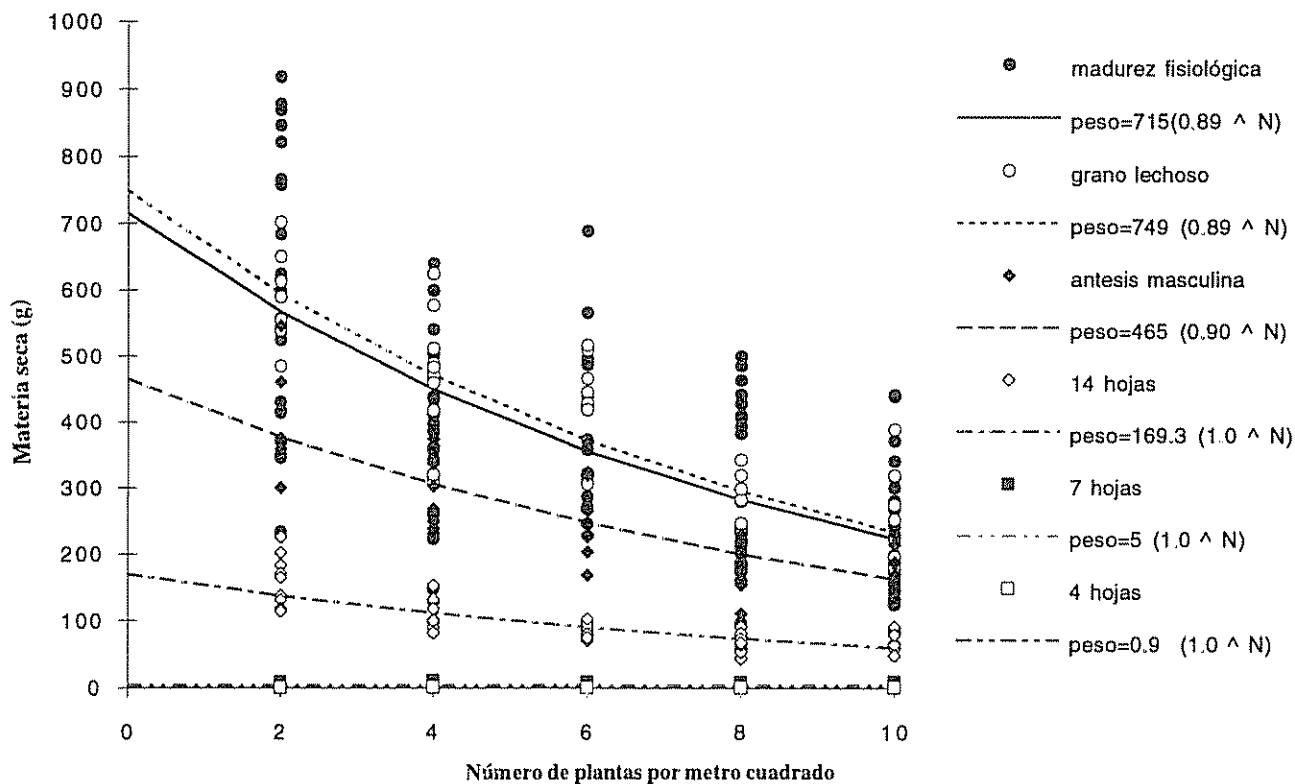


Fig. 1. Efecto del número de plantas por metro cuadrado (N) sobre MSA en ple en sus estadios fenológicos.

Nota: En cada estadio N = 50; madurez fisiológica n = 100

Valores de KMSA en los estadios siguientes no fueron estadísticamente diferentes (P = 0.05).

- Tasa de asimilación neta (Fig. 4).
- Peso de los distintos órganos vegetativos. El parámetro de tolerancia a la densidad (K) no difirió entre estos órganos (Fig. 5).
- Peso de los órganos que forman la mazorca. El parámetro de tolerancia a la densidad (K) fue diferente entre las mazorcas superior e inferior, pero no entre los órganos de cada mazorca (Fig. 6).
- Frecuencia de plantas con dos o más mazorcas (Cuadro 3).
- Frecuencia de plantas sin mazorca (0.5% a 8.7%).
- Porcentaje de la superficie del raquis cubierta por granos (94% a 75% en las mazorcas superiores y 83% a 60% en las inferiores).
- Componentes del rendimiento de grano, excepto el peso promedio de un grano (Cuadro 1).
- Índices de eficiencia del rendimiento (Fig. 7).
- Índice de cosecha (Fig. 7).

Se incrementaron la duración del periodo vegetativo en siete días; el desfase entre la floración masculina y la femenina en un día; la altura del tallo hasta la lígula de la última hoja (Fig. 2); la altura de la mazorca superior; la proporción de plantas acanadas por el viento (2 % a 17%); la velocidad de pérdida de área foliar, sobre todo a partir del estadio de grano lechoso; la proporción de MSA asignada a las láminas foliares (21.7% a 25.9 %), incremento marginalmente significativo (p=0.10); el área específica foliar (AEF) en antesis (1.21 dm² a 1.85 dm² de AF por gramo de lámina foliar); la razón del área foliar (Fig. 7).

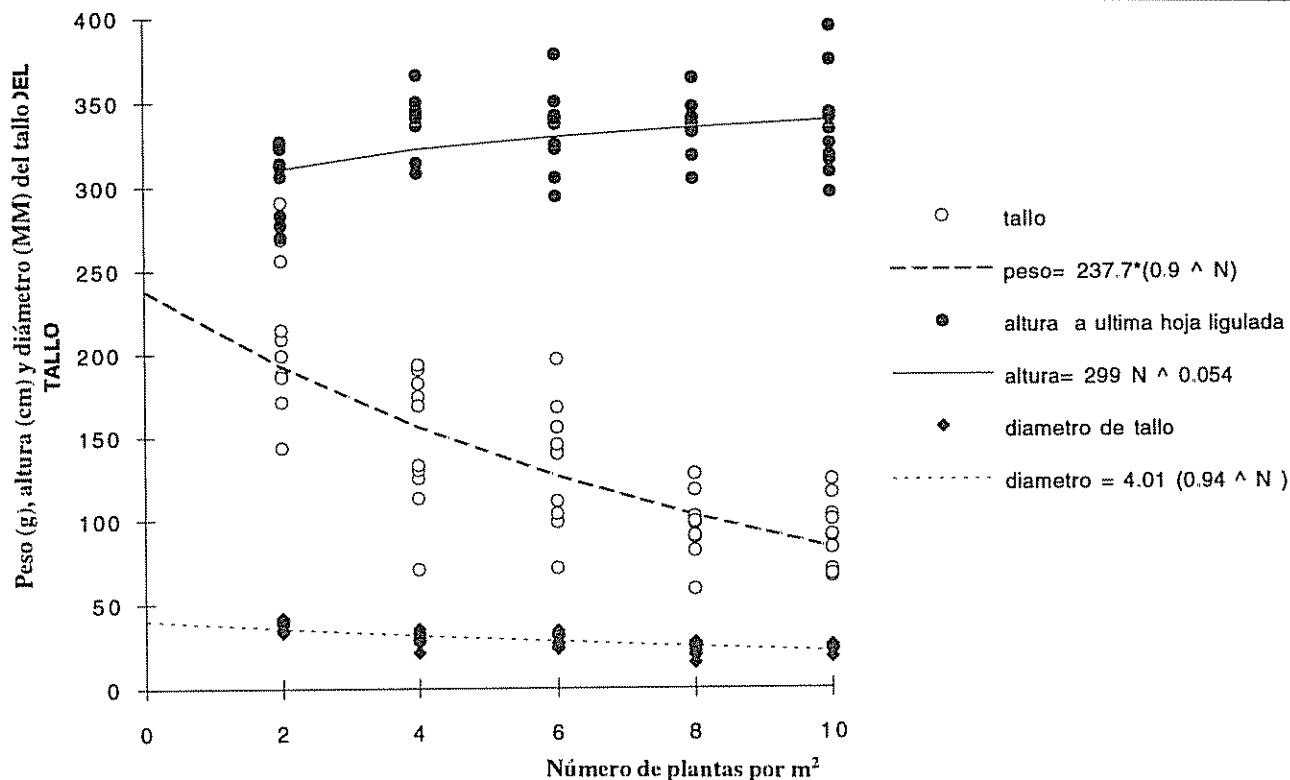


Fig. 2. Efecto del número de plantas por metro cuadrado sobre la altura del tallo (cm) hasta la lígula de la última hoja; el diámetro del tallo (mm) en el décimo entrenudo; el peso del tallo (g) en antesis.

Nota: Para la altura se ajustó un modelo potencial aN^b en el que N = número de plantas por metro cuadrado. Para cada variable n = 50

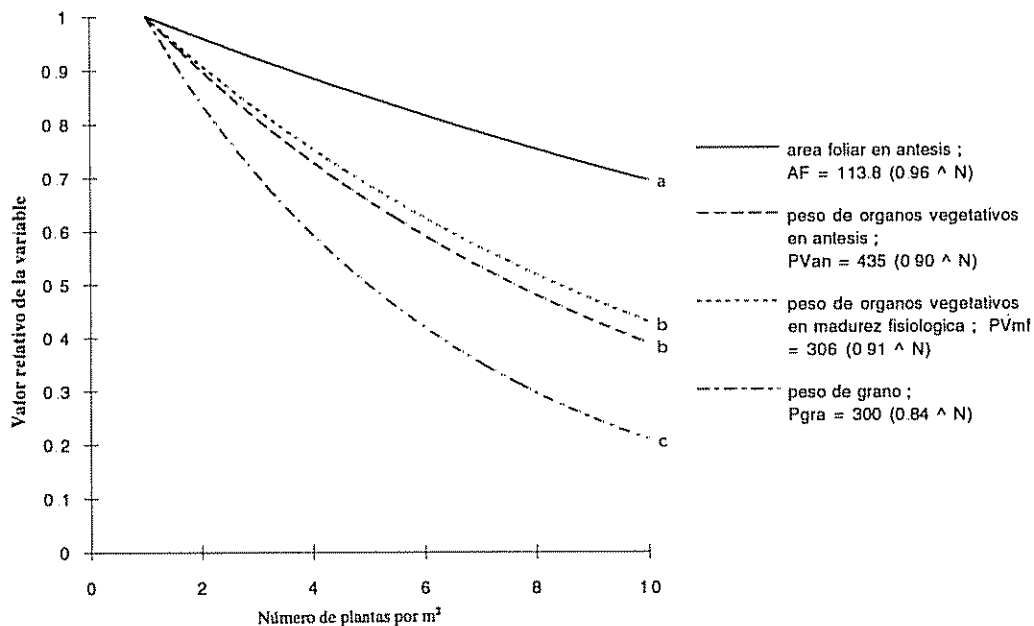


Fig. 3. Respuesta del área foliar (Af), del peso seco de órganos vegetativos en madurez fisiológica (PVmf) y del peso seco del grano a la densidad.

Nota: Para comparar las respuestas de las cuatro variables, se expresa el efecto de la densidad en forma relativa; y, respecto de sus valores a la densidad estándar de una planta por metro cuadrado, en el margen derecho de la figura se dan las funciones de (N) que define los valores absolutos de estas cuatro variables. Funciones con distinta letra tienen valores K, significativamente distintos a $P > 0.01$

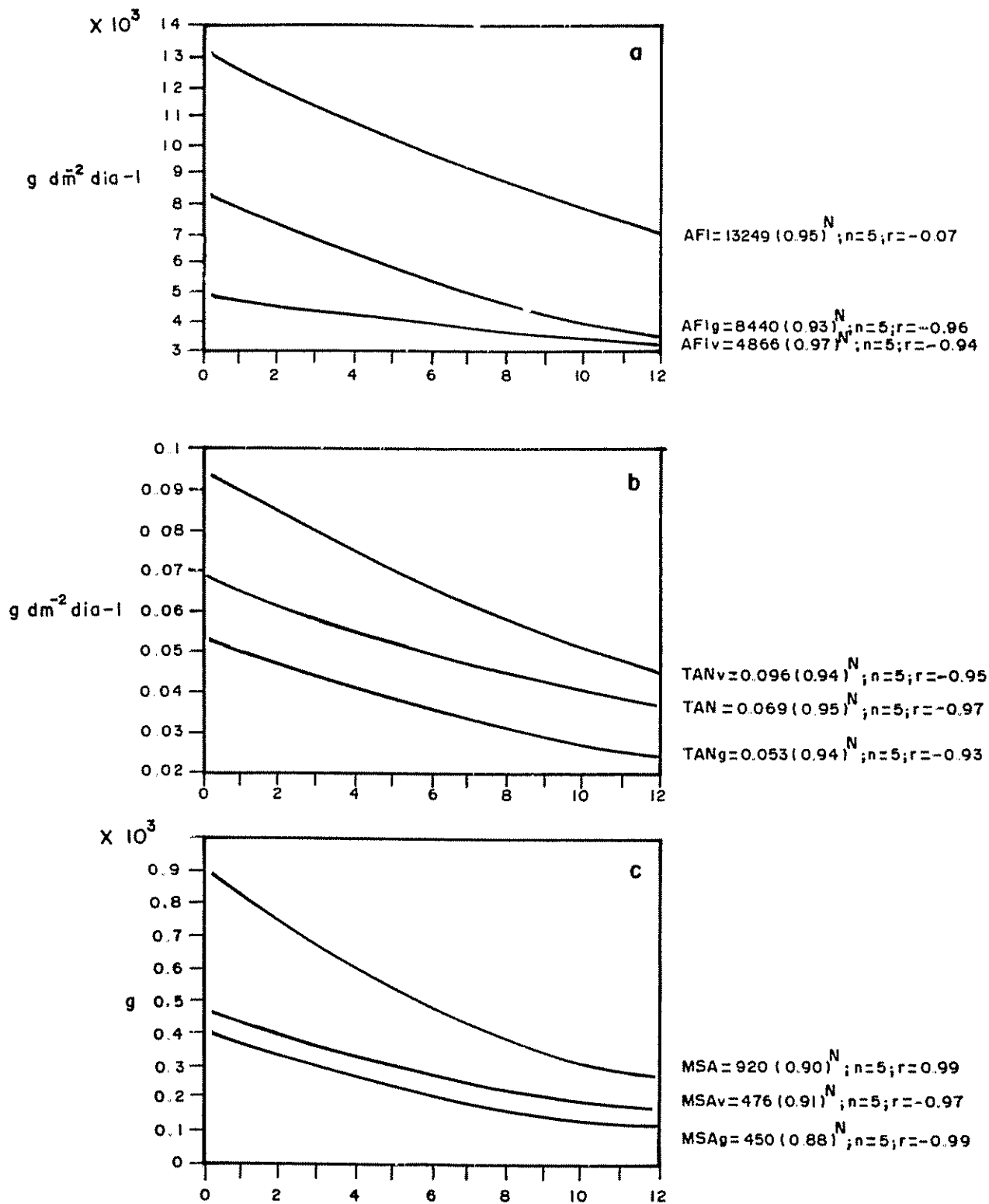


Fig. 4. Efecto del incremento en el número de plantas por metro cuadrado sobre el área foliar integrada (AFI); la tasa media de asimilación neta (TAN) y la materia seca de la porción aérea de la planta individual (MSA).

Nota: Se presentan los valores para todo el ciclo y para los períodos (v) y de llenado del grano (g) por separado.

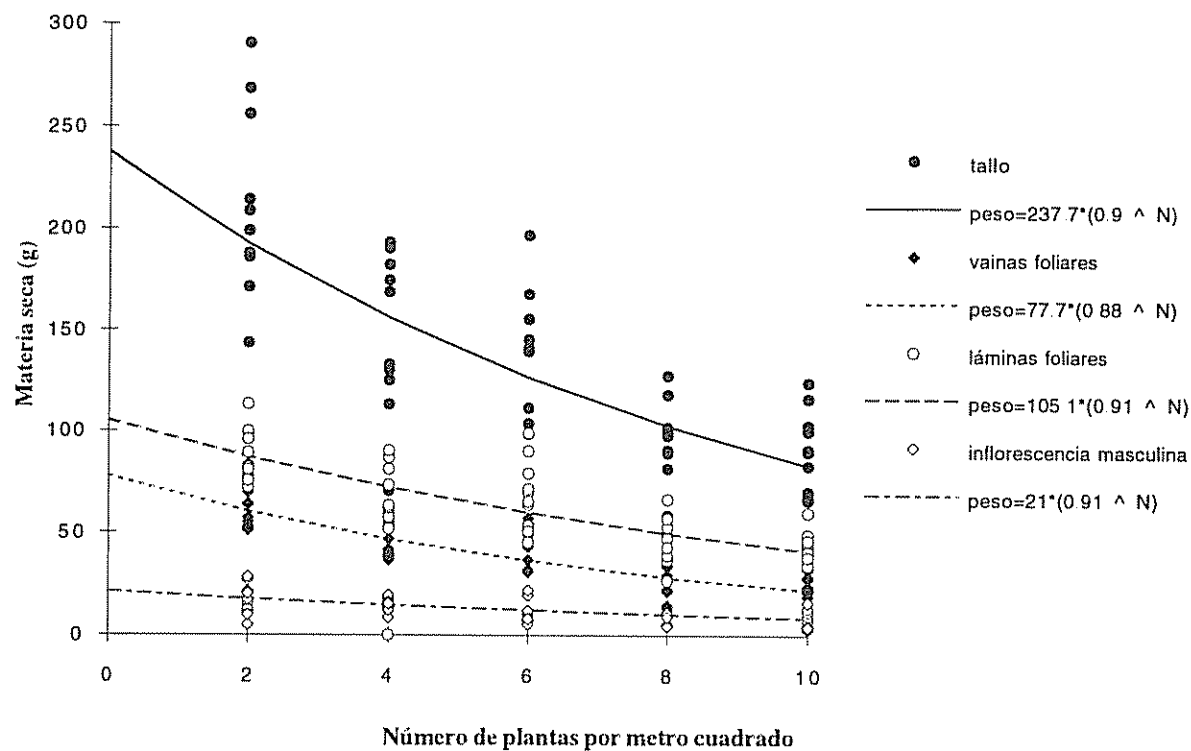


Fig. 5. Efecto del número de plantas por metro cuadrado (N) sobre el peso de los órganos vegetativos aéreos y la espiga masculina en el estadio de anthesis.

Nota: Para cada variable n = 50. Los valores de K de estos órganos no fueron estadísticamente diferentes entre sí.

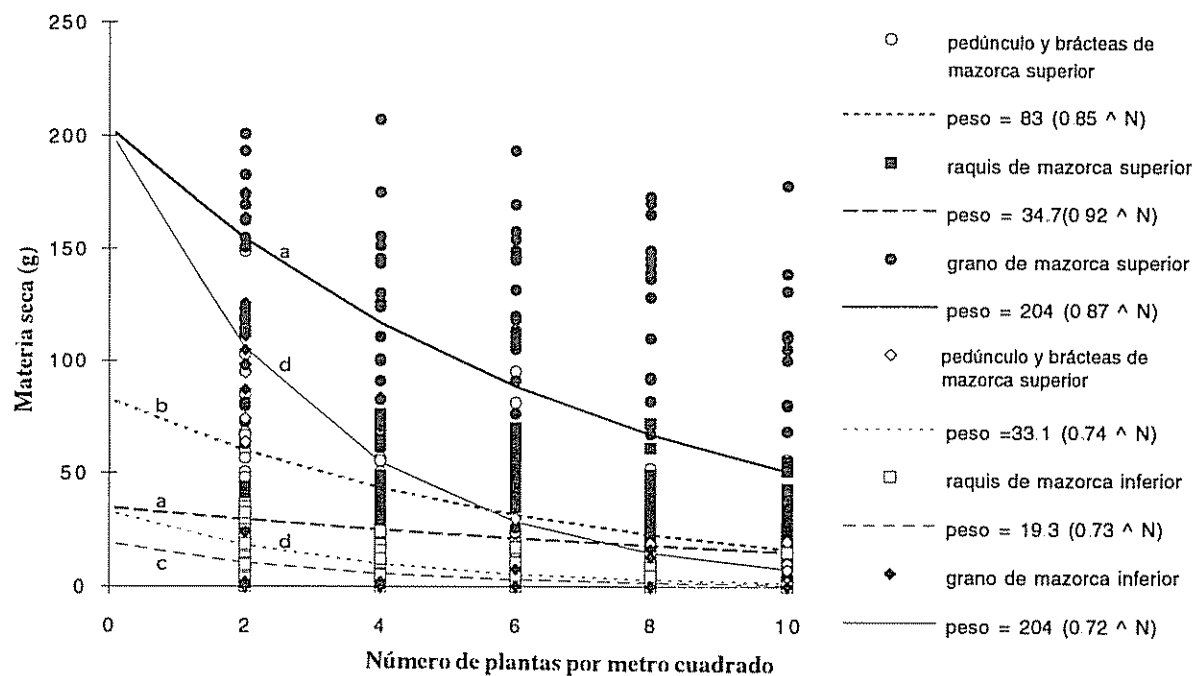


Fig. 6. Efecto del número de plantas por metro cuadrado (N) sobre el peso (g) del grano, el raquis y el pedúnculo con las brácteas en el estadio de madurez fisiológica.

Nota: Se presentan modelos para la(s) mazorca(s) superior(es) e inferior(es). Para cada variable n = 100. Las curvas señaladas con distinta letra tuvieron parámetros K, estadísticamente diferentes.

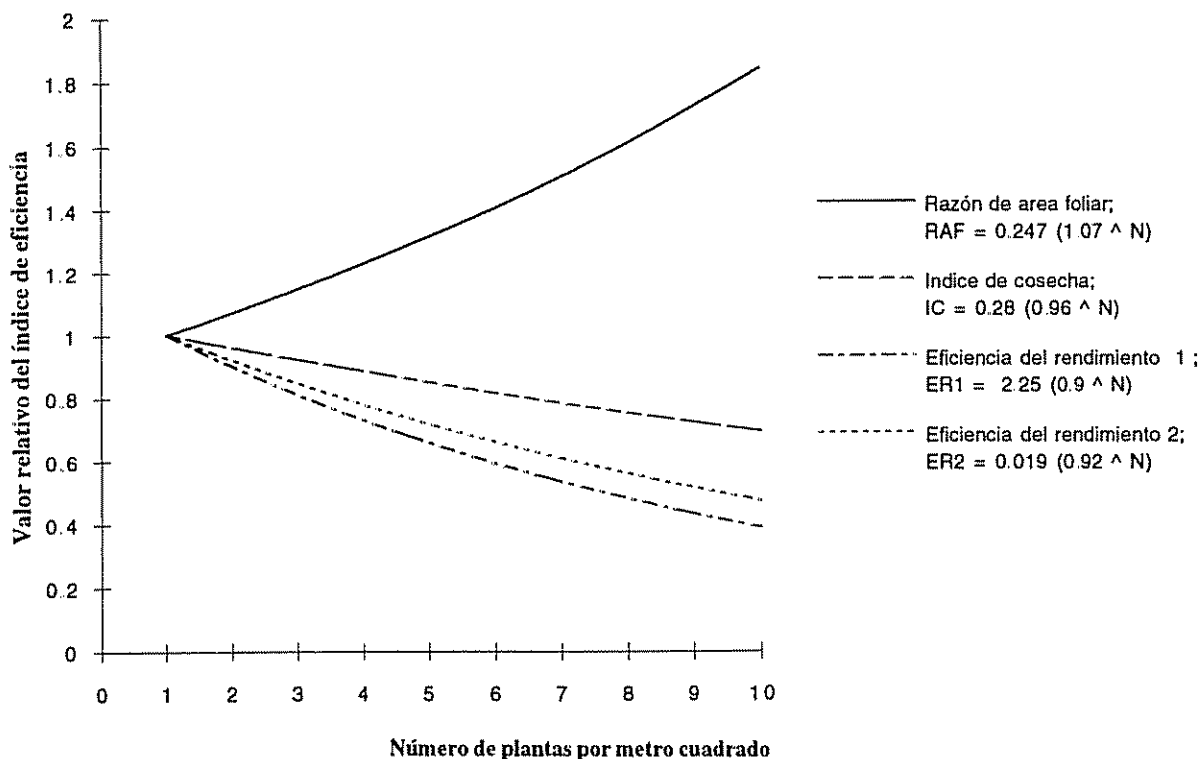


Fig. 7. Efecto del número de plantas por metro cuadrado (N) sobre los índices de eficiencia de la planta: Razón del área foliar; índice de cosecha; eficiencia del rendimiento 1 (gramos de grano por decímetro cuadrado de área foliar en antesis); eficiencia de rendimiento 2, expresada como gramos de grano por unidad de área foliar integrada.

Nota: En el caso de la razón del área foliar, el tamaño de muestra para la regresión fue 50; en los otros casos, la estimación de los parámetros se hizo con los valores en promedio de cada densidad (n = 5).

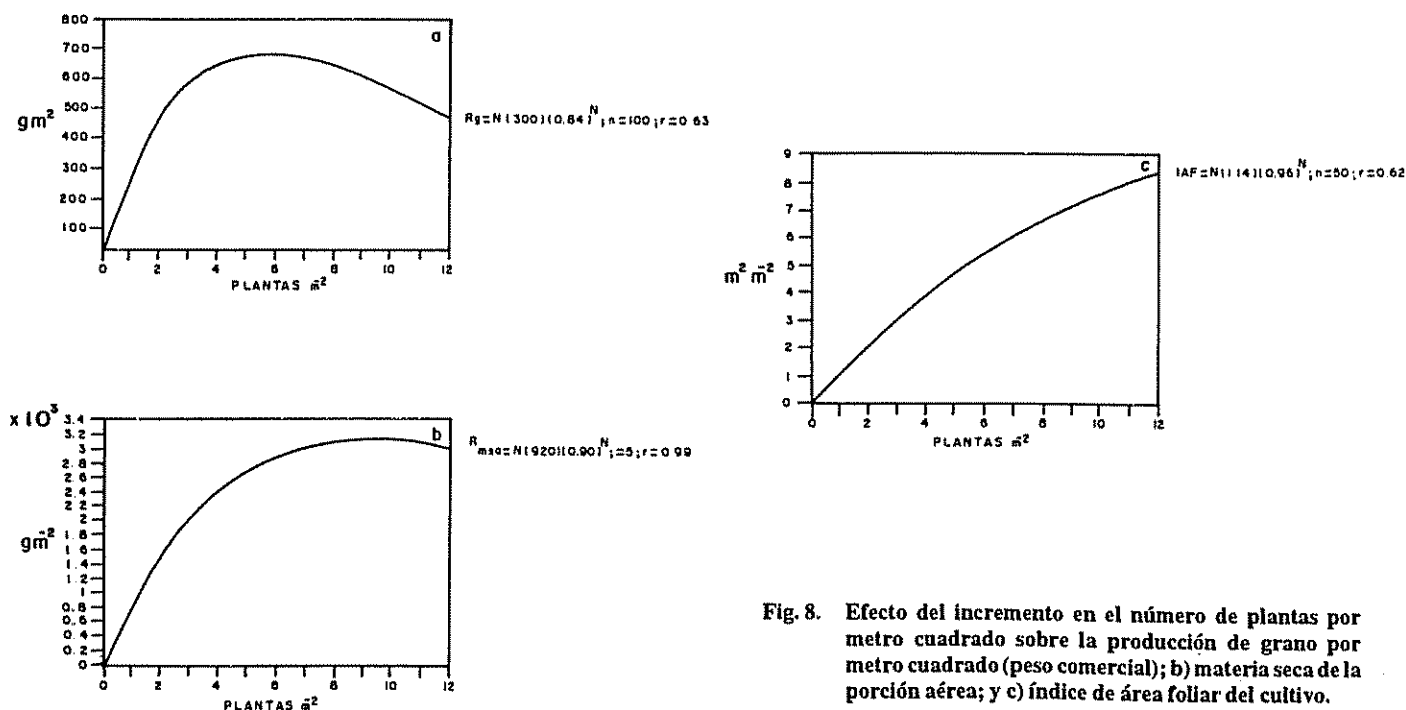


Fig. 8. Efecto del incremento en el número de plantas por metro cuadrado sobre la producción de plantas por metro cuadrado (peso comercial); b) materia seca de la porción aérea; y c) índice de área foliar del cultivo.

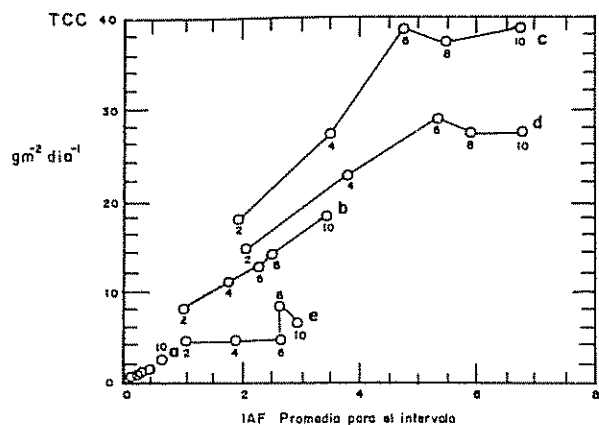


Fig. 9. Tasas de crecimiento del cultivo (TCC) entre distintos estadios fenológicos, en función de la IAF promedio para el intervalo: a) cuarta a séptima hoja ligulada; b) séptima a decimocuarta hoja ligulada; c) decimocuarta hoja a antesis femenina; d) antesis femenina a grano lechoso; y e) grano lechoso a madurez fisiológica.

No hubo modificaciones en el número de hojas; el patrón de distribución del área foliar en el eje vertical de la planta; el número de hileras de granos en la mazorca inferior (Cuadro 1) y en el peso promedio de un grano (Cuadro 1).

Cultivo: Consecuencias sobre rendimiento y eficiencia de elaboración de rendimiento

En el Cuadro 2 y la Fig. 8 se presentan las estimaciones del rendimiento máximo de grano y de MSA, y las densidades en que se obtienen. Se exhiben el índice de área foliar (IAF) y su relación con el rendimiento máximo de grano, así como la tasa máxima y la tasa promedio de crecimiento del cultivo (TCC)

Debido a la alta tolerancia del área foliar a la densidad, el IAF creció rápidamente al aumentar el número de plantas por metro cuadrado hasta alcanzar $7.6 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ como valor. La TCC respondió a este incremento, pero hasta valores del IAF entre 4.5 m^2 y $5.5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ (Fig. 9).

Cuadro 1. Efecto del número de plantas sobre algunos componentes del rendimiento del grano.

Número de plantas por metro cuadrado	Peso seco promedio (g)	Número de granos por hilera	Número de hileras por mazorca	Número promedio de mazorcas por plantas
Mazorca superior				
2	0.36 a	29.9 a	12.4 a	1.00 a
4	0.50 a	25.5 ab	10.7 ab	0.95 a
6	0.34 a	27.8 ab	10.8 ab	1.00 a
8	0.30 a	25.5 ab	11.0 ab	1.00 a
10	0.31 a	23.1 b	10.3 b	0.90 a
Mazorca inferior				
2	0.36 a	26.1 a	10.8 a	0.70 a
4	0.32 a	16.8 b	9.0 a	0.35 b
6	0.33 a	15.0 b	10.0 a	0.10 c
8	0.15 b	15.3 b	9.1 a	0.15 c
10	0.23 a	17.0 b	10.0 a	0.05 c

Nota: Cada valor es la media de 20 observaciones. Para cada componente del rendimiento y tipo de mazorca se señalan con diferente letra las medias estadísticamente distintas (Prueba HSD de Tukey, $P = 0.05$).

Cuadro 2. Valor de las variables de crecimiento, rendimiento y eficiencia del rendimiento del maíz 'Olotón' a nivel de cultivo.

Tipo de variable	Valor
Rendimiento máximo de MSA	3 210.2 g m ⁻² (peso seco)
Densidad óptima para MSA	9.49 planta por metro cuadrado
Rendimiento máximo de grano	709 g m ⁻² al 12% de humedad
Densidad óptima para grano	5.74 plantas por metro cuadrado
Rendimiento de MSA en la densidad óptima para grano	2880.4 g m ⁻² (peso seco)
Rendimiento de esquilmos útiles como forraje en la densidad óptima para grano	2250 g m ⁻² (peso seco)
Valor máximo de la tasa de crecimiento del cultivo (se presenta en la fase entre 14 hojas y antesis masculina)	40 g m ⁻² d ⁻²
Tasa promedio de crecimiento del cultivo para todo el ciclo	13.7 g m ⁻² d ⁻²
Índice de área foliar en la densidad óptima para grano	5.18 m ² m ⁻²

DISCUSIÓN

El incremento de la densidad de población redujo, en mayor o menor medida, la expresión de todos los órganos de la porción aérea y modificó los índices de eficiencia de la planta de *Zea mays* var. Olotón. Otros investigadores han encontrado respuestas similares en otras variedades para el rendimiento (Duncan 1958; Dungan *et al.* 1958; Ramírez 1985), los parámetros foliares y vegetativos (Dungan *et al.* 1958; Huerta 1969; Williams *et al.* 1968), los componentes del rendimiento (Duncan 1983; Espinoza 1985; Milthorpe y Moorby 1975; Ramírez 1977; Tanaka y Yamaguchi 1977; Wilson y Allison 1978) y la eficiencia del cultivo (Dungan *et al.* 1958; Elshookie y Wasson 1984; Hunt 1982; Radford 1967).

El maíz 'Olotón', como otras variedades criollas tropicales en temperaturas relativamente bajas, tiene un ciclo de desarrollo largo y acumula gran cantidad de MSA (Higgins 1978), y canaliza una proporción importante de ella a los órganos vegetativos (CIMMYT 1986). Cuando dispone de abundante agua y nutrientes, experimenta un excesivo crecimiento vegetativo y una desmesurada elongación del tallo. Ese elongamiento adicional al elevarse la densidad es una respuesta común de las poblaciones de maíz al autosombreado (Duncan 1983; Tetio-Kagho y Gardner 1988b).

'Olotón' ha sido consignada como una de las variedades criollas mexicanas con mayor número de hojas (García-Barrios y Kobashi s.f.; Wellhausen *et al.* 1951). Este número parece estar correlacionado positivamente con la precipitación de la zona, en la que se cultiva cada variedad (Pedrizco 1965) y, en el caso de 'Olotón', podría deberse, según Efraim Hernández Xolocotzi, a una adaptación a condiciones de baja transpiración y alta nubosidad.

El AF se vio menos afectada que el peso de los órganos por las siguientes razones:

- El AF de la planta sobre el número de hojas quedó determinada en estadios muy tempranos de la planta, antes de que se iniciara la interferencia entre las plantas sembradas en cepas individuales (Duncan y Hesketh 1968; González *et al.* 1984; Márquez 1989).
- Al reducirse la materia seca asignada a la lámina, el efecto se repartió entre la disminución de su área y de su grosor. Esta tolerancia del AF podría provocar la disminución de la capacidad de fotosíntesis en relación con la capacidad potencial para interceptar la radiación directa, por el adelgazamiento de las láminas y el autosombreado. Se ha demostrado que variedades de maíz con hojas más pequeñas y gruesas tienen mayor eficiencia de utilización de luz y toleran mayores densidades que las que presentan hojas anchas y delgadas (Charles-Edwards 1982).

En general, el AF del maíz mostró poca plasticidad después del período vegetativo inicial de la planta y menos posibilidades de reducción mediante selección artificial que otros órganos (Tanaka y Yamaguchi 1977).

El mayor efecto de la densidad se manifestó en la formación de la mazorca inferior y en su desarrollo, en

coincidencia con otros autores (Buren *et al.* 1974; Leng 1954; Prior y Russell 1975). Sin embargo, las causas de ese abatimiento no han sido suficientemente estudiadas (Buren *et al.* 1974; Dungan *et al.* 1958). En el caso de 'Olotón', la pérdida de la mazorca inferior, e incluso de la superior, no se debió a la ausencia de inflorescencias sino a insuficiencias en su desarrollo. Diversos autores señalan la necesidad de una cantidad y concentración de azúcares en el tallo por arriba de un umbral para el desarrollo de las mazorcas (Charles-Edwards 1982; Williams *et al.* 1968). Es interesante señalar que en 'Olotón' el diámetro del tallo fue la variable vegetativa que tuvo mayor correlación ($r=0.63$) con la producción del grano y que, además, hubo una diferencia significativa en los diámetros de los tallos que produjeron una, dos y tres mazorcas (Kruskall-Wallis $p = 0.0018$).

Diversos autores distinguen variedades de maíz prolíficas y no prolíficas (Cross 1977; Harris *et al.* 1976; Prior y Russell 1975). La categoría "prolíficas" se ha utilizado en dos sentidos: una, para designar a las variedades que producen alta frecuencia de plantas con dos o más mazorcas en baja densidad, pero que cuando ésta aumenta, comúnmente pierden esa capacidad; y otra, para nombrar las variedades que, sin producir tantas plantas con dos mazorcas, mantienen la producción de una mazorca en densidades altas.

Se comparó la proliferación de 'Olotón' con la de más de 50 variedades mejoradas y cultivadas en condiciones ambientales favorables citadas (Buren *et al.* 1974; Colville 1962; Dungan *et al.* 1958; Giesbrecht 1969; Karim *et al.* 1983; Milbourn *et al.* 1978; Prior y Russell 1975; Stinson y Moss 1960). El número en promedio de mazorcas producidas por 'Olotón' en una densidad de dos plantas por metro cuadrado está por arriba de las variedades consideradas no prolíficas, pero por abajo de las prolíficas tipo 1. En densidades altas, el porcentaje de plantas de 'Olotón' sin mazorca fue menor que el observado en la mayoría de las variedades. En el Cuadro 3 se compara la proliferación de 'Olotón' con la de 21 variedades registradas en uno de los estudios más completos sobre este tema (Prior y Russell 1975). 'Olotón' resultó ser una variedad medianamente prolífica, más cercana a la modalidad 2 que a la 1.

Incluso con un número reducido de plantas por metro cuadrado, 'Olotón' mostró valores de RAF, IC y ER relativamente bajos; que se agudiza al aumentar la densidad. Se compararon estos parámetros con los correspondientes promedios de 16 variedades sintéticas (Cuadro 4). Se encontró que a muy baja densidad, 'Olotón' tiene un AF superior y una producción de grano inferior, y, por lo tanto, una ER notablemente menor a

Cuadro 3. Proliferación de la raza Olotón.

Porcentajes de plantas con dos o más mazorcas	Plantas por hectárea (miles)								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
'Olotón'	53		26		5		5		5
No prolíficas		0			0	0	0		
Medianamente prolíficas		100	15		5	5			
Muy prolíficas		100	40		5	5			

Porcentajes de plantas sin mazorca	Plantas por hectárea (miles)								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
'Olotón'	0.5		0.5		2.1		4.6		8.7
No prolíficas		0	0		4	9			
Medianamente prolíficas		0	0		1	5			
Muy prolíficas		0	0		0	0			

Nota: Comparación con los resultados Prior y Rusell (1974) para variedades de maíz muy prolíficas, medianamente prolíficas y no prolíficas (promedios de siete variedades por cada categoría).

Cuadro 4. Comparación de los índices de eficiencia de 'Olotón' respecto de los valores promedio de 16 variedades mejoradas.

	'Olotón' (promedio)	Variedades mejoradas (promedio desviación estándar)	
Plantas sin interferencia (una planta por metro cuadrado)			
Area foliar (dm ²)	111	86.3	16.8
Peso de grano (g)	214	245.9	37.2
Eficiencia del rendimiento (g dm ⁻²)	2.02	2.61	0.56
Población			
K área foliar	0.96	0.95	0.16
K grano	0.84	0.84	0.4
K er	0.90	0.89	0.4
Rendimiento máximo (peso seco en g m ⁻²)	633	669	191.2
Densidad óptima (plantas por metro cuadrado)	5.74	5.7	1.2
IAF en la densidad óptima	5.18	3.96	1.0
Eficiencia del rendimiento en la densidad óptima (g dm ⁻²)	1.22	1.71	0.08

Nota: Variedades: Pioneer 3191 (Tetio-Kagho 1988); Pioneer 3925, Pioneer 3851 (Tollenar y Bruuselmma 1988); Fukko 8, Colden Bantam (Tanaka y Yamaguchi 1977); H22, K55*P8, H28*K64, Oh7b*K41, H28, K731*H28, Oh7B*K41, H82, K731*H28, Oh7b*K201G, H57 (Elsahookie y Wasson 1984)

la ER promedio. No obstante, la tolerancia de estos parámetros al incremento de la densidad no fue menor en 'Olotón'. El valor relativamente bajo de ER que presentó 'Olotón' en la densidad de rendimiento máximo se confirmó con la siguiente comparación: En un estudio previo (Félix-Valencia 1986) se cultivaron en Chapingo (Méx.) tres variedades mejoradas de maíz de la Mesa Central (H28, H30, V25) con una densidad de seis plantas por metro cuadrado (muy cercana a la óptima para 'Olotón'), con idéntico arreglo espacial y dosis de fertilización, en condiciones de clima y riego similares a las de nuestro estudio. En promedio, las tres variedades produjeron 30% menos AF y 47% más grano por planta, por lo que su ER fue el doble de la estimada para 'Olotón'.

Si bien la TCC de 'Olotón' respondió hasta valores de IAF mayores que los reportados en la literatura (Sánchez *et al.* 1983; Wellhausen *et al.* 1951), el IAF de rendimiento máximo estuvo, sin duda, por arriba del IAF crítico (i.e. el IAF con el cual se intercepta 95% de la radiación directa a las 12 m.) (Brougham 1956; Tetio-Kagho y Gardner 1988b). Constituye un problema para

el monocultivo (Duncan 1983; Ottman y Welch 1989), pero, sobre todo, para las especies que se asocian al maíz en policultivo.

El rendimiento obtenido en este estudio casi triplicó el observado actualmente en las parcelas temporales campesinas más fértiles de la zona templada de las montañas centrales de Chiapas (García-Barrios *et al.* s.f.; 1991). Algunas evidencias sugieren que los problemas de eficiencia planteados se presentan también en sus parcelas (García-Barrios *et al.* s.f.; Márquez 1989).

Las características de 'Olotón' pueden aprovecharse para la producción de forrajes frescos, ensilados, esquilmos agrícolas y abonos verdes mediante el manejo de altas densidades. Como hipótesis, para futuros trabajos, se propone que la asociación de otros cultivos (no trepadores) con 'Olotón', generalmente tendrá un desempeño positivo en densidades de dos a tres plantas de maíz por metro cuadrado.

Es deseable un fenotipo de 'Olotón' que favorezca la producción de grano en policultivo mediante se-

lección y mejoramiento genético o prácticas de manejo de la planta. En el primer caso, se tendrían dos opciones:

- Selección de plantas que reducen proporcionalmente su AF, MSA y peso de grano al aumentar la densidad;
- selección de plantas más prolíficas (tipo 1).

Se prefiere la primera opción para mantener los índices de eficiencia de la planta, pero puede resultar difícil lograrlo. No obstante se han encontrado variedades híbridas de otras razas que se acercan a esta situación (Tetio-Kagho y Gardner 1988a,b). El achaparramiento de la planta brinda buenos resultados con otras variedades (CIMMYT 1986); sin embargo puede acarrear problemas de fecundación (Dungan *et al.* 1958; Giesbrecht 1969). En cuanto a la segunda, se aconseja promover una frecuencia mayor de plantas con dos o más mazorcas en baja densidad para su manejo en policultivo.

En cualesquiera de estos casos, el mejoramiento genético debe realizarse con cautela para evitar la pérdida de otras características apreciadas por el agricultor. Quizás resulte más factible, en el corto plazo, generar o promover prácticas de manejo que propicien el desarrollo de plantas más pequeñas y eficientes (arreglos y densidades, fecha de siembra, fecha de fertilización o abono, selección de tamaño de semilla, desespigue, doblado, defoliación selectiva, otros). En estos casos, deberían considerarse otros efectos agroecológicos y económicos de dichas prácticas.

LITERATURA CITADA

- BATSCHLET, E. 1979. Introduction to mathematics for life scientists. New York, Springer Verlag. 634 p.
- BROUGHAM, R. W. 1956. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. Australian Journal of Agricultural Research 9:39-52.
- BUREN, L. L.; MOCK, J. J.; ANDERSON, I. C. 1974. Morphological and physiological traits in maize associated with tolerance to high plant density. Crop Science 14:426-429.
- CARMER, S. G.; JACKOBS, J. A. 1965. An exponential model for predicting optimum plant density and maximum corn yield. Agronomy Journal (57):241-244.
- CHARLES-EDWARDS, D. A. 1982. Physiological determinants of crop growth. London, Academic Press. 161 p.
- CIMMYT (CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO) 1986. Mejoramiento de la excelencia: Logros en el mejoramiento con la raza Tuxpeño. Méx., D.F. 24 p.
- COLVILLE, W. L. 1962. Influence of rate and method of planting on several components of irrigated corn yield. Agronomy Journal 54:297-300.
- CROSS, H. Z. 1977. Interrelationships among yield stability and yield components in early maize. Crop Science 17:741-745.
- DUNCAN, W. G. 1958. The relation between corn population and yield. Agronomy Journal 50:82-84.
- DUNCAN, W. G.; HESKETH, J. D. 1968. Net photosynthetic rates, relative leaf growth rates and leaf numbers of 22 races of maize grown at eight temperatures. Crop Science 8:670-674.
- DUNCAN, W. G. 1983. Maíz. In Fisiología de los cultivos. L. T. Evans (Ed.) Hemisferio Sur. 402 p.
- DUNGAN, G. H.; LANG, A. L.; PENDLETON, J. W. 1958. Corn plant population in relation to soil productivity. Advances in Agronomy 10:435-474.
- ELSAHOOKIE, M. M.; WASSON, C. E. 1984. Moisture regime and plant density effects on yield, yield efficiency and other agronomic traits of several hybrids of corn (*Zea mays* L.). Iraqi Journal of Agricultural Sciences Zanco 2:29-42.
- ESPINOZA-PAZ, N. 1985. Rendimiento de grano y componentes del rendimiento de tres variedades de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Chapingo, Méx., Colegio de Postgraduados. 117 p.
- EVANS, G. C. 1972. The quantitative analysis of plant growth. London, Blackwell Scientific. 734 p.
- FÉLIX-VALENCIA, P. 1986. Patrón y análisis del crecimiento de tres variedades de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría en Ciencias. Chapingo, Méx., Colegio de Postgraduados. 135 p.
- GARCÍA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM, Méx., Instituto de Geografía. 246 p.
- GARCÍA-BARRIOS, L.; SOTO, L.; POOL, L.; MEZA, S. 1991. Efectos agroecológicos de la roturación del

- suelo y la rotación pastizal-cultivo en los sistemas de producción de maíz del carst chamula, Altos de Chiapas, Méx. *Agroecología Neotropical* 2(1):14-22.
- GARCIA-BARRIOS, L.; KOHASHI, J. s.f. Fenología, crecimiento y componentes del rendimiento de un maíz criollo (*Zea mays* L. raza Olotón) de Los Altos de Chiapas cultivado bajo condiciones ambientales favorables. CIES (Sin publicar)
- GARCIA-BARRIOS, L. s.f. Fenótipos de maíz: Eficiencia del rendimiento y aptitud para el policultivo. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste (CIES)
- GARCIA-BARRIOS, L.; ALEMAN, T.S.; PARRA, M.R. s.f. Estudio exploratorio de los factores que determinan el rendimiento de grano en el sistema de producción anual de maíz en el área agropecuaria intensiva de la subregión San Cristóbal. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste (CIES) (Sin publicar).
- GIESBRECHT, J. 1969. Effect of population and row spacing on the performance of four corn (*Zea mays* L.) hybrids. *Agronomy Journal* 62:439-441.
- GONZALEZ, V.; ORTIZ, J.; MENDOZA, L. 1984. Rendimiento del maíz y sus componentes de respuesta a diversas prácticas culturales y criterios de selección. Chapingo, Méx., Colegio de Postgraduados. *Agronomía* 58:101-112.
- HARRIS, R.E.; MOLL, R.H.; STUBER, C.V. 1976. Control and inheritance of prolificacy in maize. *Crop Science* 16:843-850.
- HIGGINS, G.M. 1978. Report on the agroecological zones project: Methodology and results for Africa. *World Soil Resources Reports* FAO 48(1):168.
- HUERTA, N.R. 1969. Influencia de la densidad de población, distancia entre surcos y dosis de nitrógeno sobre el rendimiento y otras características de los híbridos H-125 y H-129 en Chapingo, Méx. Tesis de Maestría en Ciencias. Chapingo, Méx., Colegio de Postgraduados. 97 p.
- HUNT, R. 1982. Plant growth curves: The functional approach to plant growth analysis. A. Edwards (Ed.) U.K. 247 p.
- KARIM, M.; BABSH, A.; SHAN, P. 1983. Effects of plant population, nitrogen application and irrigation on yield components of synthetic-66 maize. *Journal of Agricultural Research* p. 57-69.
- LENG, E.R. 1954. Effects of heterosis on the major components of grain yield in corn. *Agronomy Journal* 46:502-505.
- MARQUEZ, G.A. 1989. Efecto de la competencia intraespecífica en la fenología, crecimiento y rendimiento de *Zea mays* L. raza Olotón. Tesis de Licenciatura en Biología. Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Instituto de Ciencias y Artes.
- MILBOURN, G.M.; TILEY, G.E.D.; CARR, M.K.V. 1978. Planting density for grain maize in southeast England. *Experimental Agriculture* 14:261-268.
- MILTHORPE, F.L.; MOORBY, J.L. 1975. An introduction to crop physiology. Cambridge University Press. 201 p.
- OTTOMAN, M.J.; WELCH, L.F. 1989. Planting patterns and radiation interception: Plant nutrient concentration, and yield in corn. *Agronomy Journal* 81:167-174.
- PEDRIZCO, R.M. 1965. Características foliares en maíz, relacionadas con precipitación y altura sobre el nivel del mar. Tesis de Maestría en Ciencias. Chapingo, Méx., Colegio de Postgraduados. 123 p.
- PRIOR, C.L.; RUSSELL, W.A. 1975. Yield performance of nonprolific and prolific maize hybrids at six plant densities. *Crop Science* 15:482-486.
- RADFORD, P.J. 1967. Growth analysis formulas: Their use and abuse. *Crop Science* 7:171-175.
- RAMIREZ, J.L. 1977. Efecto de la eliminación de órganos sexuales sobre el rendimiento del maíz. Tesis de Licenciatura. Chapingo, Méx., ENA. 126 p.
- RAMIREZ, J.L. 1985. Análisis de crecimiento y componentes del rendimiento de los híbridos de maíz H-30 y H-31 y de sus progenitores. Tesis de Maestría en Ciencias. Chapingo, Méx., Colegio de Postgraduados. 181 p.
- SANCHEZ, L.A.; GIRALDO, L.F.; COCK, J.H. 1983. Crecimiento de maíz *Zea mays* L. en función del índice de área foliar y fertilización. *Acta Agronómica* 33(2): 5-15.
- SOKAL, R.R.; ROHLF, J.F. 1981. Biometry: The principles and practice of statistics in biological research. 2nd edition. San Francisco, Freeman. 861 p.
- STINSON, H.T. JR.; MOSS, D.N. 1960. Some effects of shade upon corn hybrids tolerant and intolerant to dense planting. *Agronomy Journal* 52:482-484.

- TANAKA, A.; YAMAGUCHI, J. 1977. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz. 1a ed. Chapingo, Méx., Colegio de Postgraduados. Rama Botánica. 124 p.
- TETIO-KAGHO, F.; GARDNER, F.P. 1988a. Response of maize to plant population density. I. Canopy development, light relationships, and vegetative growth. *Agronomy Journal* 80(6):930-935.
- TETIO-KAGHO, F.; GARDNER, F.P. 1988b. Response of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustments. *Agronomy Journal* 80(6):935-940.
- TOLLENAR, M.; BRUUSELMA, T.W. 1988. Efficiency of dry matter production during periods of complete leaf area expansion. *Agronomy Journal* 80(4):580-585.
- WELLHAUSEN, E.J.; ROBERTS, L.M.; HERNANDEZ, E. 1951. Razas de maíz en México: Su origen, características y distribución. Méx. D.F. O.E.E./S.A.G. Folleto Técnico no. 5. 28 p.
- WILLIAMS, W.A.; LOOMIS, R.S.; LEPLEY, C.R. 1965. Vegetative growth corn as affected by population density. II. Components of growth, net assimilation rate and leaf area index. *Crop Science* 5:215-219.
- WILLIAMS, W.D.; LOOMIS, R.S.; DUNCAN, W.G.; DOVRAT, A.; NÚÑEZ, F. 1968. Canopy architecture at various population densities and the growth and grain yield of corn. *Crop Science* 8:303-388.
- WILSON, J.H.; ALLISON, J.C.S. 1978. Effect of plant population on ear differentiation and growth in maize. *Annals of Applied Biology* 90:127-132.
- WILLEY, R.W.; HEATH, S.B. 1969. The quantitative relationships between plant population and crop yield. *Advances in Agronomy* 21:281-321.
- ZAR, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall. 718 p.

RESEÑA DE LIBROS

SOIL BIOCHEMISTRY. 1992. G. Stotzky, Jean-Marc Bollag (Eds.). New York, M. Dekker. v. 7, 416 p.

Este séptimo volumen, como los anteriores, familiariza a los lectores sobre varios aspectos novedosos de la bioquímica de suelos.

El rápido desarrollo y actividad actual de los procesos en la bioquímica se deben a la preocupación sobre su efecto en la salud ambiental del suelo. Sin duda alguna, cada año se introducen más sustancias químicas, tanto orgánicas como inorgánicas en los suelos, sea para fomentar la degradación de estas sustancias, sea para fomentar la fertilidad. Es necesario lograr una mejor comprensión de los procesos bioquímicos en los suelos.

En este volumen se discuten numerosos tópicos que incluyen los últimos adelantos acerca del entendimiento de la bioquímica del azufre en suelos, de los

procesos referentes a la formación de humus en condiciones templadas, del comportamiento de hongos nematófagos, de la aplicación de técnicas moleculares a la bioquímica de suelos, de la extracción de enzimas de suelos, de los factores que afectan el movimiento de microorganismos en suelos y su interacción con los minerales.

Los autores de los diversos capítulos son reconocidos internacionalmente; y su lectura requiere un adecuado conocimiento de la bioquímica y la microbiología de suelos. Se incluyen amplias bibliografías que permitirán una mayor profundización en los nuevos campos discutidos en esta publicación.

Se recomienda para los investigadores de la ecología y agrónomos interesados en la bioquímica del suelo.

ELEMER BORNEMISZA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Evaluación de la Actividad Biológica de Distintos Brasinosteroides¹

A.R. Salinas*, M.S. Pabelo**,
S.R. Feldman***, F. Nakayama****

ABSTRACT

Brassinosteroids are structural analogues of a hormone isolated from lipoidal extract of rape (*Brassica napus* L.) pollen. This product has been shown to promote plant growth and is of interest because of its various applications in agronomy. Effects of three brassinosteroids, homobrassinolide (HoBr), epihomobrassinolide (EHoBr), and epihomocasterone (EHoC) in auxins, gibberellin and cytokinin bioassays are presented. The three products elicited different responses according to the tested species and among products. Brassinosteroids were highly active in the bending of second leaf lamina of dwarf rice seedlings, HoBr being the most effective. To a lesser extent, HoBr and EHoBr elicited gibberellin-like activity in a bean seedling bioassay. EHoC was ineffective in promoting callus growth in soybean cotyledons, and was inhibitory at high concentrations.

Palabras-clave: Brasinólidos, bioensayos-brasinólidos, epihomocasterona, epihomobrasinólido, homobrasinólido.

RESUMEN

Los brasinosteroides son análogos estructurales de una hormona aislada a partir de extractos de polen de *Brassica napus* L. Este producto evidenció un efecto promotor sobre el crecimiento vegetal y despertó interés por sus posibles aplicaciones en la agronomía. Se presentan en este trabajo los resultados del efecto de tres brasinosteroides: homobrasinólido (HoBr), epihomobrasinólido (EHoBr) y epihomocasterona (EHoC) en bioensayos para auxinas, giberelinas y citocininas. Los productos mostraron una respuesta diferencial según la especie y entre productos. En el bioensayo correspondiente a la inclinación de la lámina de la segunda hoja de arroz, los brasinosteroides probados mostraron una fuerte actividad auxínica en el siguiente orden decreciente: HoBr, EHoBr, EHoC. El HoBr y el EHoBr, en menor medida, manifestaron actividad tipo giberelínica en el bioensayo de plántulas de frijol o "poroto". La EHoC no tuvo un efecto promotor sobre el crecimiento de callos de cotiledones de soja, sensibles a las citocininas y fue inhibitoria en concentraciones altas.

INTRODUCCIÓN

Mitchell *et al.* (1970) descubrieron una nueva hormona, presente en los extractos de polen de *Brassica napus* L. (nabo), con una fuerte actividad promotora del crecimiento vegetal. Una simple aplicación de 10 µg de extracto a un entrenudo joven de *Phaseolus vulgaris* L. cv. Pinto promovió el

alargamiento y engrosamiento del nudo tratado y del contiguo superior por una mayor división y agrandamiento celular (Worley y Mitchell 1971). Asimismo se observó un efecto sobre el crecimiento general de la planta, cuando se asperjaron plántulas de *Ulmus pumila* L. (olmo) (Mitchell *et al.* 1970) con el mismo extracto. En la bibliografía se menciona que posee actividad tipo auxina (Yopp *et al.* 1981), citocinina (Mandava *et al.* 1981) y giberelina (Yopp *et al.* 1979). Sin embargo, los bioensayos que muestran mayor sensibilidad se basan en la prueba del alargamiento del segundo entrenudo de *P. vulgaris* cv. Pinto y de la inclinación de la lámina de la segunda hoja de *Oryza sativa* L. (arroz) (Maeda 1965; Miller 1965).

Los brasinólidos mostraron un efecto promotor sobre el crecimiento de tejidos jóvenes en alargamiento, al variar la expresión de la respuesta en forma secuencial según la especie, como auxinas, giberelinas y citocininas (Sasse 1985). Según Eun *et al.* (1989), los brasinólidos provocaron un incremento del peso fresco de segmentos etiolados de *Cucurbita máxima* Duch. (calabaza), al promover un aumento de la concentración de ácido indolacético (AIA) y una disminución del

1 Recibido para publicar el 17 de julio de 1992. Los autores agradecen al doctor Baniel Bustos del Instituto de Química Orgánica de Síntesis (IQUIOS), Arg., por brindar los brasinosteroides sintetizados por él, y al ingeniero agrónomo Eligio N. Morandi, por su aporte a la discusión de los resultados. Las sugerencias del revisor mejoraron la versión final de este trabajo.

* Profesor Adjunto de Ecofisiología Vegetal; Facultad de Ciencias Agrarias; Investigador del Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Rosario (CIUNR); C. C. 14 (2123), Zavalla (Santa Fe), Arg.

** Docente de Horticultura; Facultad de Ciencias Agrarias; Investigador del CIUNR, Arg.

*** Profesora Adjunta de Biología General; Facultad de Ciencias Agrarias; Investigador del CIUNR, Arg.

**** Profesor Titular de Ecofisiología Vegetal; Facultad de Ciencias Agrarias; Investigador Independiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Arg.

contenido de ácido abscísico (ABA). Además retardaron la abscisión de explantes de hoja y fruto en crecimiento de *Citrus madurensis* Lour. (calamondín), así mostraron mayor efecto que el AIA (Iwahori *et al.* 1990).

La estructura química del compuesto responsable de la promoción del crecimiento resultó ser un esteroide con una lactona en el anillo B y una cadena lateral asimétrica (2 a - 3 a - 22 a - 23 a tetrahidroxi - 24 a meti - β - homo - 7 oxa - 5 a colestano - 6 - ona), que se designa brasinólido (Frankland y Wareing 1960).

Posteriormente se aislaron compuestos con estructuras y propiedades fisicoquímicas y biológicas semejantes, a partir de las producidas por insectos en *Castanea sativa* L. (castaño) (Yokota *et al.* 1982), de hojas de *Thea sinensis* L. (camellia) (Okada y Mori 1983) y de semillas inmaduras de *Dolichos lablab* L. (chicharo o poroto de Egipto) (Baba *et al.* 1983). En todos los casos, los compuestos aislados se encontraron en microgramos por kilogramos de material fresco procesado. Schmidt *et al.* (1991) sostienen que la castasterona es un precursor metabólico de la síntesis del brasinólido en semillas de *Raphanus sativus* L. (rabanito).

A partir de 1991, se comenzó con la síntesis de análogos estructurales y se observaron diferencias en la actividad biológica relacionadas con variaciones en la configuración espacial y con los sustituyentes de la cadena lateral (brasinoesteroides) (Okada y Mori 1983; Takatsuto *et al.* 1983; Tizio 1980; Thompson *et al.* 1982).

Por sus pronunciados efectos sobre el crecimiento vegetal, estos compuestos tendrían promisorias perspectivas para el uso agrícola. Debido a ello, en el IQUIOS se encaró las síntesis de tres análogos estructurales del brasinólido: Epihomocastaterona (EH_0C), epihomobrasinólido (EH_0Br) y homobrasinólido (H_0Br), a partir del estigmasterol (Bustos 1986). Ese compuesto reúne dos ventajas: por su estructura, permite una economía de pasos en la ruta sintética; y es económicamente accesible al estar presente en el aceite de soja (12%-25% de la porción que no admite saponificación del aceite) (Bustos 1986). En este trabajo, se discutirá la respuesta biológica de EH_0Br y H_0Br frente a bioensayos para giberelinas, auxinas y citocininas.

MATERIALES Y METODOS

Bioensayo para giberelinas

Prueba del alargamiento del segundo entrenudo en plántulas de *Phaseolus vulgaris* cv. Pinto (Mitchell y Livingston 1973)

Plántulas de 'Pinto', seleccionadas por homogeneidad, se trataron mediante la aplicación unilateral sobre el segundo entrenudo con un desarrollo aproximado de 1 mm de longitud, con 10 μg del producto incorporado en 200 μg de lanolina. Los testigos se trataron sólo con lanolina.

Los experimentos con EHOc que incluyeron 12 líneas de 'Pinto' no mostraron diferencias estadísticas respecto del testigo, por lo que el EHOc fue excluido de los posteriores experimentos de este bioensayo.

Se utilizó un diseño estadístico de bloques completos al azar con seis repeticiones; se compararon los efectos del H_0Br , EH_0Br y del ácido giberélico (AG_3), bajo condiciones ambientales naturales. Las variables consideradas fueron la longitud del segundo y del tercer entrenudo, el número de nudos por planta y la longitud total del tallo principal, determinadas diariamente durante 12 días.

En otro experimento similar, conducido en cámara de crecimiento con luz fluorescente (blanco níveo), se compararon los efectos del H_0Br y EH_0Br en dos líneas de 'Pinto' (NI 038/1 y A 68) y se determinaron la longitud, el diámetro mayor, el peso fresco y el volumen del segundo entrenudo, la longitud del tercer entrenudo, el número de entrenudos por planta y la longitud total del tallo.

Prueba del alargamiento de hipocótilos de plántulas de *Lactuca sativa* L. (Frankland y Wareing 1960)

Esta prueba se realizó para detectar la actividad del tipo giberelina de EHOc , pues no hubo evidencia de ella al utilizar el bioensayo con 'Pinto'.

Las plántulas de lechuga cv. Gran Rapid, crecidas en cajas de Petri durante 48 h en la oscuridad a 25°C, fueron seleccionadas por uniformidad en la longitud de radículas (6 mm - 8 mm). Las plántulas se incubaron durante 5 d a 25 °C, bajo luz fluorescente, en solución de malato de potasio 2.5 mM con 5 µg/ml, 0.5 µg/ml, 0.005 µg/ml y 0 µg/ml de EHoC ó 10 µg/ml de AG₃.

Se utilizó un diseño estadístico completamente aleatorio con 10 repeticiones por tratamiento; al quinto día se midió la longitud de los hipocótilos.

Bioensayo para auxinas

Prueba de la inclinación de la lámina de la segunda hoja de plántulas de *Oryza sativa* (Maeda 1965)

El bioensayo de la inclinación de la lámina de la segunda hoja de arroz fue desarrollado como sistema para estudiar la actividad auxínica. Como se comprobó su especificidad y alta sensibilidad para ultramicrocantidades de brasinoesteroides (Michell *et al.* 1970), la mayoría de los investigadores japoneses lo adoptaron para evaluar la actividad de tipo brasinólido.

Las plántulas de arroz cv. Koshihikari, crecidas en la oscuridad durante 6 d a 30 °C en bandejas con vermiculita, fueron seleccionadas por uniformidad y se les extrajo, bajo luz rojo-amarilla, segmentos de la segunda hoja, que comprendían 1 cm de vaina y 1 cm de lámina. Los segmentos de hojas se incubaron 24 h en agua destilada, en la oscuridad, a 30 °C; luego, durante 48 h en solución buffer de malato de potasio 2.5 mM con uno de los tres brasinoesteroides mencionados. Se comparó su actividad al medir el ángulo descrito por la lámina en las concentraciones de 5 µg/ml, 0.5 µg/ml, 0.05 µg/ml y 0 µg/ml en un diseño estadístico de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones.

Prueba del crecimiento recto de coleóptilos de *Triticum aestivum* L. (Tizio 1980)

Se seleccionaron plántulas de trigo cv. INTA Victoria, crecidas en la oscuridad durante 72 h a 25°C en bandejas con vermiculita, por coleóptilos de 30 mm de longitud. Bajo luz roja se eliminó 1 mm del ápice del coleóptilo y se tomaron 5 mm subapicales. Estos

segmentos se incubaron en solución acuosa de 5 µg/ml, 0.5 µg/ml, 0.05 µg/ml y 0 µg/ml de EHoC ó 10 µg/ml de AIA, durante 24 h a 25 grados centígrados.

Se evaluó el efecto de los tratamientos midiendo el alargamiento producido en las secciones de coleóptilos. Con ese fin, se usó un diseño estadístico completamente aleatorio.

Bioensayo para citocininas

Prueba del crecimiento de callos de cotiledones de *Glycine max* L. (Miller 1965)

Se cultivaron *in vitro* callos de cotiledones de soja cv. Acme, sensibles a los niveles de citocininas en el medio de cultivo, sobre el medio de mantenimiento, solución mineral de Miller con 100 mg/l de inositol, 0.5 mg/l de ácido nicotínico, 0.1 mg/l de piridoxina-HCl, 0.1 mg/l de ácido naftil-acético, 0.5 mg/l de cinetina, 30 g/l de sacarosa y 10 g/l de agar pH 5.8. En un experimento se agregó EHoC a este medio de mantenimiento en concentraciones de 1 µg/ml, 0.5 µg/ml, 0.05 µg/ml y 0 µg por mililitro. Se midió el aumento del peso fresco de los callos a los 21 días. Se realizó con un diseño estadístico completamente aleatorio con 10 repeticiones.

En otro experimento, se comparó el crecimiento de los callos sobre los siguientes tratamientos: medio de mantenimiento, mismo medio con el agregado de 4 µg/ml de EHoC, medio basal sin cinetina ni EHoC, medio basal sin cinetina y con 4 µg/ml de EHoC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bioensayos para giberelinas

El bioensayo del alargamiento del segundo entrenudo de 'Pinto' fue originalmente desarrollado para evaluar la actividad giberelínica (Mitchell y Livingston 1973). Hasta el presente, este fue adoptado por el grupo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA), en Beltsville, para este novel grupo de reguladores vegetales, por haberse constatado que los brasinoesteroides producen efectos específicos distintos de cualquier otro regulador conocido (Wada *et al.* 1981).

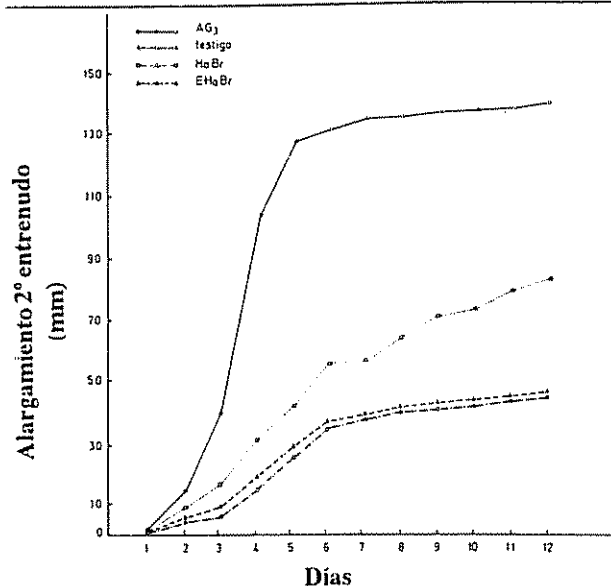


Fig. 1. Alargamiento del segundo entrenudo de plántulas de *P. vulgaris* cv. Pinto ante la aplicación de homobrasinólido (HoBr), lepihomobrasinólido (EHoBr) y ácido giberélico (AG₃).

En la Fig. 1 y el Cuadro 1 se muestra cómo el modelo de respuesta difiere entre los reguladores ensayados. Aun el HoBr, el más activo de los dos brasino-

esteroides probados, produjo una menor tasa de alargamiento (Fig. 1) y longitud total del entrenudo tratado (Cuadro 1) en relación con el ácido giberélico. El alargamiento fue acompañado de un engrosamiento (Cuadro 2) y una leve curvatura en la parte media y superior del entrenudo, por el incremento de la división y el agrandamiento celular.

Este efecto es característico de estos compuestos (Frankland y Wareing 1960) y distinto del de las giberelinas. El HoBr difiere del brasinólido natural en que el grupo metilo del C24 es sustituido por un etilo como única variante, que conduce a una menor actividad sobre el segundo entrenudo de 'Pinto' (Thompson *et al.* 1982).

El proceso de alargamiento del segundo entrenudo de 'Pinto' no se observó con EHoBr tanto con luz natural como con luz fluorescente (Fig. 1, cuadros 1 y 2), pero sí el engrosamiento característico (Cuadro 2). El EHoBr difiere del brasinólido natural por el grupo etilo en el C24 y por una trans-orientación de los OH en C22 y C23, en lugar de la cis-orientación del natural. El efecto del HoBr, como el del EHoBr sobre el alarga-

Cuadro 1. Efecto del homobrasinólido (HoBr), epihomobrasinólido (EHoBr) y ácido giberélico (AG₃) sobre algunos parámetros vegetativos en plántulas de *P. vulgaris* cv. Pinto a los 12 días del tratamiento.

Tratamientos	Parámetros evaluados	Longitud promedio 2º entrenudo (mm)	Longitud promedio 3º entrenudo (mm)	Longitud total tallo principal (mm)	Entrenudos del tallo principal (núm.)
AG ₃		143.0 a	129.0 a	570.5 a	7.8 a
HoBr		84.3 b	44.6 b	103.9 b	5.8 b
EHoBr		47.0 c	41.0 b	86.1 b	5.0 c
Testigo		45.1 c	35.4 b	76.2 b	4.7 c

Nota: Para cada parámetro evaluado, los valores seguidos de igual letra no difieren del 5% (Duncan)

Cuadro 2. Efecto de HoBr y EHoBr sobre distintos parámetros evaluados en plántulas de dos líneas de *P. vulgaris* cv. Pinto a los 12 días del tratamiento.

Líneas	Tratamientos	Longitud 2º entrenudo (mm)	Diámetro mayor 2º entrenudo (mm)	Longitud x 3º entrenudo (mm)	Longitud total del tallo principal (mm)	Peso fresco 2º entrenudo (g)	Volumen x 2º entrenudo (cc)
NI 038/1	Testigo	51.00 bc	1.79 c	22.29 a	99.14 ab	0.13 c	0.13 b
	HoBr	100.00 a	3.29 b	15.86 a	127.42 a	0.39 a	0.41 a
	EHoBr	60.00 b	4.64 a	9.57 b	77.14 b	0.20 b	0.22 b
A 68	Testigo	47.40 c	2.07 c	17.43 a	70.00 b	0.15 b	0.17 b
	HoBr	68.30 b	3.21 b	5.86 b	75.10 b	0.27 a	0.28 a
	EHoBr	47.60 c	5.36 a	12.57 ab	66.90 b	0.21 ab	0.25 ab

Nota: Dentro de cada línea y para cada parámetro evaluado, valores seguidos de igual letra no difieren del cinco por ciento

miento del segundo entrenudo, no se transmitió al tercer entrenudo (Cuadro 2); así lo observaron también Worley y Mitchell (1971). Por el contrario hubo una inhibición del crecimiento diferencial según el cultivar y el producto. La longitud total del tallo no se vio afectada por los tratamientos (Cuadro 2); la línea NI 038/1 mostró mayor altura que la línea A 68. Probablemente hubo alteraciones en el sistema vascular, y el pulvínulo de la tercera hoja engrosó respecto del testigo; por eso, se redujo el tamaño del limbo foliar.

El HoBr fue el producto que promovió, en mayor medida, un aumento del peso fresco y del volumen del segundo entrenudo en ambas líneas probadas (Cuadro 2).

De los resultados obtenidos en el bioensayo del alargamiento del hipocótilo de las plántulas de lechuga (Fig. 2), se desprende que el EHoC no tiene acción giberelina. Por el contrario, la mayor concentración resultó inhibitoria sobre el alargamiento del hipocótilo respecto del testigo; sin embargo, los valores obtenidos con las menores concentraciones no fueron diferentes de los del testigo.

Bioensayo para auxinas

La actividad determinada en los brasinoesteroides sintetizados en IQUIOS, mostró que los tres compuestos fueron activos (Cuadro 3) en concentraciones menores que las citadas por la bibliografía (Maeda 1965; Takatsuto *et al.* 1983).

Contrario a lo sucedido en los bioensayos para giberelinas, la actividad comprobada para EHoC fue relativamente alta en este ensayo; también sucedió lo mismo respecto a los valores obtenidos por Takatsuto *et*

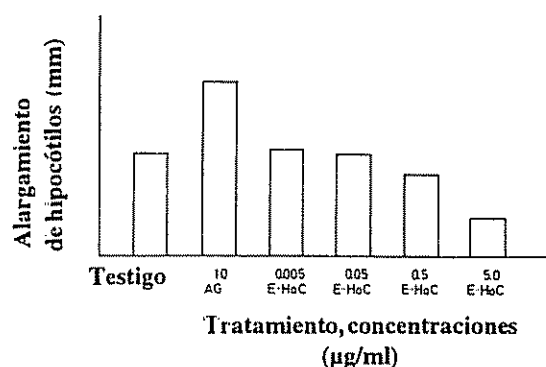


Fig. 2. Efecto del epi-homocasterona (EHOc) y del ácido giberílico (AG₃) sobre el alargamiento de hipocótilos de lechuga.

al. (1983). Estas diferencias podrían atribuirse a que se utilizan distintos genótipos de arroz.

El efecto promotor sobre la inclinación de la lámina de la segunda hoja de arroz fue mayor en los tratamientos de 0.5 µg/ml y 0.05 µg/ml, próximos a la saturación en la solución acuosa de los productos; los efectos producidos no fueron mayores, probablemente por ser una concentración inhibitoria o saturación de la respuesta (Tizio 1980).

Al evaluarse la actividad de EHoC en la prueba del crecimiento recto de los coleótilos de trigo en bioensayos específicos de auxinas, se constató que este brasinoesteroide promovió el alargamiento (Cuadro 4). No obstante, su efecto, en la mayor concentración, 5 µg/ml, fue sólo la tercera parte del provocado por 10 µg/ml AIA.

Cuadro 3. Efecto de HoBr, EHoBr y EHoC sobre la inclinación de la lámina de la segunda hoja de plántulas de *O. sativa* cv. Koshihikari.

Concentración (µg/ml)	Angulo de inclinación descrito por la lámina (grados)			Incremento en la inclinación con respecto del testigo (%)		
	HoBr	EHoBr	EHoC	HoBr	EHoBr	EHoC
0	111.0 c	111.0 c	111.0 c			
5	157.1 ab	146.1 b	140.9 b	41.5	31.6	26.9
0.5	174.4 a	167.7 a	151.3 b	57.1	51.1	36.3
0.05	169.6 a	158.8 ab	143.4 b	52.8	43.1	29.2

Nota: Para cada producto, valores seguidos de igual letra no difieren del 5% (Duncan)

Cuadro 4. Efecto de EHoC y AIA sobre el alargamiento de secciones de coleóptilos de trigo.

Tratamiento ($\mu\text{g/ml}$)	Longitud final de secciones de coleóptilo (mm)	Aumento de longitud respecto de testigos (%)
0	11.2 c	
10 AIA	12.9 a	15
5 EHoC	11.8 b	5
0.5 EHoC	11.5 b	2
0.05 EHoC	11.2 c	-

Nota: Valores seguidos de igual letra no difieren del 5% (Duncan)

Cuadro 5. Efecto de EHoC sobre el aumento de peso fresco de callos de cotiledones de soja, en un medio de Miller completo.

EHoC ($\mu\text{g/ml}$)	Aumento de peso fresco a los 21 días (miligramos por callo)
0	551.5 a
0.05	510.4 a
0.5	488.0 a
1.0	514.0 a

Nota: Valores seguidos de igual letra no difieren del 5% (Duncan)

Cuadro 6. Efecto de la EHoC y cinetina (Cin) sobre el aumento de peso fresco de callos de cotiledones de soja en un medio de Miller sin cinetina.

Tratamiento	Aumento de peso fresco (miligramo por callo)
0 Cin + 0 EHoC	90.1 b
0.5 $\mu\text{g/ml}$ Cin + 4.0 $\mu\text{g/ml}$ EHoC	91.7 b
0.5 $\mu\text{g/ml}$ Cin	227.5 a
0 Cin + 4.0 $\mu\text{g/ml}$	59.6 c

Nota: Valores seguidos de igual no difieren del 5% (Duncan)

Bioensayos para citocininas

El agregado de EHoC hasta 1 $\mu\text{g/ml}$ en el medio de mantenimiento de Miller, que contenía cinetina, no tuvo efecto alguno sobre el crecimiento de callos de cotiledones de soja en cultivo *in vitro* (Cuadro 5). En

concentraciones de 4 $\mu\text{g/ml}$ de EHoC, el efecto fue marcadamente inhibitorio (Cuadro 6). Los callos adquirieron una coloración oscura, en lugar del color blanquecino característico. Este efecto no fue contrarrestado por la cinetina.

La ausencia de actividad tipo citocinina fue evidente en este bioensayo y coincidió con los resultados hallados por Mandava *et al.* (1981) en el bioensayo de expansión del epicótilo de arveja enana y de síntesis en oscuridad de la betacianina, en hojas de *Amaranthus* (Mandava 1988).

CONCLUSIONES

De los tres brasinoesteroides probados, sólo HoBr mostró una actividad similar al AG_3 que favorece la división y la elongación celular. El escaso efecto promotor del EHoBr se vió afectado por el genotipo del material utilizado. Las diferencias estructurales entre EHoC y HoBr, un grupo etilo en C24, los OH con trans-orientación en C22 y C23 y la carencia de la unión lactonia del anillo β (Thompson *et al.* 1982) determinarían la falta de actividad de la misma.

El comportamiento evidenciado por HoBr, EHoBr y EHoC en los bioensayos de arroz y de trigo fue similar al de las auxinas y podría atribuirse al aumento en la concentración de AIA por una modificación en la velocidad de la biosíntesis y el transporte de AIA (Eun *et al.* 1989); también, al descenso del pH en el nivel de la pared celular, que favoreció la disminución de la rigidez de la pared. Así se tuvo, probablemente, una vía de acción diferente a la del AIA (Miller 1965; Takatsuto *et al.* 1983).

El efecto inhibitorio en altas concentraciones de EHoC sobre los callos de cotiledones de soja, podría deberse a una promoción de la senescencia, tal como Mandava *et al.* (1981) observaron al trabajar con explantes de *Rumex obtusifolius*.

Dentro del grupo estudiado, el HoBr fue el que manifestó mayor efecto promotor del crecimiento, ya que fueron evidentes las actividades auxínica y giberélica; por lo tanto sería interesante probar su efecto sobre especies sensibles a tratamientos con estos reguladores (vid, tomate, pimiento, alcachofa, apio y *Citrus*).

LITERATURA CITADA

- ABE, H; NAKAMURA, K; MORISHITA, T; UCHIYAMA, M.; TAKATSUTO, S.; IKEKAWA, N. 1984. Endogenous brassinosteroids of rice plant: Castasterone and dolichosterone. *Agricultural and Biological Chemistry* 48(4):1103-1104.
- BABA, J.; YOKOTA, T.; TAKAHASHI, N. 1983. Brassinolide-related new bioactive steroids from *Dolichos lablab* seed. *Agricultural and Biological Chemistry* 47(3):695-661.
- BUSTOS, D A. 1986. Síntesis de brasinoesteroides: Análisis de la reacción de adición electrofílica al doble enlace C22, C23 de estigmasterol. Tesis Doctoral UNR, Departamento de Química Orgánica/IQUIOS. 322 p.
- EUN, J.; KURAISHI, S.; SAKURAI, N. 1989. Changes in levels of auxin and abscisic acid and the evolution of ethylene in squash hypocotyls after treatment with brassinolide. *Plant and Cell Physiology* 30(6):807-810.
- FRANKLAND, B.; WAREING, P F. 1960. Effect of gibberellic acid on hypocotyl growth of lettuce seedlings. *Nature* 185: 255-256.
- GROVE, M D.; SPENCER, G F.; ROHWEDDER, W. K.; MANDAVA, N.; WORLEY, J. F.; WARTHEN, J. D.; STEFFENS, G. L.; FLIPPEN-ANDERSON, J. L.; COOK, J. C. 1979. Brassinolide: A plant growth-promoting steroid isolated from *Brassica napus* pollen. *Nature* 281:216-217.
- IWAHORI, S.; TOMINAGA, S.; HIGUCHI, S. 1990. Retardation of abscission of citrus leaf and fruitlet explants by brassinolide. *Plant Growth Regulation* 9:119-125.
- MAEDA, E. 1965. Rate of lamina inclination in excised rice leaves. *Physiologia Plantarum* 18:813-827.
- MANDAVA, N. B.; SASSE, J. M.; YOPP, J. H. 1981. Brassinolide: A growth-promoting steroidal lactone. II. Activity in selected gibberellin and cytokinin bioassays. *Physiologia Plantarum* 53:453-461.
- MANDAVA, N. B. 1988. Plant growth promoting brassinosteroids. *Annual Review of Plant Physiology* 39:23-52.
- MILLER, C. 1965. Evidence for the natural occurrence of zeatin and derivatives: Compounds from maize which promote cell division. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 54(4):1052-1058.
- MITCHELL, J. W.; MANDAVA, N.; WORLEY, J. F.; PLIMMER, J. R. 1970. Brassins: A new family of plant hormones from rape pollen. *Nature* 225:1065-1066.
- MITCHELL, J. W.; GREGORY, L. E. 1972. Enhancement of overall plant growth: A new response to Brassins. *Nature New Biology* 239:253-254.
- MITCHELL, J. W.; LIVINGSTON, G. A. 1973. Métodos para el estudio de hormonas vegetales y sustancias reguladoras del crecimiento. Méx., Trillas.
- MORICHITA, T.; ABE, H.; UCHIYAMA, M.; MARUMO, S.; TAKATSUTO, S.; IKEKAWA, N. 1983. Evidence for plant growth promoting brassinosteroids in leaves of *Thea sinensis*. *Phytochemistry* 22(4):1051-1053.
- OKADA, K.; MORI, K. 1983. Synthesis of brassinolide analogs and their plant growth-promoting activity. *Agricultural and Biological Chemistry* 47(1):89-95.
- ROMANI, G.; MARRE, M. T.; BONETTI, A.; CERANA, R.; LADO, P.; MARRE, E. 1983. Effects of a brassinosteroid on growth and electrogenic proton extrusion in maize root segments. *Physiologia Plantarum* 59:528-532.
- SASSE, J. M. 1985. The place of brassinolide in the sequential response to plant growth regulators in elongating tissue. *Physiologia Plantarum* 63:303-308.
- SCHMIDI, J.; YOKOTA, T.; ADAM, G.; TAKAHASHI, N. 1991. Castasterone and brassinolide in *Raphanus sativus* seeds. *Phytochemistry* 30(1):364-365.
- TAKATSUTO, S.; YAZAWA, N.; IKEKAWA, N.; MORISHITA, T.; ABE, H. 1993. Synthesis of (24R)-28-homobrassinolide analogues and structure-activity relationships of brassinosteroids in the rice-lamina inclination test. *Phytochemistry* 22(6):1393-1397.
- THOMPSON, J. J.; MEIDT, W. T.; MANDAVA, N. B.; DUTKY, S. R.; LUSBY, W. R.; SPAULDING, D. W. 1982. Synthesis of brassinosteroids and relationship of structure to plant growth-promoting effects. *Steroids* 39:89-105.
- TIZIO, R. M. 1980. Reguladores del crecimiento. In *Fisiología Vegetal*. E. M. Sivori, E. R. Montaldi, O. H. Caso (Eds.). Buenos Aires, Hemisferio Sur. Cap. 15, p. 441-534.
- WADA, K.; MARUMO, S.; IKEKAWA, N.; MORISAKI, M.; MORI, K. 1981. Brassinolide and homobrassinolide promotion of lamina inclination of rice seedlings. *Plant and Cell Physiology* 22(2):323-325.
- WORLEY, J. F.; MITCHELL, J. W. 1971. Growth responses induced by brassins (fatty plant hormones) in bean plant. *Journal of the American Society of Horticultural Sciences* 96(3):270-273.
- YOKOTA, T.; ARIMA, M.; TAKAHASHI, N. 1982. Castasterone: A new phytosterol with plant-hormone potency from chestnut insect call. *Tetrahedron Letters* 23(12):1275-1278.
- YOPP, J. H.; COLCLASURE, G. C.; MANDAVA, N. 1979. Effects of brassin complex on auxin and gibberellin mediated events in the morphogenesis of the etiolated bean hypocotyl. *Physiologia Plantarum* 46:247-254.
- YOPP, J. H.; MANDAVA, N. B.; SASSE, J. M. 1981. Brassinolide: A growth-promoting steroidal lactone. I. Activity in selected auxin bioassays. *Physiologia Plantarum* 53:445-452.

Produção de Café em Função da Densidade de Plantio, Adubação e Tratamento Fitossanitário¹

M.A. Pavan*, J.C.D. Chaves* A. Androcioli Filho*

ABSTRACT

A 1976-1990 field experiment was conducted at Londrina, State of Parana, Brazil to study the effects of tree density, fertilizer levels and pest and disease control on production of two Arabic coffees: Acaia and Cautai. Planting densities were: 3, 6, and 9 m²/tree; NPK-fertilizer levels were: (30:10:25; 120:30:200; 120:60:100; 120:30:100; 240:30:100; 60:30:100 + green manure and 240:60:200 kg/ha); and chemical treatments for leaf miner and leaf rust control were: preventing, curing, and without control. Mean yields of 12 coffee harvests showed: increased tree density increased yields; under higher planting density, there was no difference in yield among medium and high fertilizer levels; however, under lower planting density, increased fertilizer levels increased yields; and chemical control was necessary for leaf miner and leaf rust, regardless of coffee cultivar, planting density and fertilizer level.

RESUMO

Foi conduzido um experimento de campo no período de 1976 a 1990 em Londrina, estado do Paraná, Brasil, para avaliar os efeitos da densidade de plantio, níveis de adubação e tratamento fitossanitário na produção de duas cultivares de *Coffea arabica*: Cautai e Acaia. Foram avaliadas três densidades de plantio (3, 6 e 9 m²/cova), sete níveis de adubação NPK (30:10:25; 120:30:200; 120:60:100; 120:30:100; 240:30:100; 60:30:100 + adubação verde e 240:60:200 kg/ha) e três tratamentos fitossanitários para o controle da ferrugem e do bicho mineiro (curativo, preventivo e sem tratamento). Os resultados da produção média de 12 colheitas de café demonstraram: 1) o aumento da densidade de plantio aumentou a produção de café, principalmente nas primeiras colheitas; 2) na densidade de 3 m²/cova não houve diferenças entre níveis médio e alto de adubação e em 9 m²/cova houve respostas para o aumento no nível de adubação, evidenciando a influência da densidade de plantio na eficiência do uso de nutrientes e 3) houve necessidade do tratamento fitossanitário independente da cultivar, densidade de plantio e nível de adubação.

INTRODUÇÃO

A relação entre a população de cafeeiros por área cultivada com a produção, foi objeto de longos anos de estudo no estado de São Paulo, Brasil (Lazzarini *et al.* 1967). Los autores concluíram que a maior produção por área foi obtida na densidade de 6 m²/cova, disposta no terreno com tendência ao quadrado. No estado do Paraná, Brasil, por muitos anos predominou um sistema de cultivo do cafeeiro em espaçamentos largos, com 600 a 1000 covas por hectare. Os aumentos dos custos e de produção da terra e a necessidade do retorno rápido do capital investido, tem despertado o interesse por técnicas de cultivo para produção intensiva de café, com base no aumento da

densidade de plantio (Siqueira *et al.* 1985). Para o Paraná, o aumento da densidade de plantio, além dos benefícios na produtividade e na eficiência no uso da terra, também proporciona a localização de lavouras cafeeiras em áreas com menor risco à ocorrência de geadas.

A função básica do adensamento é otimizar a exploração das plantas pela luz, água e nutrientes. Tem sido documentado que o nível de fertilidade e o teor de água no solo são os principais fatores limitantes para o aumento da população de cafeeiros por unidade de área (Kiara e Stolzy 1986; Uribe e Salazar 1981). No Paraná, estas limitações podem ser minimizadas pelo melhor nível de fertilidade do solo e pela maior precipitação pluviométrica (1600 mm/ano).

Os efeitos das altas densidades de plantio do cafeeiro na dinâmica dos nutrientes no solo e nas populações de pragas e doenças tem sido questionados, principalmente em lavouras mecanizadas onde o aumen-

¹ Recebido para publicação em 16 de abril de 1993

* Pesquisadores do Instituto Agonômico de Paraná (IAPAR), Caixa Postal 1331 CEP 86001-970, Londrina, PR, Bra

to de densidade se dá através da diminuição entre as plantas na linha. Assim, planejou-se um estudo para avaliar as interações entre a densidade de plantio do cafeeiro com a necessidade de fertilizantes e tratamentos fitossanitários para os controles da ferrugem e do bicho mineiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um experimento de campo no período de 1976 a 1990 no centro experimental do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina (23° 22' S, 51° 10' W, 586 m de altitude, em um latossolo roxo distrófico (Typic Haplorthox) textura argilosa, com as seguintes características químicas iniciais: pH (H₂O) 5.0; Al 0.80 mEq/100 ml; Ca 2.2 mEq/100 ml; Mg 0.78 mEq/100 ml; K 0.32 mEq/100 ml; P 8 ppm e carbono orgânico 1.96%. Antes do preparo do solo para o plantio das mudas foi aplicado 2 t/ha de calcário dolomítico em área total e incorporado com arado e grade. Após, foi realizado o sulcamento em nível, seguido de marcação, abertura e adubação das covas com 40 g/cova de P₂O₅ e 30 g/cova de K₂O. Foram utilizadas para o estudo duas cultivares de *Coffea arabica* L.: Catuaí Vermelho (LCH 2077-2-5-81), porte baixo (2.0 a 2.2 m) forma cilíndrica, diâmetro de copa de 2.20 m, maturação tardia dos frutos e Acaia (LCRPP 474-18), porte alto (2.8 - 3.0 m), forma cônica, diâmetro de copa de 2.40 m, maturação mediana dos frutos. O plantio das mudas foi realizado nos dias 10, 11 e 12 de maio de 1976.

As cultivares foram conduzidas a plena exposição solar e livre crescimento com uma poda uniforme (recepa a 0.40 m de altura do solo) após a geada de 1981.

Foram avaliados os seguintes tratamentos:

- Densidade de plantio: 3 m²/cova (4.0 m x 0.75 m); 6 m²/cova (4.0 m x 1.5 m) e 9 m²/cova (4.0 m x 2.25 m), totalizando, respectivamente, 3.333, 1.666 e 1.111 covas/ha (cada cova com 2 plantas), ou seja 6.666, 3.332 e 2.222 plantas/ha.
- Adubação NPK: 30:10:25; 120:30:200; 120:60:100; 120:30:100; 240:30:100; 60:30:100 + adubação verde e 240:60:200, expressos em kg/ha, respectivamente de N, P₂O₅ e K₂O. No tratamento com adubo verde foi utilizado caupi (*Vigna unguiculata*) com o plantio de 3 linhas entre as ruas de cafeeiro anualmente.

- Tratamento fitossanitário: foram avaliados os seguintes tratamentos para o controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix*, Berk et Br) e do bicho mineiro (*Perileucoptera coffeella*, Guérin-Meneville 1842): a) controle, sem tratamento fitossanitário químico (STF); b) tratamento fitossanitário mínimo (TFM) com produtos químicos convencionais (cúpricos e malatim para tratamentos da ferrugem e do bicho mineiro, respectivamente) aplicados de acordo com a incidência verificada nas amostragens sucessivas de folhas e c) tratamento fitossanitário curativo (TFC) com produtos químicos sistêmicos (triadimefon). Para o controle do bicho mineiro no tratamento mínimo, utilizou-se o plano de amostragem sequencial, baseado no número de lesões por folha para a tomada de decisão quanto à aplicação de defensivos (Villacorta e Tornero 1982).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com os tratamentos no esquema fatorial incompleto com três fatores: densidade de plantio (3 níveis); adubação NPK (7 níveis) e tratamento fitossanitário (3 níveis), totalizando dezenove tratamentos com três repetições. Utilizou-se como tratamento testemunha a densidade de 9 m²/cova, adubação mínima igual a 30:10:25 kg/ha (N, P₂O₅, K₂O) e sem tratamento fitossanitário (STF). Cada parcela apresentava 144 m² de área total com 36 m² de área útil na sua parte central. Os detalhes do delineamento analítico e do modelo matemático utilizados neste estudo foram publicados por Páez y Silva (1976).

As produções de café foram avaliadas anualmente no período de 1978 a 1990, com exceção de 1982 devido a ocorrência de geada no inverno de 1981. Os frutos foram colhidos, pesados, e de cada parcela retirou-se uma amostra de 2 kg. As amostras de café foram secas ao sol em bandejas de madeira com fundo de tela, beneficiadas e pesadas (peso da matéria seca). Após, efetuou-se a conversão para café beneficiado (café verde) por hectare. Os cafeeiros foram cultivados a pleno sol.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 1 e 2 são apresentados os resultados das produções anuais de café beneficiado no período de 1978 a 1990. Os resultados representam as médias do tratamento fitossanitário mínimo (TFM) e do nível médio de adubação (120:30:100). Durante o período ocorreram duas geadas nos invernos de 1979 e 1981

registrando-se temperaturas no abrigo meteorológico de 0.0 °C e -2.2 °C, respectivamente. Na geadas de 1979 os danos foram superficiais e uniformes em todas as parcelas e cultivares, sem necessidade de poda. A geadas de 1981 afetou severamente todos os cafeeiros de ambas as cultivares de maneira uniforme em todas as parcelas, com necessidade de poda da parte aérea. Os cafeeiros foram podados a altura de 0.40 m da superfície do terreno e conduzidos com duas hastes/planta (4 hastes/cova), resultando em 13 332, 6664 e 4444 hastes/ha, respectivamente nas densidades 3, 6 e 9 m²/cova. Em 1978, 1979 e 1981 ambas as cultivares apresentaram aumentos na produção de café com o aumento da densidade de plantio. A mesma tendência ocorreu nos primeiros anos de colheita após a geadas de 1981. Os resultados indicaram que ambas as cultivares apresentam um alto potencial de produção com o aumento da densidade de plantio, principalmente nas primeiras colheitas. Uma grande vantagem do aumento da densidade de plantio foi a rápido desenvolvimento do volume produtivo por unidade de área. Experimentos conduzidos anteriormente no Paraná já haviam demonstrado o potencial produtivo do cafeeiro em altas densidades de plantio (Siqueira *et al.* 1983; 1985).

Para a cultivar Catuaí os picos máximos de produção ocorreram em 1986, 1987 e 1989 (Fig. 1) nas densidades de plantio de 3, 6 e 9 m²/cova respectivamente. Após estes picos também ocorreram diminuições nas produções de café, principalmente nas densidades de plantio de 3 e 6 m²/cova.

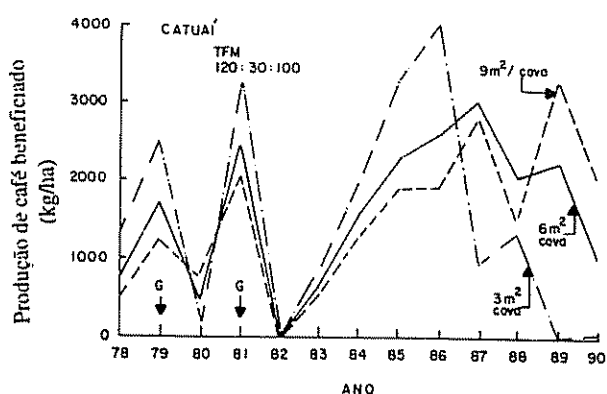


Fig. 1. Produções de café beneficiado da cultivar Catuaí no período de 1978 a 1990. G = geadas em 1979 e 1981.

Para a cultivar Acaíá, os picos máximos de produção ocorreram em 1985, 1986 e 1987 (Fig. 2), nas densidades de plantio de 3, 6 e 9 m²/cova, respectiva-

mente. Após estes picos, ocorreram diminuições principalmente nas densidades de 3 e 6 m²/cova, sendo praticamente nulas a partir de 1988.

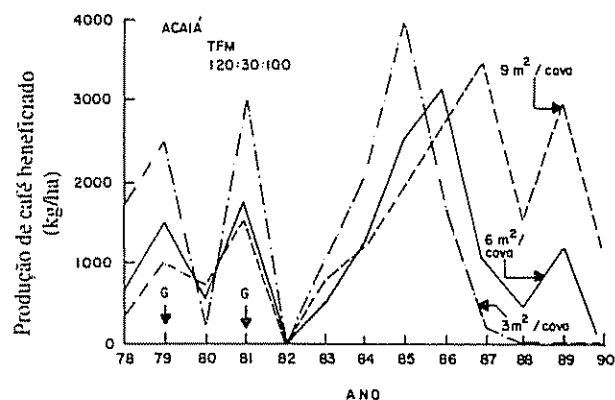


Fig. 2. Produções de café beneficiado de cultivar Acaíá no período de 1978 a 1990. G = geadas em 1979 e 1981.

Esta diminuição de café para ambas as cultivares, indica o efeito da super-população de plantas por hectare agravado pelo aumento no número de hastes/plantas após a geadas de 1981, sendo portanto, necessário o uso de podas para o retorno do ciclo produtivo. O fato de cultivar Catuaí apresentar os picos máximos de produção mais tardiamente em relação à Acaíá pode ser devido ao seu menor porte. Observou-se também que na maior densidade de plantio (3 m²/cova) ocorreu alteração no hábito natural de crescimento das plantas, principalmente na Acaíá, com maior desenvolvimento vertical dos ramos ortotrópicos em relação à menor densidade de plantio (9 m²/cova). Os resultados sugerem a necessidade de podas: 1) para a cultivar Acaíá imediatamente após a 3a, 4a, e 5a colheitas, respectivamente, nas densidades de 3, 6 e 9 m²/cova; 2) para a cultivar Catuaí imediatamente após a 4a e 5a colheitas, respectivamente, nas densidades de 3 e 6 m²/cova e 3) para a cultivar Catuaí na densidade de 9 m²/cova não houve necessidade de podas no período estudado.

Nas figuras 3 e 4 são apresentados para as cultivares Catuaí e Acaíá, respectivamente, os resultados da produção média de 12 colheitas de café beneficiado (sem pergaminho) em função da densidade de plantio, em três níveis de adubação com tratamento fitossanitário mínimo (TFM). Os resultados não foram apresentados para TFC porque seguiram as mesmas tendências do TFM e para STF porque as produções foram extremamente baixas. Os outros níveis de adubação também não foram apresentados porque possuíam valores intermediários.

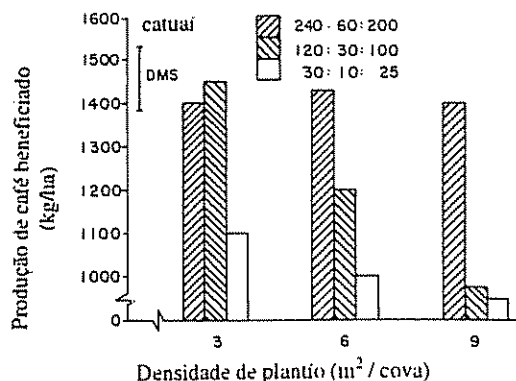


Fig. 3. Produção média de café beneficiado (12 colheitas) da cultivar Catuai em três densidades de plantio e três níveis de adubação no tratamento fitossanitário mínimo.

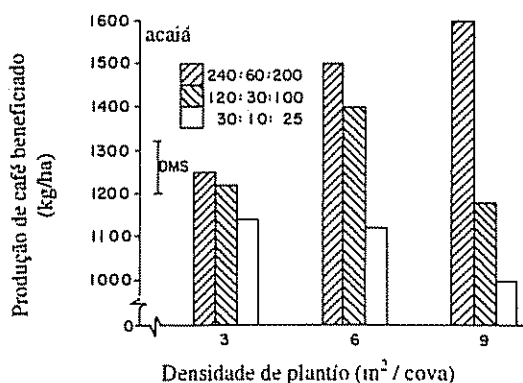


Fig. 4. Produção média de café beneficiado (12 colheitas) da cultivar Acaia em três densidades de plantio e três níveis de adubação no tratamento fitossanitário mínimo.

Os resultados demonstraram três aspectos distintos para as duas cultivares: 1) na densidade de 3 m²/cova não houve diferenças significativas entre os níveis médio (120:30:100) e alto (240:60:200) de adubação, a produção foi inferior apenas no nível baixo de adubação (30:10:25); 2) na densidade de 6 m²/cova houve diferenças significativas na produção com o aumento nos níveis de adubação e 3) na densidade de 9 m²/cova as produções de café aumentaram significativamente com o aumento no nível de adubação. Do ponto de vista prático, os resultados demonstraram que no plantio mais adensado (3 m²/cova) o nível médio de adubação foi

adequado para manter altas produções. Por outro lado, no plantio menos adensado (9 m²/cova) houve necessidade da aplicação de altos níveis de adubação (240:60:200) para manter alta produtividade. Provavelmente, estas respostas em plantios mais adensados foram em função das maiores possibilidades das plantas para utilização de nutrientes que no sistema de plantio menos adensado.

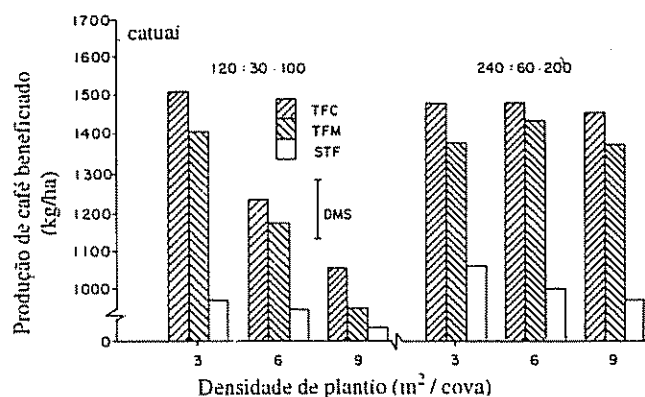


Fig. 5. Produção média de café beneficiado (12 colheitas) da cultivar Catuai em três densidades de plantio, dois níveis de adubação e três tratamentos fitossanitários. (TFM = tratamento fitossanitário mínimo; STF = sem tratamento fitossanitário e TFC = tratamento fitossanitário curativo).

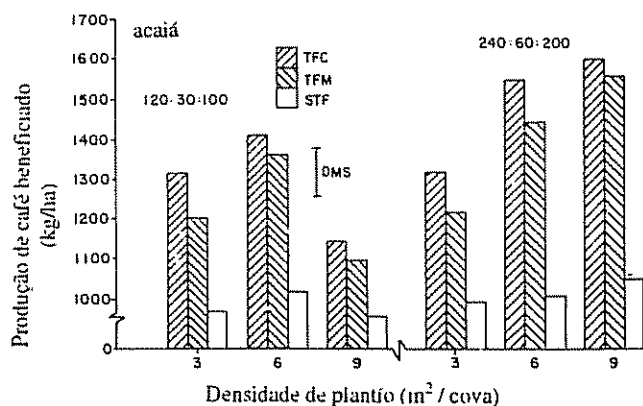


Fig. 6. Produção média de café beneficiado (1a colheita) da cultivar Acaia em três densidades de plantio, dois níveis de adubação e três tratamentos fitossanitários.

Nas figuras 5 e 6 são apresentados para as cultivares Catuai e Acaia, respectivamente, os resultados da produção de café beneficiado (média de 12 colheitas) em função da densidade de plantio em três níveis de tratamento fitossanitário (TFC, TFM e STF) e dois níveis de adubação (120:30:100 e 240:60:200). Os outros níveis de adubação apresentaram resultados intermediários (dados não apresentados).

Os resultados demonstraram o seguinte: 1) sem tratamento fitossanitário (STF) ocorreram reduções drásticas nas produções de café em todos os níveis de adubação e densidades de plantio para ambas as cultivares; 2) no tratamento fitossanitário mínimo (TFM) ocorreram aumentos significativos na produção de café em todos os níveis de adubação e densidades de plantio para ambas as cultivares, indicando a necessidade do controle fitossanitário e 3) no tratamento fitossanitário curativo (TFC) embora tenha ocorrido aumentos na produção em todas as densidades de plantio e níveis de adubação, os mesmos não foram significativos. Em geral os resultados demonstraram a necessidade do controle fitossanitário da ferrugem e do bicho mineiro com produtos químicos preventivos ou curativos independente da cultivar (Catuaí ou Acaíá) da densidade de plantio e do nível de adubação.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste experimento demonstraram aumentos na produção de café com o aumento da densidade de plantio em lavouras mecanizadas, principalmente nas primeiras colheitas, proporcionando um retorno mais rápido do capital investido. O sistema de cultivo com alta densidade, restabeleceu rapidamente os níveis de produtividade de café após ocorrência da geadas, mostrando-se como o mais adequado às regiões seguintes às baixas temperaturas. Após os picos máximos de produção, os resultados indicaram a necessidade da adoção de podas para o promover o retorno de café ao ciclo produtivo. Ambas as cultivares utili-

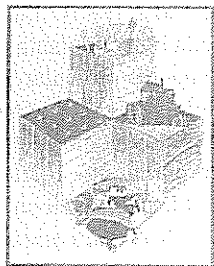
zadas na estudo apresentaram um alto potencial produtivo em sistemas adensados. Para as condições de solo e clima do Paraná, o aumento da densidade de plantio do cafeeiro favoreceu uma maior eficiência na utilização de nutrientes, proporcionando maior economia com fertilizantes por área cultivada. Em todas as densidades de plantio e níveis de adubação estudados houve a necessidade do controle da ferrugem e do bicho mineiro com tratamentos preventivos ou curativos.

LITERATURA CITADA

- KIARA, J M ; STOLZY, L.H 1986 The effects of tree density and irrigation on coffee growth and production in Kenya. Applied Agricultural Research (EE U'U) 1:26-31.
- LAZZARINI, V ; MORAES, F R P DE MORAES, M V. DE; TOLEDO, S V DE; FIGUEIREDO, J.I. 1967 Experimentação cafeeira 1929-1963 Campinas. IAC 292 p
- PAEZ, G ; SILVA, T 1976. Delineamento dos experimentos de adubação Brasília, EMBRAPA 55 p (Mimeografiado)
- SIQUEIRA, R ; ANDROCIOLI FILHO, A ; PAVAN, M A ; CHAVES, J C D. 1983 Densidade de plantio: Poda dos primeiros ramos e produção de duas cultivares de café e do híbrido "Icatu" Pesquisa Agropecuária Brasileira 18(7):763-768.
- SIQUEIRA, R ; ANDROCIOLLI FILHO, A ; CARAMORI, P H ; PAVAN, M A. 1985. Espaçamento e produtividade do cafeeiro Londrina, IAPAR Informe de Pesquisa no 56 6 p
- URIBE, H A ; SALAZAR, A N 1981 Distancias de siembra y dosis de fertilizante en la producción de café Cenicafé 32:88-105
- VILLACORTA, A ; TORNERO, M T I 1982 Plano de amostragem sequencial de dano causado por *Perileucoptera coffeella* no Paraná Pesquisa Agropecuária Brasileira 17:1249-1260.

LIBRO RECOMENDADO

COMPENDIO DE
MERCADERO DE PRODUCTOS
AGROPECUARIOS



Compendio de mercaderos de productos agropecuarios. G Mendoza. 1995. 343 p. ISBN 92-9039-130 9.

Se aplican los conceptos básicos de la teoría económica al análisis e interpretación de los problemas de mercaderos y abastecimiento característicos de los países de América Latina y el Caribe. Esta segunda edición revisada y aumentada actualiza los conceptos y alcances metodológicos de la primera, y mantiene su objetivo central de constituirse en un curso completo en mercaderos y comercialización agrícola. Por la claridad y carácter didáctico de temas más complejos, el COMPENDIO DE MERCADEROS se ha convertido en un valioso texto de apoyo para la docencia, capacitación e investigación en esa área de estudio.

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

Optimización del Manejo del Nitrógeno en Sistemas Arroceros del Sur Latinoamericano¹

R. J. Melgar*, M. A. Méndez*,
M. M. Figueroa*, M. C. Sanabria*

RESUMEN

El manejo del nitrógeno (N) es el factor más importante en el aumento en los rendimientos del arroz (*Oryza sativa* L.) bajo riego en las regiones arroceras argentinas, así como en las de Brasil y Uruguay. Para optimizar la eficiencia de los fertilizantes, se condujeron ocho experimentos en varios sitios de Corrientes y se estudió el efecto de distintos momentos de aplicación y fraccionamiento de niveles de N sobre el rendimiento de grano, materia seca total (MST) y recuperación del fertilizante. El N (urea) se aplicó en tres niveles (50, 100 y 150 kg/ha) y en tres momentos: siembra, pre-inundación y diferenciación de panícula, combinando aplicaciones únicas y fraccionadas, en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las aplicaciones fraccionadas tienen efecto lineal y aditivo, y las tempranas son más eficientes que las tardías. El fraccionar las aplicaciones no ofrece ventajas sobre los rendimientos pero se disminuye el riesgo de vuelco por las dosis más altas. El manejo recomendable de N es aplicar la dosis menor (50 kg/ha) en una única aplicación a la pre-inundación o en dos mitades a la siembra y a la pre-inundación. La recuperación del N aplicado fue en promedio cercano al 40 por ciento. Además, estas cifras de otras estimaciones presentadas, permitirían el cálculo de dosis óptimas económicas, una vez tomados en cuenta los diferentes costos de aplicación para cada momento y combinación.

Palabras clave: Recuperación de N, vuelco, fertilización fraccionada.

INTRODUCCIÓN

Se considera que la fertilización nitrogenada es una de las prácticas con más influencia en el aumento de los rendimientos de arroz irrigado. Sin embargo, su eficiencia está influida por muchos factores, tales como, dosis de nitrógeno (N), modo y momento de aplicación del fertilizante, variedad, manejo

¹ Recibido para publicar el 15 de junio de 1994. Se agradece a los encargados de los establecimientos en los ensayos regionales, así como al personal de la Estación Experimental Corrientes y de las agencias de Santo Tomé y Mercedes, por su apoyo en los experimentos. Asimismo expresan su reconocimiento a Laura Giménez, por su participación en los análisis estadísticos en este trabajo.

* Investigadores de la Estación Experimental Corrientes, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), CC núm 57-3400, Corrientes, Arg.

ABSTRACT

Nitrogen (N) management is the most relevant agronomic factor determining grain yields of irrigated rice (*Oryza sativa* L.) in growing areas of Argentina, southern Brazil and Uruguay. Six methods for applying urea-N were evaluated in eight field trials in Corrientes to optimize fertilizer efficiency. Each N rate (50, 100 and 150 kg/ha) was applied combining single and split applications at planting, at pre-flooding and at panicle differentiation. Total dry matter and N uptake increased across the N rate evaluated, but maximum grain yield was associated with lowest N level applied. The effect of single applications are linear and additive. Splitting N did not result in higher yields, but decreased the risk of lodging. Early applications were more efficient than later ones. Recommended management should include a single low rate at planting or preflooding. Higher rates must be applied split at planting and preflooding. Average apparent recovery of applied N was estimated as 40 %. These figures, along others presented in this paper, would allow the estimation of optimum rates under different combinations, provided the application costs were taken into account.

Key words: N recovery, lodging, split N applications.

del agua y niveles de radiación solar entre los más importantes.

Los rápidos cambios físico-químicos que tienen lugar en el suelo debido a la inundación por riego y la movilidad y dinámica del N hacen que la aplicación tenga una especial importancia en la eficiencia del nitrógeno de fertilizantes (De Datta 1985). La absorción de N aumenta con la edad de la planta por el desarrollo más extenso de su sistema radicular, pero el efecto de una mayor disponibilidad de N al avanzar el desarrollo de la planta sobre el rendimiento de grano es menor, ya que el potencial de rendimiento se determina en estadios más tempranos. Si bien el fraccionamiento de las aplicaciones, como un método para aumentar la eficiencia de los fertilizantes, es usualmente recomendado, los resultados que los fundamentan son muy variables (Vlek y Fillery 1985).

Por lo tanto, uno de los aspectos más estudiados de la tecnología de fertilizantes en el cultivo del arroz ha sido la sincronización de los mayores requerimientos de la planta con los momentos de mayor disponibilidad de N (Evatt y Hodges 1975; Reddy y Patrick 1976; De Datta 1986).

En Argentina, así como en el sur de Brasil y Uruguay, en los sistemas de producción de arroz de siembra de secano y riego de inundación entre los 20 y 30 días subsiguientes, la fertilización nitrogenada aparenta ser insuficiente y concentrada en aplicaciones de baja eficiencia. La mayoría de los productores aplica un promedio de 10 N kg/ha a la siembra, y lo complementa con 25 N kg/ha a la diferenciación de la panícula (Ligier y Roig 1992).

Experiencias previas mostraron que los rendimientos máximos estaban asociados a aplicaciones fraccionadas de 70 N kg/ha, con la mitad al inicio del riego y la otra a la diferenciación de la panícula (Melgar *et al.* 1990). Otros experimentos en Brasil con la variedad IRGA 409, la más ampliamente distribuida en la región, indican que los rendimientos más elevados se alcanzaron con 60 N kg/ha y que dosis superiores a 50 N kg/ha deberían fraccionarse, asegurando una mayor proporción al momento de diferenciación de la panícula (Lopes y Carmona 1986). En cambio, las recomendaciones sobre manejo del N en sistemas de cultivo similares en EE.UU sugieren concentrar la fertilización nitrogenada al inicio del riego, evitando aplicaciones a la diferenciación de panícula, de menor eficiencia (LSU 1987).

El inicio de las operaciones de riego concentra los recursos de los establecimientos arroceros. Es posible que la pérdida de eficiencia del N en aplicaciones tempranas, asociadas a la denitrificación (Fillery y Vlek 1982) o volatilización de amonio (Mikkelsen *et al.* 1978), o tardías, puede compararse económicamente con una única aplicación ante la disminución de costos, derivada de realizar una única operación a la siembra, especialmente en suelos donde las pérdidas por lixiviación sean escasas, como se presume de los suelos arroceros de Corrientes (Escobar *et al.* 1990). Las pérdidas pueden también limitarse con un adecuado manejo del riego.

Este trabajo se llevó a cabo para proveer información sobre respuestas alternativas de diferentes fraccionamientos y formas de aplicación de N, para optimizar la eficiencia de los fertilizantes. El objetivo específico fue

cuantificar la respuesta al N, aplicado en diferentes momentos y fraccionamientos, sobre el rendimiento arroz-cáscara, la producción de biomasa y la absorción de N por el cultivo para determinar el sistema de aplicación de N de mayor eficiencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se condujeron dos grupos de experimentos. El primer grupo o experimento principal fue llevado a cabo durante tres años consecutivos en un Ocracualfe típico de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Corrientes del INTA. El segundo grupo consistió en cinco experimentos regionales en diferentes años y localidades de Corrientes. Estos constituyeron una selección de los tratamientos probados en el experimento principal en la EEA Corrientes, con la finalidad de validar algunas tendencias, probándolas en escenarios climáticos y edáficos diferentes. En el Cuadro 1 se muestran las localidades y ubicación geográfica de los sitios de los experimentos y los suelos utilizados clasificados con nivel de gran grupo.

Caracterización de los sitios

El clima de la región ha sido clasificado como húmedo, mesotérmico y con poca o nula deficiencia de agua de acuerdo al sistema de Thornthwaite. Datos de series climáticas indican que las precipitaciones durante el ciclo de cultivo, de octubre a abril, totalizan entre 900 mm y 1000 mm en promedio en la región. Las temperaturas máxima y mínima en promedio durante ese período son de 30.8°C y 19.4°C en los alrededores de la EEA Corrientes, y de 29.5°C y 17.0°C para Paso de Libres, respectivamente (Castro *et al.* 1991).

Para la caracterización de los suelos, se realizaron determinaciones en muestras del horizonte arable (0 cm - 20 cm) tomadas en la siembra (Cuadro 1). Los cationes intercambiables fueron extraídos con acetato de amonio 1 M, determinando el Ca y Mg en el extracto por complejometría con EDTA, y el K y Na por fotometría de llama. El aluminio intercambiable se evaluó por titulación en un extracto de una suspensión de suelo con KCl 1 M. El fósforo asimilable, extraíble con la solución de Bray 1, se determinó por colorimetría. La materia orgánica se analizó por el método estándar de oxidación húmeda con H₂SO₄ y dicromato de potasio. El pH se midió en una suspensión 1:2.5 suelo:agua.

Cuadro 1. Localidades, clasificación de suelos y características fisicoquímicas de la capa arable del suelo utilizado en los experimentos.

Sitio/año	Lat.(S)	Long.(W)	Suelo	P (mg/kg)	pH	Cationes				Al
						M.O.	Ca (%)	Mg (cmol _c /kg)	K (%)	
EEA Ctes /1990	58°46'	27°39'	Ocracualfe	3	5.4	2.2	4.4	1.1	0.19	0.01
EEA Ctes /1991	58°46'	27°39'	Ocracualfe	7	5.0	1.6	2.2	1.7	0.16	0.02
EEA Ctes /1992	58°46'	27°39'	Ocracualfe	4	5.6	2.3	3.0	0.6	0.45	0.01
Sto. Tome /1991	56°07'	28°32'	Umbracualfe	14	4.1	10.7	0.8	0.4	0.17	1.32
P. Libres /1991	57°09'	29°41'	Haplacuepte	21	4.6	4.5	1.5	0.7	0.18	0.11
EEA Ctes /1991	58°46'	27°39'	Argiudol	17	5.0	1.4	2.2	1.8	0.16	0.01
Itaibate /1992	58°46'	27°35'	Albacualfe	4	4.6	1.7	0.3	0.2	0.10	1.60
Mercedes /1992	58°01'	29°10'	Argiacuol	6	5.3	2.4	2.6	1.0	0.10	0.16

Cuadro 2. Características agronómicas y climáticas de los ambientes estudiados.

Sitio/Año	Siembra Fecha	N comp.(DP)	Cosecha	Días 9° °C	Rad.Sol.45d MJ/m ²
EEA Ctes /1990	21-Nov	26-Enero	26-Marzo	1 987	883.8
EEA Ctes /1991	17-Dic	12-Feb	22-Abril	1 828	694.7
EEA Ctes /1992	30-Dic	25-Feb	27-Mayo	1 924	557.7
Sto. Tome/1991	25-Nov	3-Feb	5-Abril	2 112	718.9
P. Libres/1991	24-Nov	2-Feb	16-Abril	2 082	739.6
EEA Ctes./1991	17-Dic	19-Feb	22-Abril	1 828	694.7
Itaibate/1992	8-Nov	17-Enero	20-Marzo	2 190	809.1
Mercedes/1992	14-Oct	15-Dic	5-Marzo	2 018	966.7

Experimentos de campo

Los tratamientos en el ensayo de la EEA Corrientes tenían estructura factorial de tres niveles de N (50, 100 y 150 kg/ha de N) aplicados como urea, en seis métodos; se incluyó un testigo control sin N, totalizando 19 tratamientos. Los seis métodos comprendieron tres aplicaciones únicas: a) a la siembra (S); b) a la pre-inundación (PI) y c) a la diferenciación de panícula (DP); y tres sistemas de aplicaciones fraccionadas en dos mitades d) a la siembra y pre-inundación (S-PI); e) a la pre-inundación y diferenciación de panícula (PI-DP) y f) a la siembra y diferenciación de panícula (S-DP). Estos tratamientos, esquematizados en el Cuadro 3, fueron arreglados en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

En los ensayos regionales, se incluyeron siete tratamientos. Una aplicación de 70 N kg/ha en cuatro formas: dos únicas, a la siembra (a) y a la pre-inundación (b), y dos fraccionadas: (d), (S + PI); y (e), (PI + DP), más un control sin nitrógeno. Incluyeron además dos niveles de N: 35 kg/ha y 105 kg/ha en una única aplicación a la siembra (a), para ajustar los rendimientos a una curva de respuesta. El diseño fue de bloques al azar con cuatro repeticiones.

Las aplicaciones a la siembra se mezclaron con los 5 cm superficiales del suelo. Las aplicaciones de pre-inundación se realizaron al voleo, 24 horas antes del primer riego, el que fue llevado a cabo entre los 22 d y 29 d después de la emergencia. Las aplicaciones a la diferenciación de panícula se realizaron al voleo entre

los 57 d y 69 d de la emergencia, una vez drenadas las parcelas para facilitar la distribución del fertilizante. Las parcelas tenían 3 m x 7 metros.

Las parcelas recibieron una dosis única de 27 P kg/ha como superfosfato triple, y de 15 kg/ha de K como cloruro, incorporándose a la siembra. El riego se inició a los 30 d de la emergencia y continuó hasta la cosecha, manteniéndose una lámina de agua aproximada de 5 cm de espesor. Se realizaron aplicaciones de mezclas de herbicidas de post-emergencia en dosis y proporciones variables, según la necesidad de control de gramíneas, ciperáceas y/o malezas de hoja ancha.

La variedad utilizada fue 'IRGA 409' de grano largo fino, y de ciclo medio, en todos los casos excepto en el experimento regional denominado EEA Corrientes/1991, en que se utilizó 'Lemont', de ciclo más corto. En los experimentos regionales, los cultivos se condujeron con las técnicas de manejo de suelo, cultivo y riego de cada productor y se encuadraron dentro del rango de prácticas normales de la zona para ese año. No se registraron infestaciones graves de malezas, plagas o enfermedades.

Para cada experimento, se registraron las temperaturas acumuladas a partir de 9 °C, desde la emergencia a cosecha, así como la radiación solar acumulada desde los últimos 45 d antes de la cosecha (Cuadro 2). La cosecha se realizó entre los 115 d y 135 d, a la madurez fisiológica, cortando las plantas a ras del suelo en el centro de la parcela (2 m x 6 m).

El producto se trilló y se pesó por separado paja y grano para evaluar: a) rendimiento de arroz-cáscara y b) materia seca total (MST). Se tomaron submuestras para evaluar el contenido de agua y concentración de N en cada componente. Los resultados de arroz-cáscara se

expresaron en kilogramos por hectárea con 13% de humedad. Para determinar el contenido de N en los tejidos se extrajo una muestra compuesta por tratamiento, submuestreando cada repetición. Esta se secó a 60°C por 48 h y se molió y tamizó con una malla (1 mm). Una cantidad suficiente de este material se digirió en caliente con H₂SO₄ y se destiló por arrastre de vapor con la técnica de semi-micro Kjeldhal (Kenney y Nelson 1982). La incidencia del vuelco a la cosecha se evaluó en cada parcela de acuerdo a una escala de 1 (sin vuelco) a 9 (parcela totalmente volcada), modificada (CIAT 1983).

Recuperación del N aplicado

La materia seca total (MST) se define como la suma de arroz más paja, y el N absorbido por cada fracción; arroz y paja—producto del rendimiento por la concentración de N de cada fracción. El N absorbido por el cultivo es la suma del N absorbido en cada componente. El porcentaje de recuperación de N de un tratamiento determinado se define como la relación porcentual entre el N absorbido correspondiente a ese tratamiento, menos el N acumulado por el testigo, y la cantidad de N aplicado. El resultado expresa el porcentaje del N aplicado como fertilizante, recuperado por la planta por absorción. Se asume que el contenido de N en las raíces es constante para los tratamientos y que el N absorbido por el testigo representa el N suministrado por el suelo en condiciones naturales por procesos de mineralización (Terman y Brown 1968).

Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el programa SAS para computadoras personales

Cuadro 3. Fracción del total de N aplicado en cada momento para cada método.

Método	Aplicaciones	Momento de aplicación		
		Siembra	Pre-inundación	Diferenciación de panfcula
		Dosis total (%)		
a) S	Únicas	100	0	0
b) PI		0	100	0
c) DP		0	0	100
d) S + PI	Fraccionadas	50	50	0
e) PI + DP		0	50	50
f) S + DP		50	0	50

(SAS Institute 1988). Los resultados de los ensayos de la EEA Corrientes para las variables arroz-cáscara, MST y absorción de N, se analizaron estadísticamente de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + c_k + b * c_{jk} + E_{ijk} \quad [1]$$

donde:

μ es el promedio general,

E es el error experimental,

a, b y c son los estimadores para el efecto de repeticiones, de tratamiento y de año, respectivamente.

La respuesta al agregado de N se evaluó por contrastes individuales entre el control y las parcelas fertilizadas. Las diferencias entre los métodos de aplicación también fueron evaluadas por contrastes individuales, oponiendo el efecto de aplicaciones: 1) únicas *versus* fraccionadas (S & PI & DP *vs.* S + PI & PI + DP & S + DP); 2) única a la siembra *vs.* pre-inundación (S *vs.* PI); 3) única a la siembra y pre-inundación *vs.* dif. panícula (S *vs.* PI & DP); 4) fraccionamientos contiguos *vs.* separados (S + PI & PI + DP *vs.* S + DP); y 5) fraccionamientos tempranos *vs.* tardías (S+PI *vs.* PI + DP).

Para estimar los coeficientes de respuesta en cada momento de aplicación para las mismas variables, el modelo considerado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + x_i + y_j + z_k + x^*y_{ij} + x^*z_{ik} + y^*z_{jk} + E_{ijk} \quad [2]$$

donde:

x, y, z, son los estimadores del efecto lineal de N, agregado a la siembra, (S), a la pre-inundación (PI) y a la diferenciación de panícula (DP), respectivamente.

En los experimentos regionales, para las mismas variables, el modelo considerado fue:

$$Y_{ijl} = \mu + a_i + b_j + d_l + b * d_{jl} + E_{ijl} \quad [3]$$

siendo el coeficiente, d, estimador del efecto de localidad-año. En estos experimentos, las diferencias entre tratamientos se evaluaron por la prueba de rangos múltiples de Tukey al 0.05% de probabilidad

Para estimar la recuperación aparente de cada experimento se promediaron los tratamientos por método y se ajustaron mediante regresiones a las funciones lineal y de meseta según Anderson y Nelson (1987).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto en los rendimientos de arroz-cáscara

Experimento principal

Los cultivos tuvieron un comportamiento muy desigual según el año considerado, incidiendo en la diferente respuesta de los tratamientos. Por lo tanto, los resultados fueron analizados estadísticamente, considerando cada campaña por separado. Se omitió el análisis conjunto porque el efecto de la interacción año por tratamiento fue significativo al nivel de 0.01 de probabilidad, para las variables estudiadas: arroz, MST y N absorbido. En el Cuadro 4 se resumen los promedios de las variables del cultivo y la significancia del efecto de los tratamientos, los niveles de N y los métodos de aplicación, mientras que en el Cuadro 5 se presentan los rendimientos en promedio de cada tratamiento por campaña.

Los diferentes resultados obtenidos según los años se atribuyen a las distintas fechas de siembra, que resultaron en dispares niveles de radiación solar recibidos durante el llenado de granos, y a la variable climática de mayor incidencia en la respuesta al N (De Datta y Malabuyoc 1976) (Cuadro 2). El primer cultivo recibió mayor radiación solar con respuestas al N aplicado, pero aumentó el vuelco en las dosis mayores, lo que provocó una disminución de los rendimientos. En el tercer año, en cambio, la siembra más tardía y menores niveles de radiación produjeron principalmente menores rendimientos en general, debido a un deficiente llenado de granos, constituyendo éste, también, un efecto magnificado por niveles altos de nitrógeno. En el segundo año se observó una situación intermedia.

El agregado de N resultó en un aumento significativo de los rendimientos de arroz-cáscara en los tres años, lo que se evidenció cuando se compararon los testigos contra el resto de los tratamientos que recibieron N en cualquier forma (Cuadro 4). Sin embargo el efecto de N produjo, en todos los años, un efecto depresivo en los rendimientos de arroz, más allá del primer nivel de N agregado; por lo tanto, los mayores incrementos de rendimiento estuvieron asociados a la aplicación de 50 kg/ha de nitrógeno. Mayores niveles pueden resultar en mayores o menores rendimientos según el método de aplicación (Cuadro 5), y, en general, el efecto de las dosis fue mayor que el de los métodos de aplicación. Esa interacción determina que el efecto

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos en el rendimiento de arroz-cáscara y materia seca total en el experimento principal.

	Arroz-cáscara			Materia seca total			Absorción de N		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992	1990	1991	1992
	t/ha.						kg/ha		
Media general	5.02	7.52	5.73	14.5	16.2	18.0	120	132	135
C.M. Error	1.05	0.55	0.63	1.47	0.55	2.49	12.1	11.9	20.3
Control vs fertilidad	*	**	**	NS	**	NS	**	**	**
Niveles de N***									
N lineal	NS	**	**	NS	**	**	**	**	**
Método de fracc (****)	NS	**	*	NS	**	*	*	**	**
Niveles x método	**	**	**	**	**	**	*	**	NS
C.V. (%)	20.9	7.3	11.6	10.1	3.4	13.9	10.1	9.0	15.1

Notas: *, **, NS: Significativo al 0.05 y 0.01 nivel de probabilidad y no significativo respectivamente

***: El efecto del N cuadrático no fue significativo en ningún caso

****: 1) Únicas vs fraccionadas; 2) única a la PI vs DP; 3) única a la S vs PI y DP; 4) fraccionamientos contiguos vs separados; y 5) fraccionamientos tempranos vs tardíos

de los diferentes métodos de aplicación de 50 kg/ha de N sea diferente que al considerar dosis mayores.

Cuando se consideró solamente la dosis más efectiva en relación a las otras para cada campaña (Cuadro 6), las aplicaciones únicas superaron a las fraccionadas en las dos primeras campañas, pero no en el tercer año, debido a que las aplicaciones únicas tempranas fueron mucho más eficientes que en el tercer año. Las aplicaciones tempranas a la siembra o a la pre-inundación fueron igualmente efectivas, sin embargo hubo diferencias al comparar estas con aplicaciones a la diferenciación de panícula (Cuadro 6).

Entre las aplicaciones fraccionadas a la dosis más baja, las diferencias observadas a través de cada campaña varían cuando el contraste incluye aplicaciones de alta o de baja eficiencia. Mientras que en el primer y segundo año las aplicaciones más eficientes en términos de aumento de rendimiento fueron las tempranas, en el tercer año la aplicación más eficiente fue la más tardía. En cambio cuando se consideran los niveles más elevados de aplicación, el fraccionamiento fue ventajoso y dio rendimientos superiores a las aplicaciones únicas; entre éstas, a su vez, las aplicaciones tardías presentaron mejores rendimientos.

Los mejores rendimientos, asociados a las dosis menores de N probadas, determinaron que se considerara únicamente el primer nivel de N cuando se analizaron los rendimientos según el efecto parcial del N aplicado en distintos momentos. El modelo presentado en [2] fue simplificado porque las interacciones entre aplicaciones no fueron significativas, interpretándose que sus efectos son aditivos. Es decir puede haber respuesta a las aplicaciones tardías, independientemente de eventuales respuestas a aplicaciones más tempranas.

En el Cuadro 7 se presentan los estimadores de los efectos lineales del N aplicado. Estos estimadores son también considerados como indicadores de la eficiencia de la respuesta, cuantificando los kilogramos de arroz o materia seca total obtenidos, por cada kilogramo de N aplicado. Los momentos de aplicación más eficientes son los más tempranos: a la siembra y al inicio del riego, mientras que aplicaciones a la diferenciación de panícula son menos eficientes en los dos primeros años mientras que al tercer año es a la inversa. Se estima que las diferencias de radiación solar recibida durante el llenado de granos, en los distintos años, serían la causa de este efecto diferencial. Estos resultados coinciden con las investigaciones conducidas en Uruguay

Cuadro 5. Efecto de tres niveles de N aplicado en diferentes proporciones y momentos sobre el rendimiento de arroz-cáscara, materia seca total (MST) y N acumulado en la MST.

Método	1990				1991				1992			
	Nivel de N aplicado				Nivel de N aplicado				Nivel de N aplicado			
	50	100	150	Media	50	100	150	Media	50	100	150	Media
arroz-cáscara (t/ha)												
Control	3.84				6.62				5.59			
100-0-0	7.23	4.96	3.98	5.39	7.72	8.18	7.96	7.96	6.27	5.32	3.80	5.13
0-100-0	5.94	5.01	4.41	5.12	8.23	5.91	7.17	7.10	5.91	4.49	3.78	4.73
0-0-100	4.65	4.48	5.10	4.74	7.07	6.32	6.20	6.53	6.80	6.35	6.20	6.45
50-50-0	6.50	5.70	5.32	5.84	8.23	8.88	8.02	8.37	5.98	5.14	4.04	5.06
50-0-50	3.64	5.50	5.30	4.81	8.18	8.22	6.81	7.74	6.78	6.83	5.71	6.44
0-50-50	4.31	4.41	5.16	4.63	8.01	7.81	7.43	7.75	6.64	6.70	6.50	6.61
Media		5.38	5.01	4.88		7.90	7.55	7.26		6.40	5.81	5.00
M. S. T. (t/ha)												
Control	14.6				12.2				15.8			
100-0-0	16.3	12.8	12.1	13.7	15.7	17.6	18.4	17.2	15.3	19.0	20.1	18.1
0-100-0	15.3	14.1	16.7	15.3	17.7	11.3	17.0	15.3	18.2	19.7	21.7	19.8
0-0-100	14.0	14.3	14.3	14.2	14.5	16.4	16.9	15.9	15.3	15.5	17.7	16.1
50-50-0	16.5	14.8	13.7	15.0	16.4	19.7	16.7	17.6	17.4	18.3	20.2	18.6
0-50-50	13.7	15.1	15.1	14.6	15.6	17.6	15.2	16.1	19.3	18.4	18.0	18.5
50-0-50	14.3	15.5	13.0	14.2	15.4	16.1	16.6	16.0	15.9	17.3	18.1	17.1
Media		15.0	14.4	14.1		15.9	16.5	16.8		16.9	18.0	19.3
M. S. T. (kg/ha N)												
Control	95				78				93			
100-0-0	106	126	134	122	91	144	172	136	95	138	144	125
0-100-0	107	99	139	115	144	115	153	137	115	158	144	154
0-0-100	115	124	152	130	103	170	215	163	119	149	177	148
50-50-0	117	118	131	122	120	101	147	123	114	104	138	119
0-50-50	113	136	127	125	140	153	141	145	131	154	171	152
50-0-50	110	108	122	113	79	129	120	109	113	139	162	138
Media		111	119	134		112	136	158		114	140	164

Nota: Porcentaje del total aplicado a la siembra, al inicio de la inundación o diferenciación de panícula

(Chebataroff y Deambrosi 1985) y Brasil (Gomes y Vahl 1978). En estos trabajos, se menciona la fecha de siembra y la consecuente radiación solar recibida durante el período de llenado de granos, como el factor con más incidencia sobre las respuestas observadas ante el nitrógeno.

La disminución observada en los rendimientos a niveles altos de N se debió principalmente a una mayor incidencia del vuelco del cultivo. Las relaciones entre vuelco y rendimiento son complejas, ya que cuando éste supera un límite, como resultado de una mayor disponibilidad de N, aumenta la susceptibilidad al

Cuadro 6. Significado de los contrastes entre métodos de aplicación por nivel de N en cada campaña sobre el rendimiento de arroz-cáscara.

Contrastes	N aplicado (kg/ha)								
	50			100			150		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992	1990	1991	1992
1) únicas vs fraccionadas	*	*	NS	NS	**	**	NS	NS	**
Aplicaciones únicas									
2) S vs PI	NS	NS	NS	NS	**	**	NS	*	NS
3) S & PI vs. DP	*	**	**	NS	**	**	NS	**	**
Aplicaciones fraccionadas									
4) Contiguas vs. separadas	*	NS	NS	NS	**	**	NS	N	**
5) Tempranas vs. tardías	*	NS	**	NS	*	**	NS	**	**

Notas: * ** NS: Significativo al 0.05 y 0.01 nivel de probabilidad y no significativo, respectivamente.

vuelco; pero cuando es muy intenso y prolongado, la pérdida de rendimiento es significativa.

En general, el vuelco fue mayor en la primera campaña que en la segunda: los índices en promedio del total del experimento fueron respectivamente 1.18 y 0.6. En el tercer año no hubo vuelco, pero el efecto negativo de las altas dosis de N sobre el rendimiento se observó como resultado de un aumento proporcional de la esterilidad en las panojas ("vaneo").

El efecto del aumento en los niveles de N en la incidencia de vuelco es determinante (Fig. 1). Para las dosis mínima, media y máxima, la incidencia de vuelco

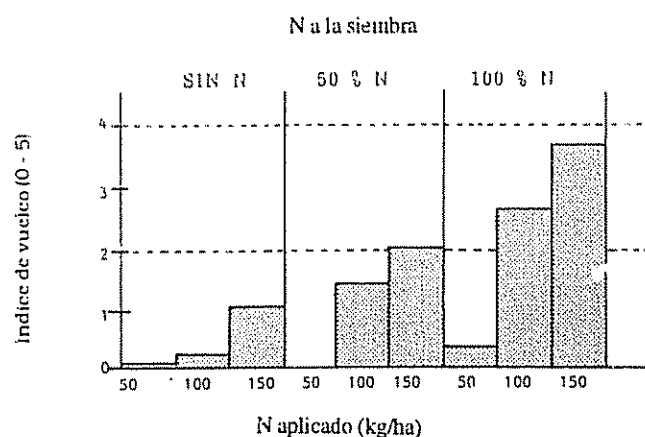


Fig. 1. Efecto del nivel y proporción de N aplicado a la siembra en la incidencia del vuelco en ensayos de arroz (Promedio de dos años).

con promedio de dos años aumentó linealmente de 0.1 a 0.9 y a 1.7 con los niveles de nitrógeno. La mayor incidencia de vuelco es también el resultado de una mayor proporción de las aplicaciones de N a la siembra. Considerando el promedio de todos los niveles de N, cuando el total de N se aplicó a la siembra, resultó en el máximo índice de vuelco (2.1); en cambio cuando la aplicación de N se redujo a la mitad de la dosis total, el promedio disminuyó a 1.1, y a 0.4 cuando no se aplicó N a la siembra. La interacción entre dosis y porcentaje de N a la siembra fue significativa en los dos años, siendo el vuelco despreciable a los niveles óptimos de N aplicado, asociado a los máximos rendimientos de arroz.

Ensayos regionales

Los resultados en promedio de estas pruebas llevados a cabo en las diferentes localidades también fueron marcadamente diferentes (valor de F para el efecto de la interacción localidad x año = 101.7**), como resultado de las diferencias de fertilidad de suelo u otros factores de sitio, afectando además también las respuestas al N de los tratamientos. Los resultados de los tratamientos fueron equivalentes en los distintos sitios, confirmando algunos efectos observados en el experimento principal (Cuadro 8). Se observaron tendencias similares a los efectos observados en el experimento principal en cuanto a un efecto lineal de la aplicación de N a la siembra y ausencia de diferencias significativas entre los distintos

modos de aplicación del N, tanto en los rendimientos de arroz como de materia seca total —datos de materia seca total no presentados.

Efecto en la recuperación del N aplicado

En general, los métodos de aplicación de N tuvieron un efecto menor en la producción de MST y la absorción del N, siendo mayor el efecto de la dosis que el efecto del momento de la aplicación. Pero a la inversa del efecto producido en el rendimiento de arroz, el N provoca un aumento lineal en el rendimiento de la biomasa (Cuadro 5). También se observó que la absorción de N por el cultivo aumentó linealmente con la aplicación de N en todos los experimentos, como resultado del aumento de la MST y de la concentración de N, tanto en la paja como en el grano.

La pendiente de las rectas de regresión indican la recuperación de una fracción entre 0.24 y 0.58 kg N por kilogramo de N aplicado en el experimento principal de la Estación Experimental. En los experimentos regionales, la variación fue entre el 0.22 y 0.64, y los promedios, aproximadamente similares en los dos grupos (0.43 y 0.40) (Fig. 2). Estos valores representan la recuperación porcentual aparente del N aplicado y la mayoría dentro del rango de 30% al 50% (Sánchez 1976) para el arroz irrigado. En la Fig. 2 los valores de la ordenada en el origen de las rectas (89 y 74 kg/ha N, promedio de cada grupo), estimados a partir de la absorción del N por los tratamientos que no recibieron N, representan la contribución del N suministrado al cultivo por la mineralización del N orgánico del suelo.

Las investigaciones conducidas por Stanford y Legg (1984) indican que la producción máxima en la

mayoría de los cultivos requiere una cantidad mínima de N en la MST, conocida como requerimiento interno de nitrógeno. Estos autores observaron que este requerimiento interno específico es aproximadamente constante a lo largo de una gran variedad de localidades, climas, cultivares y rendimientos máximos. Los valores sugeridos en el caso del arroz, en Louisiana (Reddy y Patrick 1976) y Arkansas (Wells y Shockley 1975), ubican 8.5 g N por kilogramo de MST. Los valores en promedio de los experimentos conducidos en la EEA aumentaron linealmente de 6 a 9, aproximadamente, con el N aplicado. Como los rendimientos de arroz disminuyeron con las dosis crecientes de N, esta tendencia indica que la remobilización y translocación del N de las partes vegetativas al grano, podría estar restringida debido a los bajos niveles de radiación solar (De Datta y Malabuyoc 1976; Seshu y Cady 1984), limitando los rendimientos de una manera diferente al efecto del vuelco mencionado.

Los valores en promedio de contribución del N del suelo, los índices de cosecha y eficiencias de absorción o recuperación, citados en este trabajo, podrían utilizarse para calcular los requerimientos de fertilización nitrogenada, de acuerdo con los procedimientos de Stanford y Legg (1984), una vez definida la absorción máxima de N por el cultivo, a su vez determinado por el rendimiento potencial de arroz. La fuerte influencia de la fecha de siembra a través de la determinación de la cantidad de radiación solar durante el periodo de llenado de granos, dificulta una generalizada aplicación del procedimiento debido a su influencia en el índice de cosecha.

Los niveles de N, asociados a los rendimientos de arroz más elevados, no son muy diferentes de los calculados en otros grupos de experimentos en la región (Lopes y Carmona 1986; Melgar *et al.* 1990). Sin

Cuadro 7. Estimadores del efecto de respuesta lineal al agregado de N en aplicaciones a la siembra, pre-inundación y diferenciación de la panícula sobre el rendimiento de arroz y MST.

Efecto del N	Arroz				MST			
	1990	1991	1992	Media	1990	1991	1992	Media
	kg arroz/kg N				kg MST/kg N			
Siembra	55 **	26 **	11 NS	30 **	35 *	70 **	-7 NS	42 **
Pre-inundación	40 *	36 **	5 NS	29 **	13 NS	104**	66 *	72 **
Diferencia de panícula	-3 NS	15 *	23 *	13 NS	-26NS	44 *	7 NS	17 NS

Nota: *, **, NS: Significativo al 0.05 y 0.01 nivel de probabilidad y no significativo, respectivamente

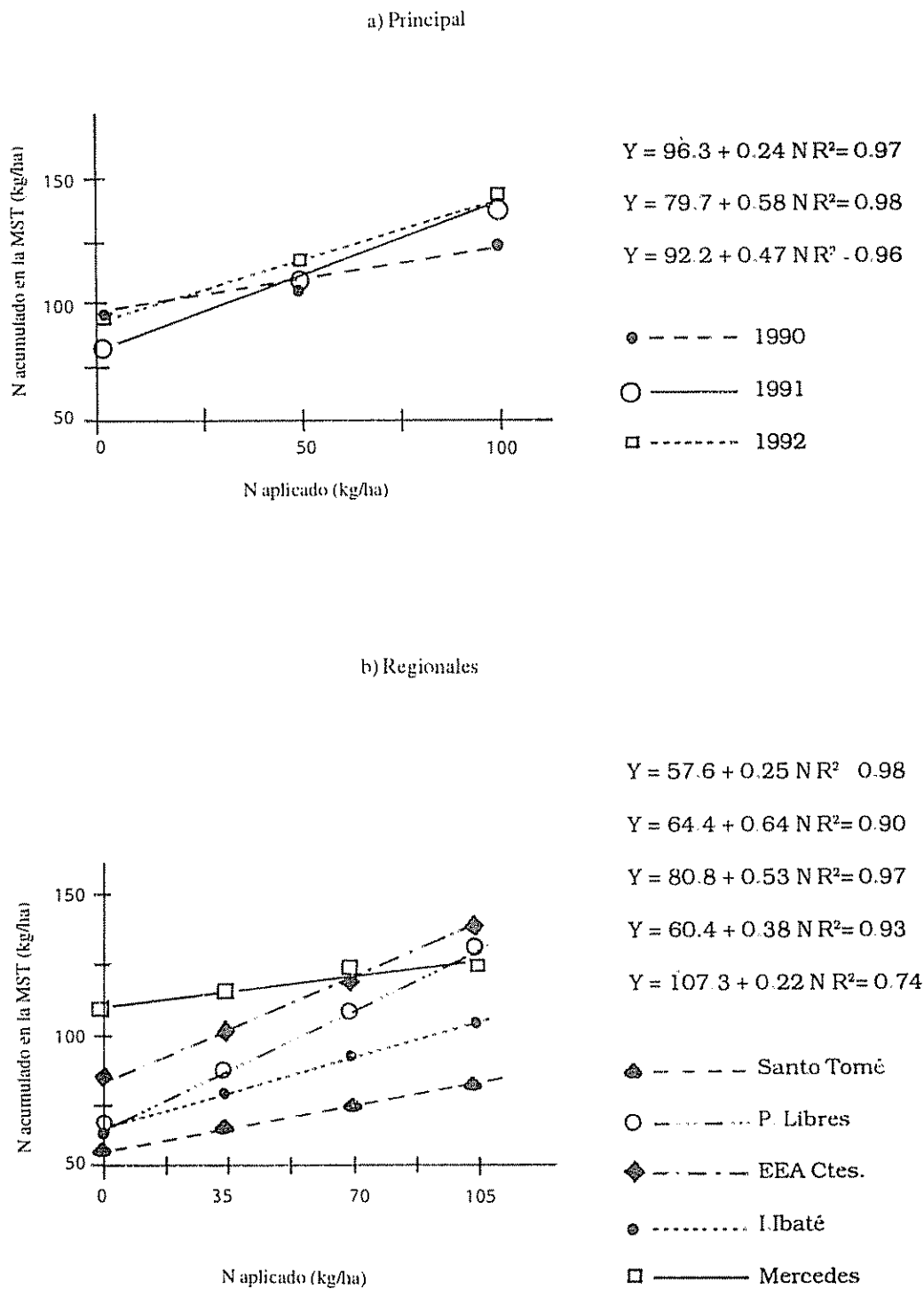


Fig. 2. Efecto del N aplicado sobre el N absorbido por el cultivo en los experimentos: a) Estación Experimental Corrientes; b) en los regionales.

Cuadro 8. Efecto de las aplicaciones de N en diferentes niveles y momentos sobre el rendimiento de arroz-cáscara en los experimentos regionales.

Tratamiento	Sitio (&)					
	S. Tome	P. Libres	EEA Corrientes	Itaibate	Mercedes	Media
(kg/ha) (#)	t/ha arroz-cáscara (*)					
0 (control)	3 55d	5 22c	5 45d	4 03c	5 41a	4 73d
35 100-0-0	4 03cd	5 10c	6 67c	4 63bc	6 09a	5 30c
70 100-0-0	5 31a	5 81ab	7 16bc	4 75bc	6 20a	5 85ab
105 100-0-0	5 33a	6 08a	7 99a	4 69bc	5 75a	5 97a
70 50-50-0	4 96ab	5 51bc	7 47ab	4 72bc	5 23a	5 58b
70 0-50-50	4 30bc	5 45bc	8 03a	5 00ab	6 09a	5 77b
70 0-100-0	4 78ab	5 49bc	7 80ab	5 82a	5 61a	5 90ab
Efecto lineal de N	**	**	**	NS	NS	**
C V (%)	18 6	10 1	11 0	13 2	11 8	13 2
C M Error	0 86	0 56	0 80	0 48	0 68	0 72

Notas: (*): Letras iguales en los tratamientos dentro de cada experimento indican ausencia de diferencia estadística al nivel de 0.05 de probabilidad

(&): El efecto de los sitios y su interacción con los tratamientos fueron altamente significativos.

(#): Porcentaje del total de N aplicado en cada momento

*, **, NS: Significativo al 0.05 y 0.01 nivel de probabilidad y no significativo, respectivamente

embargo, las recomendaciones locales con referencia al manejo del N sugieren que debería aplicarse en dosis de 50 kg/ha una vez, en la plantación o pre-inundación. Las dosis más elevadas deben dividirse en mitades y aplicarse a la pre-inundación. Las aplicaciones a la diferenciación de panícula deberían evitarse a menos que no pudieran realizarse otras previamente. Debido a las diferencias encontradas en cuanto a la efectividad, la dosis óptima económica debe considerarse tomando en cuenta los diferentes costos de aplicación para cada momento y combinación. La única posibilidad de aplicar N después de la inundación es mediante un avión, que encarece sensiblemente el costo de la fertilización y que —junto a la menor eficiencia de las aplicaciones tardías— disminuye aún más la rentabilidad de la operación. Por esta razón se enfatiza la recomendación de hacer aplicaciones tempranas de N como opciones adecuadas para el manejo de la fertilización en arroz.

CONCLUSIONES

Los rendimientos de arroz aumentaron por efecto del N aplicado hasta el primer nivel de N, mientras que

la producción de MST y N absorbido por el cultivo se lograron a lo largo del rango probado de N aplicado. Las dosis más elevadas de N provocaron disminuciones de rendimiento de arroz por vuelco o "vaneo".

El efecto de las dosis es mayor que el efecto del momento o el fraccionamiento de las aplicaciones, y no se recomiendan aplicaciones superiores a 50 kg/ha de nitrógeno. Con base en la recuperación del N aplicado, el uso de una eficiencia de 0.40 es adecuado para los balances y recomendar su empleo.

El fraccionar las aplicaciones no ofrece ventajas sobre los rendimientos de arroz, pero disminuye el riesgo de vuelco por dosis excesivas de nitrógeno. El efecto del fraccionamiento del N es lineal y aditivo a los niveles más bajos probados.

La eficiencia en promedio de cada momento disminuye a medida que se retrasa la aplicación. En consecuencia, la práctica recomendada para la región es concentrar las aplicaciones antes del riego, evitando las aéreas a la diferenciación de la panícula.

LITERATURA CITADA

- ANDERSON, R.L.; NELSON, L.A. 1987. Linear-plateau and plateau-linear-plateau models: Useful in evaluating nutrient responses. Technical Bulletin North Carolina Research Service (EE UU, Raleigh, NC) no 283
- CASTRO, G.O.; PÉREZ, C.E.; ARROYO, J. 1991. Provincia de Corrientes: Caracterización agroclimática. 1ra y 2da etapas. Buenos Aires, Arg., Consejo Federal de Inversiones. 5 tomos.
- CHEBATAROFF, N.; DEAMBROSI, E. 1985. Fertilización nitrogenada en arroz. In Jornadas de Actualización Técnica en Fertilización de Arroz (1985, Concepción del Uruguay, Entre Ríos) p 11-33.
- CIAT (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL) 1983. Sistema de evaluación estándar para arroz. Col., Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 61 p.
- DE DATTA, S.K.; MALABUYOC, J. 1976. Nitrogen response of lowland and upland rice in relation to tropical environment conditions. In Climate and rice. Los Baños, Filipinas, International Rice Research Institute p 509-539.
- DE DATTA, S.K.; MALABUYOC, J. 1985. Availability and management of nitrogen in lowland rice in relation to soil characteristics. In Wetland soils: Characterization, classification and utilization. Los Baños, Filipinas. IRRI p. 247-267.
- DE DATTA, S.K.; MALABUYOC, J. 1986. Improving nitrogen fertilizer efficiency in lowland rice in tropical Asia. Fertilizer Research (EE UU.) 9:171-186.
- ESCOBAR, E.H.; LIGIER, H.D.; MATTEIO, H.R. 1990. Provincia de Corrientes. In Atlas de suelos de la República Argentina. Buenos Aires, Arg., Ministerio de Agricultura/INTA, Proyecto PNUD Arg. 019/85.
- EVATT, N.S.; HODGES, R.J. 1975. Developing efficient systems of fertilization of rice. In Six decades of rice research in Texas. Texas A & M University, College Station. Research monograph no 4 p 31-36.
- FILLERY, I.R.P.; VLEK, P.L.G. 1982. The significance of denitrification of applied nitrogen in fallow and cropped rice soils under different flooding regimes. Plant Soil 65:153-169.
- GOMES, A.S.; VAHAL, L.C. 1978. Respostas de cultivares de arroz irrigado a níveis e épocas de aplicação de nitrogênio. In Reunión Anual de Arroz (8, Porto Alegre) Anais Pelotas, RS, EMBRAPA/UEPAE p 84-90.
- KEENEY, D.R.; NELSON, D.W. 1982. Nitrogen: Inorganic forms. In Methods of soil analysis 2nd ed. A.L. Page (Ed.) Agronomy 9:643-698.
- LIGIER, H.D.; ROIG, H. 1992. Relevamiento de demandas del sector arrocero. INTA, EEA Corrientes. Proyecto Arroz. 44 p.
- LOPES, M.S.; CARMONA, P.S. 1986. Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio em genótipos de arroz irrigado. In Reunião da cultura do arroz irrigado. (15, 1986) Anais R.S., Bra., Porto Alegre.
- LSU (LOUISIANA STATE UNIVERSITY). 1987. Rice production handbook. Baton Rouge, LA., Agricultural Center. 62 p.
- MELGAR, R.J.; MANOILOFF, I.T. DE; LIGIER, H.D. 1990. Niveles y factores de respuesta del arroz a los fertilizantes en el norte de Corrientes. Ciencia del Suelo 8:64-72.
- MIKKELSEN, D.S.; DE DATTA, S.K.; OBCEMEA, W.N. 1978. Ammonia volatilization losses from flooded rice soils. Soil Science Society of America Journal 42:725-730.
- REDDY, K.R.; PATRICK, W.H. JUNIOR. 1976. Yield and nitrogen utilization by rice as affected by method and time of application of labelled nitrogen. Agronomy Journal 68:965-969.
- SÁNCHEZ, P.A. 1976. Properties and management of soils in the tropics: Nitrogen. 6. New York, John Wiley. p 184-222.
- SAS INSTITUTE INC. 1988. SAS/STAT guide for personal computers: Version 6.03. Cary, NC, SAS Institute.
- SESHU, D.V.; CADY, F.B. 1984. Response of rice to solar radiation and temperature estimated from international yield trials. Crop Science 24:649-654.
- STANFORD, G.; LEGG, J.O. 1984. Nitrogen and yield potential. In Nitrogen in crop production. Madison, WI., ASA, CSSA, SSSA. p. 63-272.
- TERMAN, G.L.; BROWN, M.A. 1968. Crop recovery of applied fertilizer nitrogen. Planta and Soil 29:48-65.
- VLEK, L.G.; FILLERY, I.R.P. 1985. Improving nitrogen efficiency in wetland rice soils. Fert. Soc. of London 230:2-35.
- WELLS, B.R.; SHOCKLEY, P.A. 1975. Conventional and controlled release nitrogen sources for rice. Soil Science Society of America Proceedings 39:549-551.

Plagas y Depredadores en Soja en el Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (Arg.)¹

N. Bercellini*, L. Malacalza*

ABSTRACT

Arthropods occurring on soybeans northeast of Buenos Aires (Chivilcoy and Alberti towns) were surveyed weekly by the sweep net method during growing season periods between 1987 and 1991. The defoliant coleoptera *Diabrotica speciosa* (Germ.) and *Colaspis* spp. attacked during the first stages of vegetation, whereas the caterpillars *Rachiplusia nu* (Guen.) and *Colias lesbia* (F.) were the most frequent, attacking mainly during subperiods V6 to R3. Stink bugs *Nezara viridula* (L.) and *Piezodorus guildinii* (West.) were the most abundant, appearing in great quantities from the formation of pods to maturity. During of prefloration and flowering periods, high levels of infestation of the budworm, *Epinotia aporema* (Wlsm.), were detected. Arachnida were the dominant predators; specimens of *Nabis*, *Chrysopa*, *Eriopsis*, *Lebia* and *Orius* were found in lesser number. The density variations of these predators are similar to those of the defoliants. Stink bugs, however, were the most prevalent.

RESUMEN

Se determinó la fauna perjudicial y benéfica en los cultivos de soja en los partidos de Chivilcoy y Alberti (noroeste de la provincia de Buenos Aires). Semanalmente, se realizaron muestreos con una red entomológica de arrastre durante las temporadas entre 1987 y 1991. Los coleópteros defoliadores *Diabrotica speciosa* (Germ.) y *Colaspis* spp. atacaron durante las primeras etapas del estado vegetativo, mientras que las orugas *Rachiplusia nu* (Gn.) y *Colias lesbia* (F.) fueron las más abundantes y atacaron entre los subperíodos V6 a R3. Las chinches *Nezara viridula* (L.) y *Piezodorus guildinii* (West.) fueron las más numerosas y aparecieron masivamente desde la formación hasta la madurez. Durante los períodos de floración y prefloración se detectaron altos niveles de infestación del barrenador de los brotes, *Epinotia aporema* (Wlsm.). Los arácnidos fueron los depredadores más abundantes y frecuentes; en menor cantidad se hallaron individuos de *Nabis*, *Chrysopa*, *Eriopsis*, *Lebia* y *Orius*. Las variaciones en densidad de estas poblaciones acompañaron, en general, a las de las especies defoladoras, pero no ocurrió igual en relación con las chinches.

Palabras-clave: Soja, plagas, depredadores, fauna benéfica, fauna perjudicial.

INTRODUCCIÓN

Desde 1960, la superficie destinada al cultivo de soja en Argentina, se ha incrementado. Durante 1979-1980 se cultivaron 3073 000 ha y, en 1989-1990, 5100 000 hectáreas. En los partidos de Alberti y Chivilcoy, Buenos Aires, el cultivo tuvo una difusión similar; en la temporada 1972-1973 se cultivaron 450 ha; y, en las décadas siguientes, esa cifra aumentó hasta 64 000 ha, en la temporada de 1990-1991.

La difusión del cultivo en las distintas zonas de producción ocasionó problemas con el manejo de las plagas (Bimboni 1978; Gamundi s.f.) lo que provocó mermas en los rendimientos y, en algunos casos, alteró la calidad de la semilla. Hasta ahora, el principal método de control ha sido el químico; de US\$60 millones del mercado total de insecticidas en Argentina, el 28.7% corresponde al empleado en soja (Gamundi s.f.). Por el elevado costo económico del método y el alto poder contaminante de los insecticidas empleados (Kogan y Turnipssed 1986; Salibian y Capelletti s.f.; Salibian 1992), en muchas regiones productoras de soja se han desarrollado investigaciones para practicar programas de manejo integrado de plagas (Correa 1986; Grant y Shepard 1985; Kobayashi y Cosenza 1987; Kogan y Turnipssed 1986; Massaro 1990; Panizzi *et al.* 1977; Santos *et al.* 1978).

En la zona de Alberti y Chivilcoy, muchos productores aplicaron insecticidas en sus lotes con soja, mientras que otros, ante situaciones similares, no lo hicieron; a

¹ Recibido para publicar el 6 de noviembre de 1992

Los autores agradecen a la doctora N. Sánchez por su ayuda en los muestreos y la corrección de los manuscritos; al señor J. Cattáneo y autoridades de la Escuela Agrícola Eduardo Clauz, de Alberti, por facilitar los lotes experimentales y apoyo en las tareas de campo; así como al personal del Centro de Investigaciones Parasitológicas y de Vectores (CEPAVE), Universidad Nacional de La Plata, y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, por identificar las familias de arácnidos.

* Sector Ecología, Depto. de Ciencias Básicas; Universidad Nacional de Luján, C C 221 (6700) Luján, Arg

pesar de eso, los rendimientos obtenidos fueron parecidos. Por este motivo, se decidió realizar un trabajo para identificar las plagas y sus depredadores en el cultivo, igual que sus variaciones poblacionales y momentos de aparición, y la información necesaria para proyectar un manejo integrado de plagas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron muestreos durante el ciclo biológico del cultivo en las temporadas de 1987-1988 a 1990-1991. Las muestras se tomaron en dos predios distantes 30 km uno del otro, de 25 ha cada uno, ubicados en los partidos de Alberti y Chivilcoy. Los lotes de muestra no recibieron control químico para plagas y fueron sembrados en la segunda quincena de noviembre con la variedad Asgrow 5308 y 5402. La densidad de siembra fue de 30 semillas por metro con una separación de 0.70 m entre filas; fueron trabajados con arado de reja y vertedera, rastras de discos y de dientes, y las malezas fueron controladas con escardillo.

Para conocer el estado biológico del cultivo, se empleó el método desarrollado por Fehr *et al.* (1971). Los muestreos de plagas y de depredadores se efectuaron semanalmente; en cada fecha de muestreo, se determinaron al azar 10 estaciones por lote. Para calcular el número de muestras se empleó el sistema propuesto por O'Neil *et al.* (1989)

La recolección de los artrópodos se realizó con una red entomológica de arrastre de 35 cm de diámetro por 80 cm de profundidad y se dieron veinte golpes para abarcar cuatro filas de plantas (Kogan y Pitre 1980). En el laboratorio, el material recolectado fue identificado y cuantificado y se calculó la densidad en promedio para cada lote.

Para estimar la abundancia del barrenador de los brotes, *Epinotia aporema* (Walsingham) (Lepidoptera: Tortricidae), se revisaron, en cada sitio de muestreo, todas las plantas comprendidas en un metro de fila y los valores se expresaron como porcentaje de plantas atacadas; se consideraron como tales aquellas que presentaban larvas de barrenador en cualquier brote (Correa 1980). Con el fin de poder determinar la posible relación entre densidades de plagas y las de los depredadores, se efectuó un análisis de correlación

RESULTADOS

Los artrópodos-plaga y algunos de sus depredadores hallados durante este estudio fueron los siguientes:

Coleóptera

Chrysomelidae: *Diabrotica speciosa* (Germ.), *Colaspis* spp.; Meloidae: *Epicauta* spp.; Curculionidae: *Naupactus* sp., *Pantomorus* sp.

Lepidoptera: Arctiidae: *Spilosoma virginica* (F.); Tortricidae: *E. aporema* (Wism.); Noctuidae: *Agrostis* spp., *Anticarsia gemmatalis* (Hubner), *R. nu* (Gn.), *Spodoptera frugiperda* (Smith); Pieridae: *C. lesbia* (F.); Phycitidae: *Elasmopalpus lignosellus* (Zell.)

Orthoptera

Acrididae: *Dichroplus* spp.

Hemíptera

Pentatomidae: *N. viridula* (L.), *P. guildinii* (West.), *Edessa mediatubunda* (F.), *Dichelops furcatus* (F.).

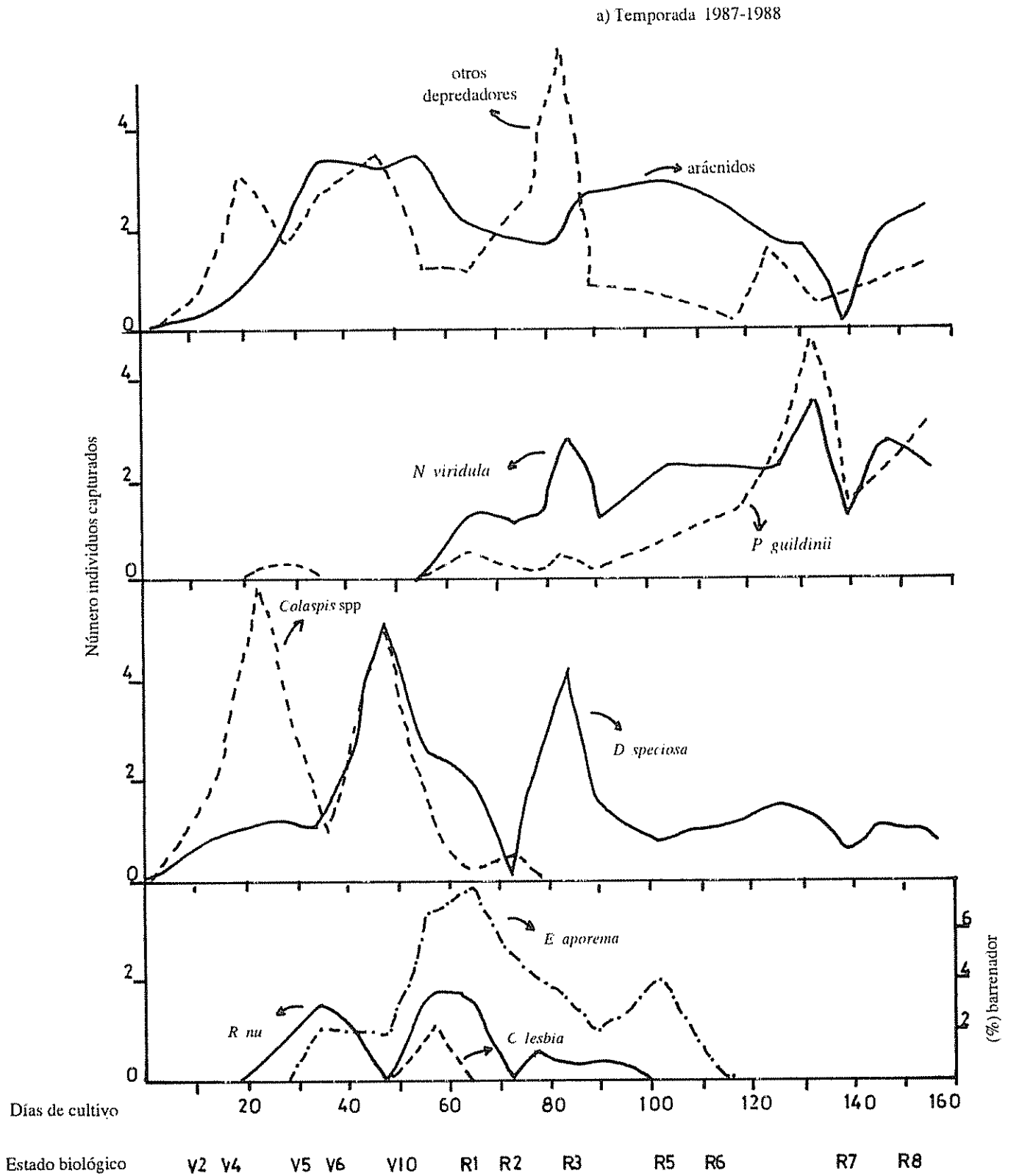
Homóptera

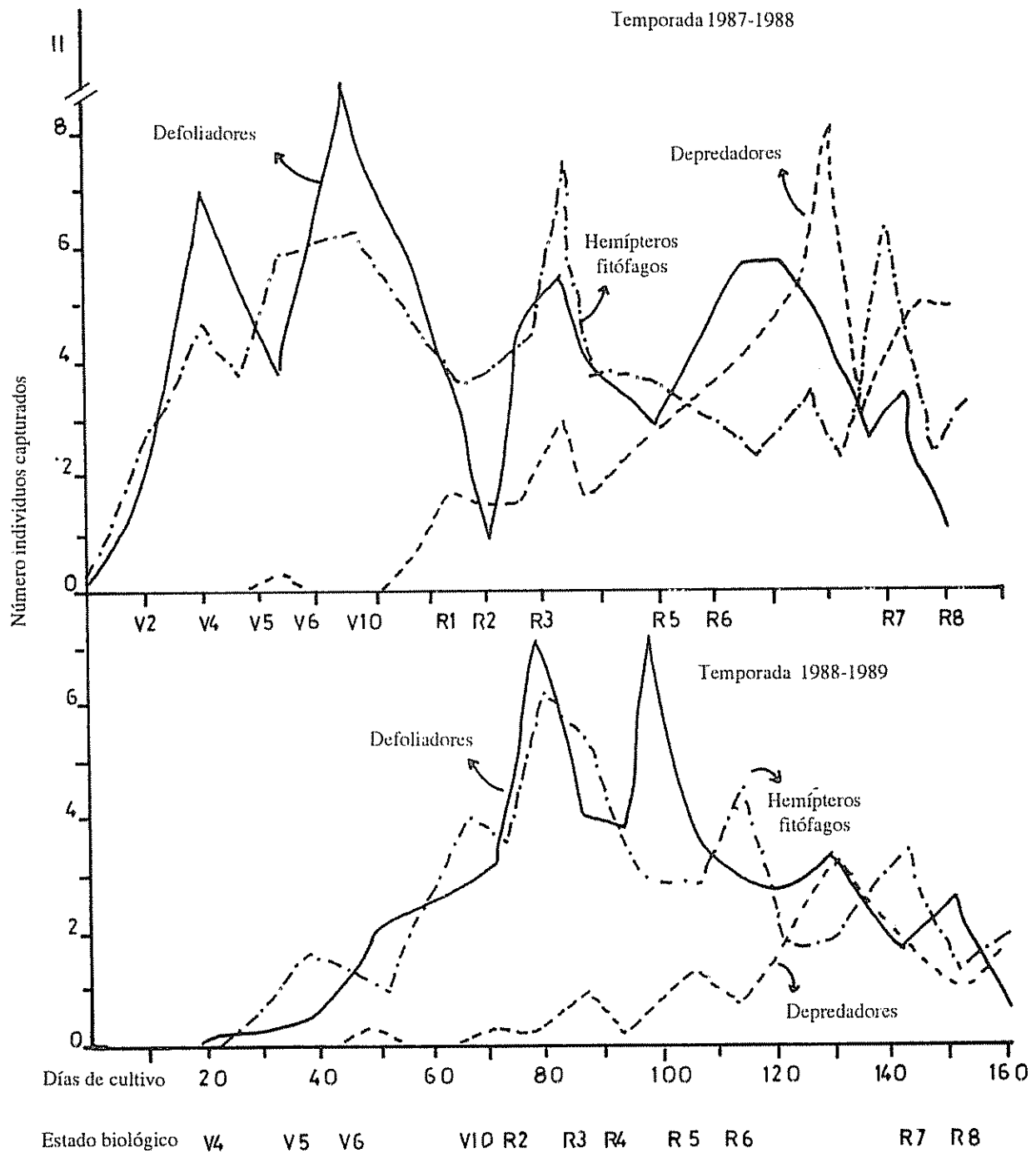
Membracidae: *Ceresa* spp.

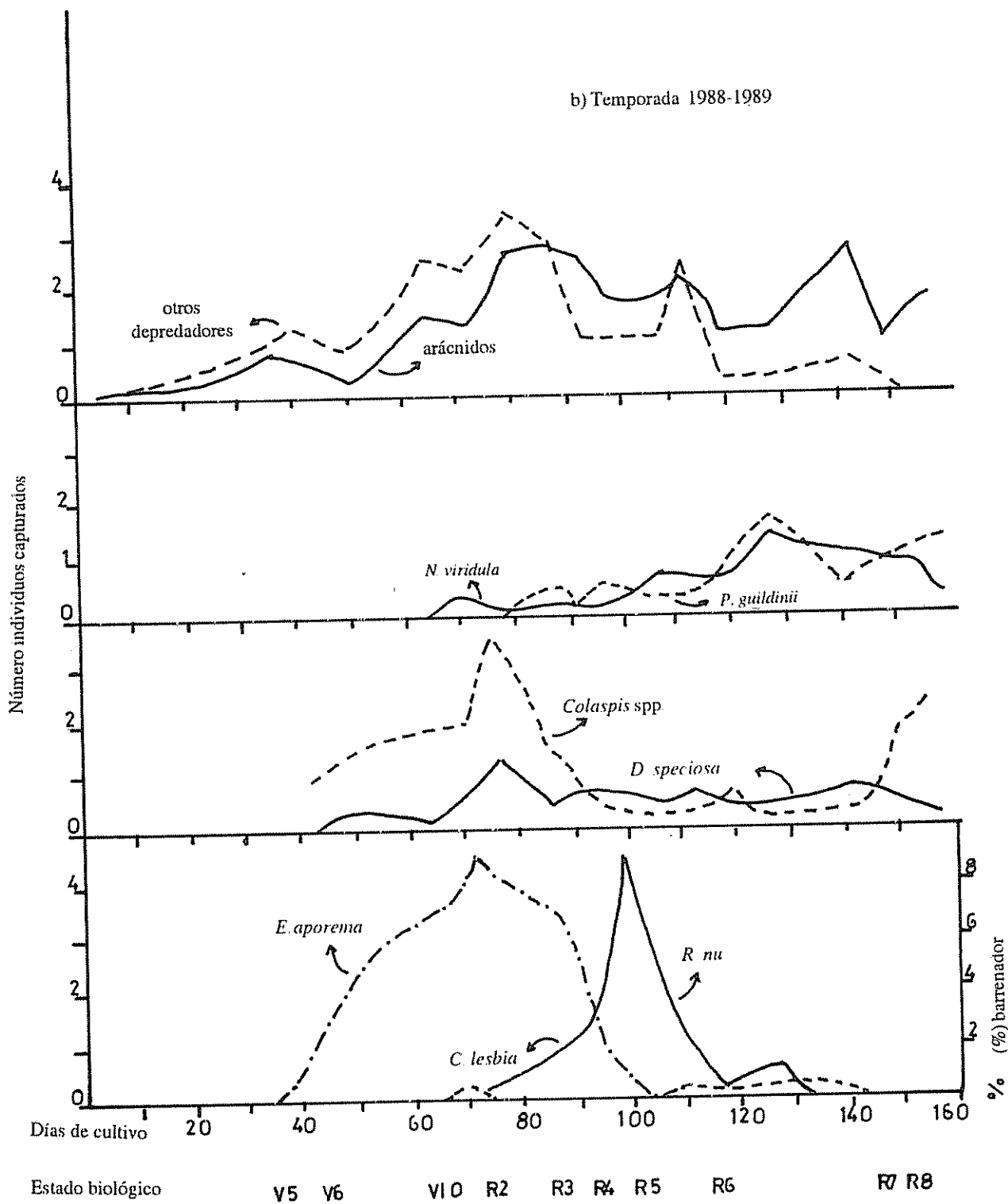
Depredadores

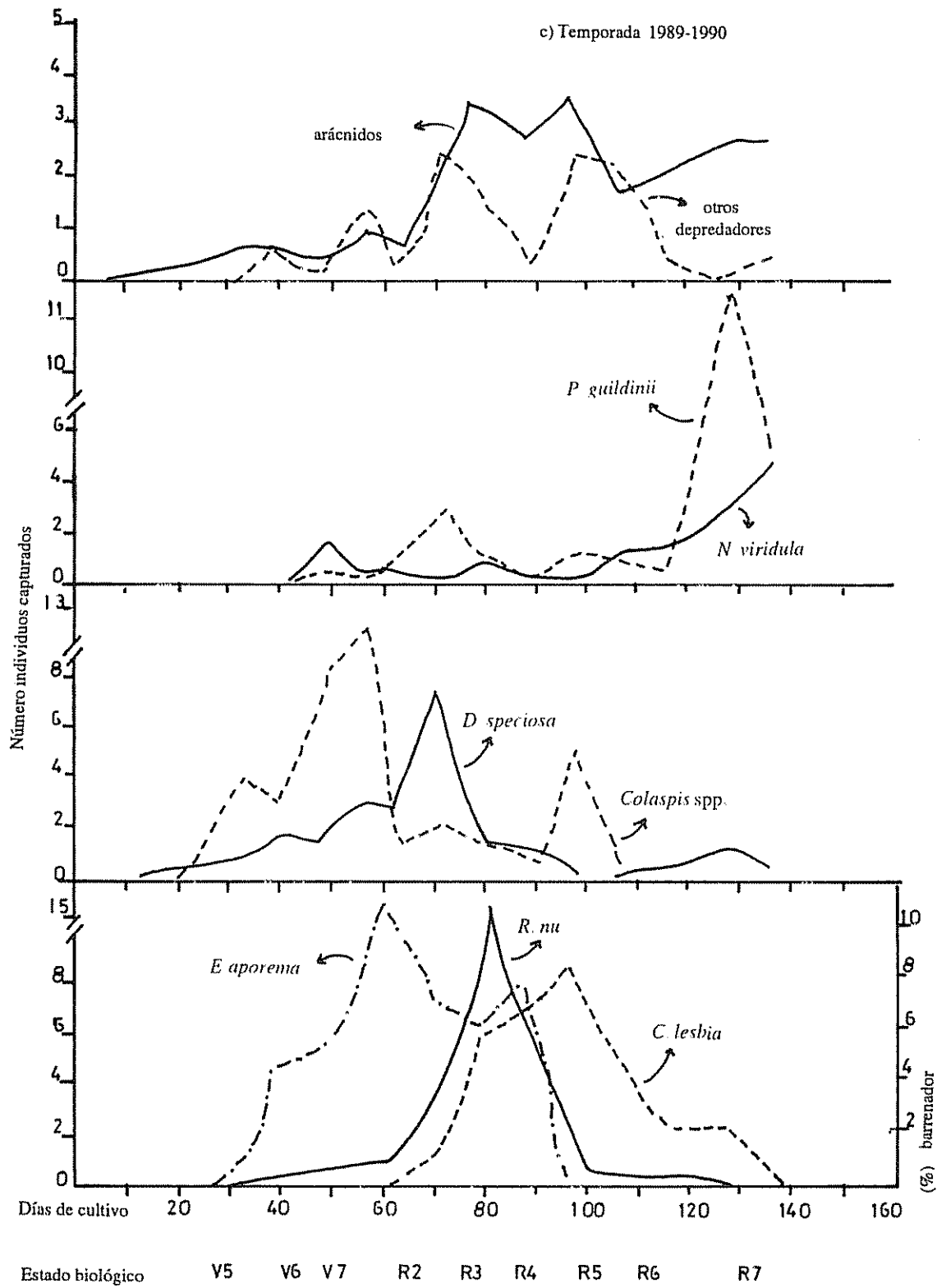
Arácnidos de las familias: Thomisidae, Argiopidae, Salticidae, Theridiidae, Oxyopidae, Lycosidae; Hemíptera: *Nabis* spp., *Orius* spp., *Geocoris* spp.; Coleóptera: *Lebia* spp., *Eriopis* spp.; Neuroptera: *Chrysopa* spp.

La abundancia y las variaciones en densidad de las plagas más importantes y de algunos de sus depredadores están representadas en la Fig. 1. Entre los coleópteros defoliadores, las vaquitas, *D. speciosa* y *Colaspis* spp., fueron las más abundantes y frecuentes. También se hallaron los gorgojos, *Pantomorus* y *Naupactus*, que si bien estuvieron presentes durante el ciclo del cultivo, sus densidades fueron bajas.









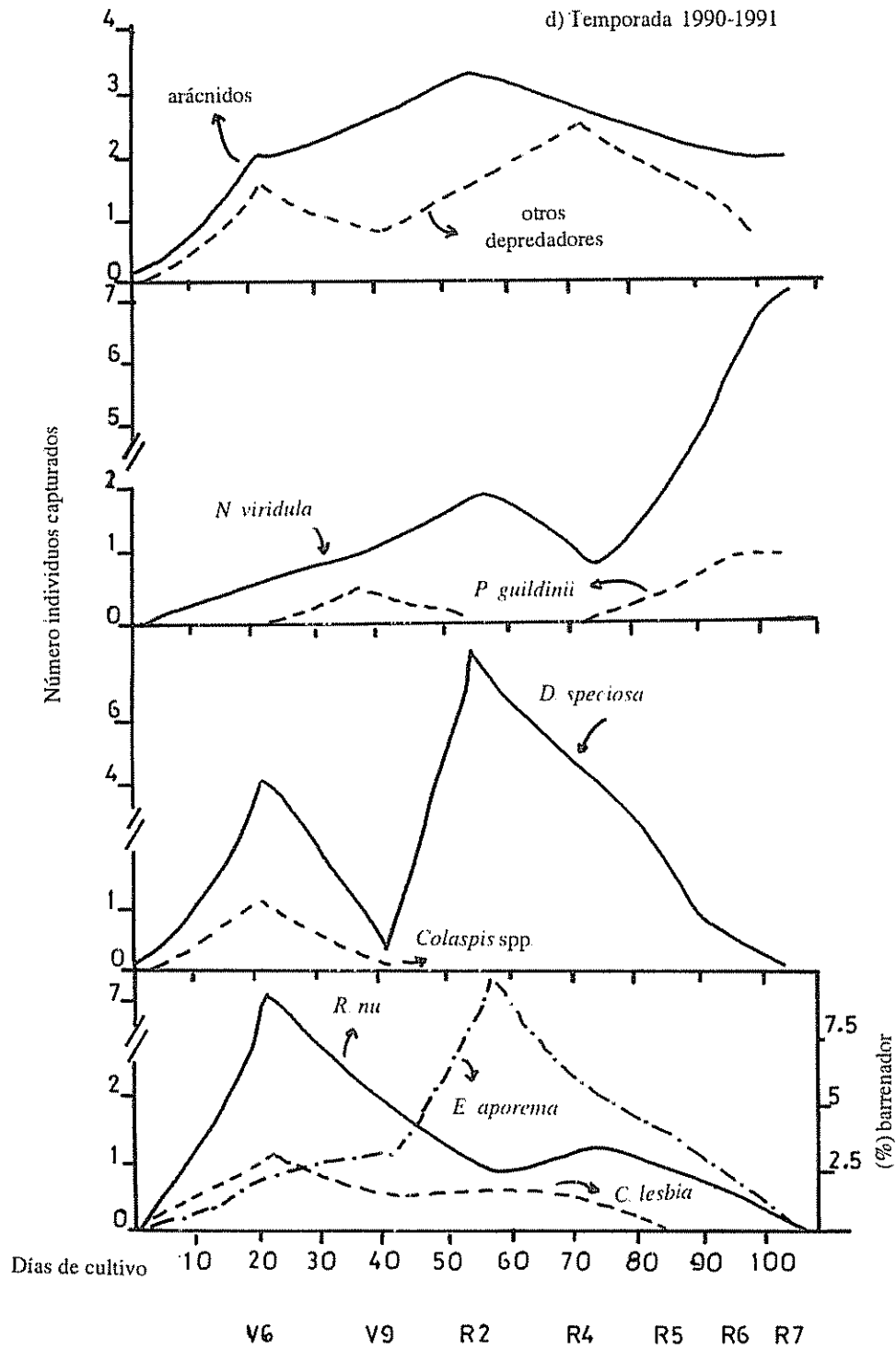


Fig. 1. Densidades de las plagas más importantes y sus depredadores durante el ciclo biológico de la soja; a) temporada 1987-1988; b) temporada 1988-1989; c) temporada 1989-1990; d) temporada 1990-1991. Muestreos realizados en los partidos de Alberti y Chivilcoy (Buenos Aires, Arg.).

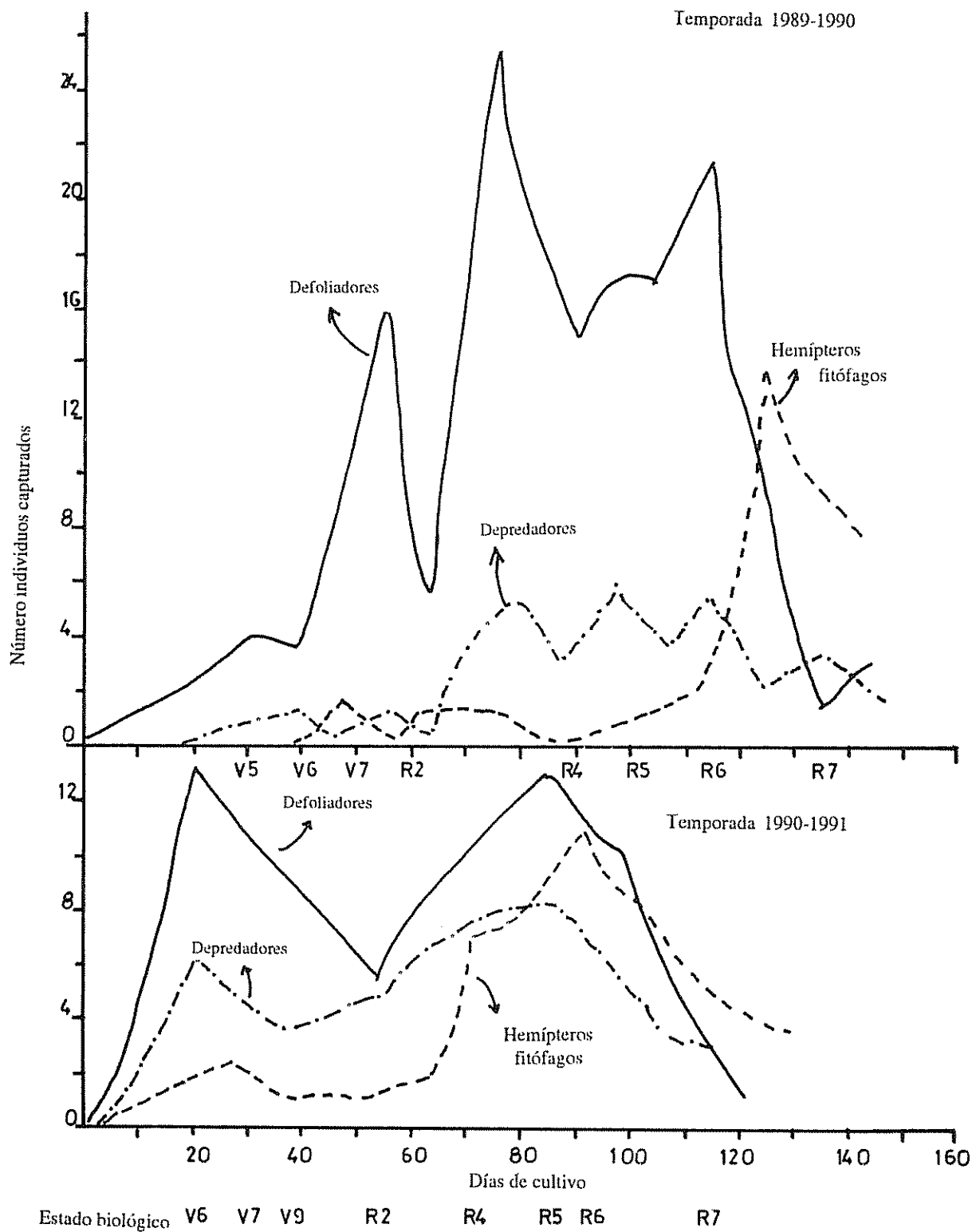


Fig. 2. Densidad de los defoliadores (coleópteros y lepidópteros), chinches fitófagas (hemípteros) y depredadores. Muestréos realizados durante el ciclo biológico de la soja en los partidos de Alberti y Chivilcoy (Arg.).

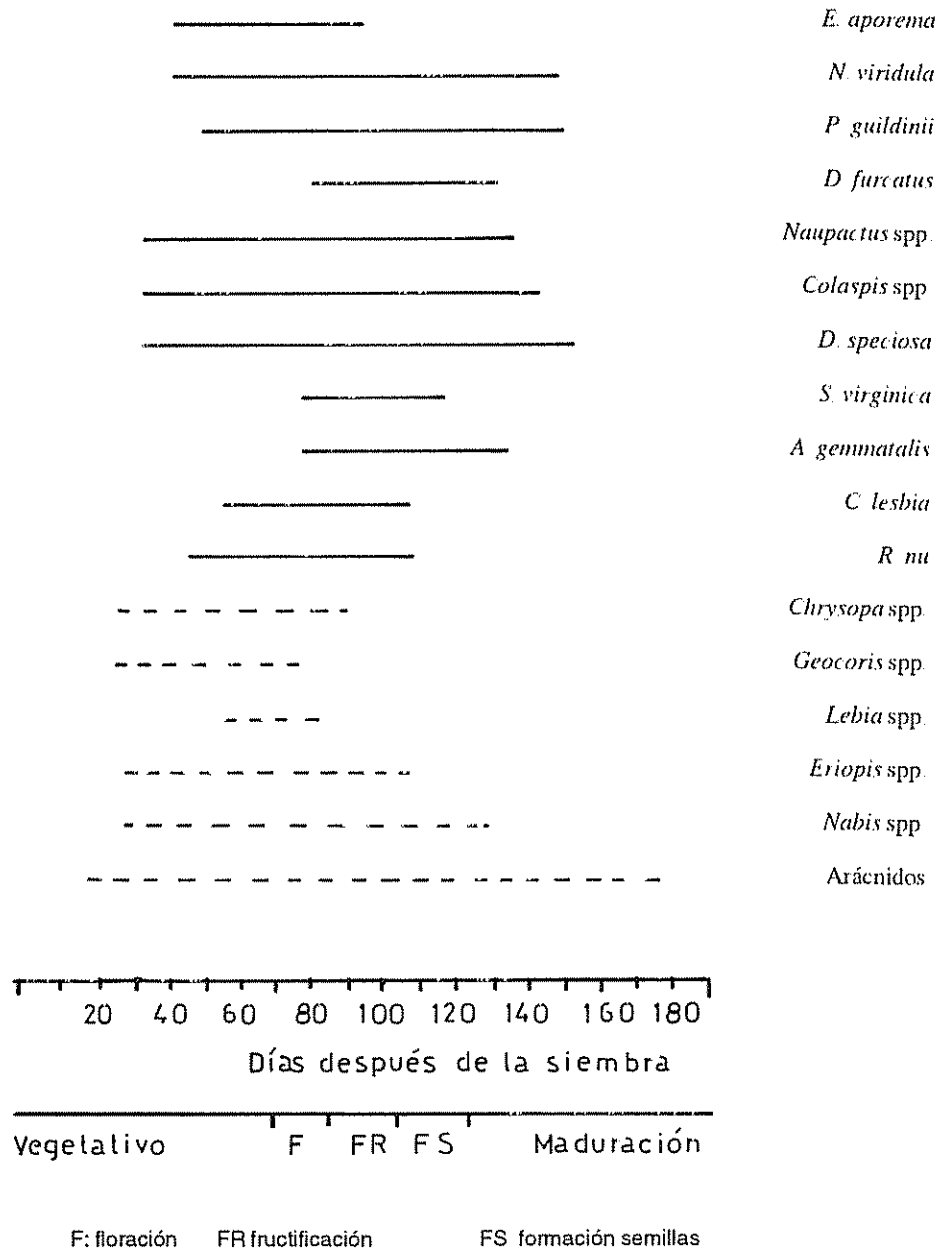


Fig. 3. Coincidencia temporal entre plagas y depredadores en los lotes de soja en los partidos de Alberti y Chivilcoy (Arg.). Valores promedio de las temporadas comprendidas entre 1988-1991.

Dentro de las especies defoliadoras más abundantes se destacaron *R. nu* (oruga medidora) y *C. lesbia* (oruga de la alfalfa), cuyas densidades más altas se detectaron entre los subperíodos V6 y R4. En cambio, *S. virginica* (gata peluda) presentó altos valores de densidad duran-

te las etapas de llenado de granos y de maduración; dichos períodos coincidieron con la etapa de senescencia del girasol, *Heliantis annuus*; por lo tanto, es muy posible que dicha especie estuviera obligada a invadir los lotes vecinos para encontrar alimento.

La oruga de las leguminosas, *A. gemmatalis*, menos frecuente que las anteriores, se detectó en bajas densidades a finales del período de llenado de granos y en maduración. Esta especie, en Argentina, es una plaga importante en el centro y en el sur de la provincia de Santa Fe (Gamundi s.f.), así como en los estados sojeros del sur de Brasil (Santos *et al.* 1978). En esas regiones, la oruga ataca durante la mayor parte del ciclo del cultivo.

El barrenador de los brotes, *E. aporema*, presentó las mayores densidades durante los subperíodos de prefloración y floración. Correa (1980) cita esta especie como una plaga de amplia difusión en el sur de Brasil y señala que las mayores densidades se dan cuando el cultivo se encuentra en las últimas fases del período vegetativo y las primeras del reproductivo.

En el complejo de hemípteros fitófagos, las chinches *N. viridula* y *P. guildinii* presentaron densidades más altas durante los subperíodos de formación de vainas, llenado de granos y maduración; esa información coincide con la suministrada por Santos (1978), Bimboni (1978) y Panizzi (s.f.).

Los arácnidos fueron los depredadores más abundantes y frecuentes. Esto podría deberse a que se alimentan de un amplio número de especies de plagas y de depredadores. Información similar fue recopilada por Santos (1978) en Brasil, en el estado de Paraná.

Las vaquitas benéficas *Eryopsis* spp. y *Lebia* spp. se encontraron con altas densidades durante las primeras etapas del estado vegetativo (V3 - V6); lo que coincidió con la presencia de las poblaciones de *R. nu* y *C. lesbia*, de cuyos huevos y larvas menores de 1.5 cm se alimentan.

Nabis spp. presentó densidades elevadas en los meses de enero y febrero; esta especie tiene preferencia por larvas y huevos de lepidópteros. Se detectó *Orius* spp. en los brotes y fue más abundante durante su formación; etapa en que se encontraron densidades altas de *E. aporema* y que los neurópteros de *Chrysopa* tuvieron importancia entre los subperíodos R2 y R6.

En la Fig. 2 se agrupan las especies por sus hábitos alimentarios: defoliadores, chinches fitófagas y depredadores.

Al representar las densidades de cada grupo, se observa que en todas las temporadas, excepto en 1989-

1990, y a través del ciclo biológico del cultivo, las especies de defoliadores mostraron un patrón de variación similar al de las especies de depredadores.

También se ve que las variaciones poblacionales de las chinches fitófagas no estuvieron acompañadas por depredadores. En la temporada 1989-1990, hasta la etapa de floración, se observó una relación positiva entre el incremento de la densidad de los defoliadores y de los depredadores; luego, los primeros mostraron un fuerte incremento poblacional, que no estuvo acompañado por las poblaciones de depredadores.

El análisis de correlación efectuado entre defoliadores y depredadores presentó coeficientes bastante elevados para las temporadas señaladas: 0.65, 0.69, 0.60, 0.75. En cambio, los correspondientes a la correlación hemípteros fitófagos y depredadores fueron muy bajos.

La Fig. 3 permite observar la coincidencia temporal entre las especies-plaga y sus depredadores. En general hubo una elevada correspondencia entre ambos grupos; el grado mayor lo presentaron los arácnidos.

Los rendimientos de granos obtenidos en los lotes de muestra en las temporadas desde 1987-1988 hasta 1990-1991 fueron respectivamente: 2350 kg/ha, 2400 kg/ha, 3100 kg/ha y 1990 kg/ha; en tanto que los valores estimados para la región por la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca para el mismo período fueron 2185 kg/ha, 1714 kg/ha, 2070 kg/ha y 2400 kg por hectárea.

DISCUSIÓN

Es probable que las especies de depredadores responden rápidamente cuando las plagas de defoliadores invaden los cultivos, pues probablemente se encuentran en los lotes o en sus proximidades antes de la siembra. La diversidad y la densidad de ambos grupos, en gran medida, sufren la influencia de los cultivos antecesores, las labores culturales realizadas en los lotes y las actividades agrícolas desarrolladas en los lotes vecinos.

Las chinches fitófagas, *N. viridula* y *P. guildinii*, no estuvieron controladas por el grupo de depredadores encontrados, ya que cuando ellas aumentaron su densidad de población, estos no lo hicieron en igual proporción.

Cuando el incremento de las plagas es elevado, la fauna de depredadores no responde en forma similar; en situaciones de este tipo, habría que realizar muestreos más frecuentes y contemplar la posibilidad de efectuar otros controles. Aunque en algunos experimentos realizados durante cuatro temporadas se alcanzaron altos valores de densidad de plagas, sin controles químicos, las densidades volvieron a valores tolerables. Esto indicaría que, en los cultivos de la región, además de las especies de depredadores halladas podrían existir otros factores reguladores, cuya acción sería importante evaluar.

CONCLUSIONES

- Las plagas más importantes que atacaron el cultivo de soja fueron *D. speciosa* y *Colaspis* spp., durante el estado vegetativo; *R. nu* y *C. lesbia*, en la prefloración y la floración; *E. aporema*, en la prefloración, la floración y la formación de vainas; y las chinches fitófagas, *N. viridula* y *P. guildinii*, durante el llenado de granos y la maduración.
- Las especies de depredadores de mayor abundancia y frecuencia fueron los arácnidos, seguidos de las vaquitas, *Eriopis* spp. y *Lebia* spp.
- Los rendimientos, a pesar de emplear insecticidas, fueron similares a los valores medios de la región.
- La calidad comercial de la semilla no se vio alterada por la acción de las diferentes plagas.
- Por lo tanto, es posible un manejo integrado de plagas si existe una rica y abundante fauna depredadora.

LITERATURA CITADA

- BIMBONI, H. 1978. Daños producidos en soja por distintas densidades de población de chinche verde, *Nezara viridula* (L.) IDIA p. 76-82.
- CORREA, B.S. 1980. Sampling *Epinotia aporema* on soybean. In Sampling methods in soybean entomology. M Kogan, D.C Herzog (Eds.) New York. Springer-Verlag Chapter 18. p 375-381
- CORREA, B.S. 1986. Ocorrencia natural do complexo de parasitoides de ovos de percevejos da soja no Parana. Anais da Soc. Entomologica do Brazil v 2
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E.; BURMOOD, D.I.; PENNINGTON, J.S. 1971. Stage of development descriptions for soybeans *Glycine max* (L.) Merrill. Crop Science 11:929-931
- GAMUNDI, J.C. s.f. Manejo integrado de plagas de soja: Información para extensión N-40. Arg. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Oliveros p 10
- GRANI, J.F.; SHEPARD, M. 1985. Techniques for evaluating predators for control of insect pests. Journal Agricultural Entomology
- KOBAYASHI, I.; COSENZA, W. 1987. Integrated control of soybean stink bugs in the Cerrados. JARQ 20(4):229-236
- KOGAN, M.; PIETRE, N. 1980. General sampling methods for above ground populations of soybean arthropods. In Sampling methods in soybean entomology. M Kogan, D.C Herzog (Eds.) New York, Springer-Verlag Chapter 2, p 30-60
- KOGAN, M.; TURNIPSEED, S.G. 1987. Ecology and management of soybean arthropods. Annual Review of Entomology 32:507-538
- MASSARO, R.A. 1990. Control integrado: Una tecnología alternativa para el control de plagas insectiles en soja. Centro Regional Santa Fe, Estación Experimental Agropecuaria Oliveros. Información para Extensión no 52
- MCPHERSON, R.M.; SMITH, J.C.; ALLEN, W.A. 1982. Incidence of arthropods predators in different soybean cropping systems. Environmental Entomology 11(3):685-689.
- O'NEIL, R.J.; ANDREWS, K.L.; BARFIELD, C.S.; SOBRADO, C.S. 1989. A sampling program for fall armyworm in maize. Journal of Economic Entomology 82:134-138.
- PANIZZI, A.R.; CORREA, B.S.; GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA, E.B.; NEWMAN, G.G.; TURNIPSEED, S.G. 1977. Insectos da soja no Brasil. EMBRAPA, CNPSOJA. Boletín Técnico no 1. 20 p
- SANTOS, B.B.; SMITH, J.G.; FOERSTER, L.A. 1978. Manejo dos insetos pragas da soja no centro-sul do Paraná. Organizacão das Cooperativas do Estado do Parana, OCEPAR. 36 p
- SALIBIAN, A.; AGULLA-CAPELLETTI, A.M. s.f. Efectos de los piretroides sobre organismos dulceacuícolas: Acciones de una formulación de permetrina sobre larvas jóvenes de *Bufo arenarum*. In Reunión de Ecología (12) Resúmenes p. 8-14
- SALIBIAN, A. 1992. Effects of Deltamethrin on the South American toad, *Bufo arenarum*: Tadpoles. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 48:616-621

Correlação Entre a Severidade da Antracnose em Vagens de Feijoeiro e a Transmissão de *Colletotrichum lindemuthianum* Pelas Sementes¹

E. Araújo*, L. Zambolim**,
F. X. Ribeiro do Vale**, C. Vieira**

ABSTRACT

Plants of nine bean cultivars were inoculated during the pre-flowering (R5), flowering (R6), pod formation (R7), pod development (R8) and pod maturation (R9) growth stages with race BA-2 (alpha) of *Colletotrichum lindemuthianum*. Also, seeds collected during the growth stages R7, R8, and R9 were inoculated *in vitro* with the pathogen. The plants inoculated at R7 growth stage produced the highest percentage of infected seeds. Those seeds inoculated *in vitro* at the R8 growth stage were the most susceptible to the pathogen. For most of the bean cultivars there was a positive and significant correlation between disease severity on the pods inoculated during R7 growth stage and the percentage of infected seeds.

RESUMO

Plantas de nove cultivares de feijão foram inoculadas durante os estádios de pré-floração (R5), floração (R6), formação de vagens (R7), enchimento de grãos (R8) e maturação fisiológica (R9), com raça BA-2 (alfa) do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. Também sementes coletadas durante os estádios R7, R8 e R9 foram inoculadas *in vitro* com o patógeno. As maiores percentagens de transmissão do fungo pelas sementes verificaram-se nas plantas inoculadas durante o estádio R7. As sementes inoculadas *in vitro* durante o estádio R8 foram as mais afetadas. Existiu na maioria dos cultivares testados, uma correlação positiva e significativa entre a severidade da doença nas vagens das plantas inoculadas durante o estádio R7 e a percentagem de sementes infectadas.

INTRODUÇÃO

Nas inspeções de lavouras destinadas à produção de sementes, a constatação de certas doenças pode determinar a adoção de medidas de controle ou até mesmo a condenação do campo. O conhecimento da relação entre a intensidade de doenças e a transmissão de seus agentes etiológicos por intermédio de sementes, é importante no processo de decisões quanto ao destino dos campos de produção.

Estudos realizados com a antracnose (Gomes 1979; Lasca *et al.* 1980) e com a mancha angular (Dringra e Kushalappa 1980) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) mostraram não haver correlação entre a incidência dessas doenças no campo e a transmissão, por intermédio das sementes, de seus agentes causais, os fungos *C. lindemuthianum* e *Isariopsis griseola*, respectivamente. No entanto, Araya Fernández (1991) demonstrou que a incidência de antracnose nas vagens, mas não

nas plantas, apresenta correlação positiva e significativa com o número de sementes com o fungo *C. lindemuthianum*.

O presente trabalho foi realizado considerando severidade, segundo o conceito de James e Shih (1973). Foram estabelecidos os seguintes objetivos: avaliar as reações das vagens e das sementes de nove cultivares de feijoeiro ao fungo *C. lindemuthianum*; estabelecer correlações entre a severidade da antracnose em função do cultivar e do estádio de desenvolvimento da planta, com a transmissão do patógeno pelas sementes; verificar a influência das condições do ambiente sobre essas associações.

MATERIAL E METODOS

Manutenção das plantas e inoculações

Sementes de feijoeiro, dos cultivares Rico 1735, 3699-GUA-2-81-31, 3648-DOR-241, Ricoming 1896, cultivar 1055, Carioca, A-377, Pinto 111, 3689 CIAT e 3593 CIAT, cedidas pela Empresa de Pesquisas Agropecuárias de Minas Gerais (EPAMIG) foram semeadas em vasos que continham uma mistura de terra, areia e esterco, na proporção de 3:1:2. Durante o

¹ Recebido para publicação em 5 de setembro de 1991.

* Departamento de Fitotecnia do CCA/UFPB. CEP 58 397-000, Areia-PB, Bra

** Departamento de Fitopatologia da UFV, CEP 36 570-000, Viçosa-MG, Bra

desenvolvimento das plantas, em casa de vegetação, efetuaram-se práticas de manutenção, tais como desbastes, irrigação, tutoramento e combate as pragas.

Um experimento foi realizado, durante duas épocas (abril-junho de 1985 e março-junho de 1989), em que as plantas inoculadas foram mantidas em casa de vegetação. Neste estudo foi utilizada a raça BA-2 do fungo *C. lindemuthianum* (Oliari *et al.* 1973), sendo o cultivo da mesma efetuado no meio de cultura proposto por Mathur *et al.* (1950) e a manutenção das culturas em ambiente à 20 °C. As suspensões de esporos foram preparadas a partir de culturas com 15 dias de idade, ajustadas a concentração de 2×10^6 conídios por mililitro.

As inoculações foram feitas nas plantas por ocasião dos estádios de desenvolvimento denominados R5 - pré-floração; R6-floração; R7- formação de vagens; R8-enchimento de grãos; e R9-maturação fisiológica, segundo Fernández *et al.* (1983). As suspensões de esporos foram aplicadas por meio de atomizador De Vilbiss, número 15. As plantas inoculadas permaneceram em câmara de nevoeiro, à temperatura de 22 °C \pm 1 °C, com umidade relativa superior a 95%, durante 72 horas; findo este período, retornaram à casa de vegetação, onde permaneceram até a colheita. Para cada combinação cultivar-estádio de desenvolvimento foram inoculados quatro grupos (repetições) de 10 plantas, distribuídas segundo o delineamento experimental inteiramente casualizado.

Outro experimento foi realizado em uma câmara com controle de ambiente (temperatura 22 °C \pm 1 °C; intensidade luminosa 680 lx; umidade relativa 70%-90%), entre setembro de 1986 a março de 1978. Foram empregados os feijões Rico 1735, Ricoming 1986, A-377, Pinto 111 e 3595 CIAT. No início do desenvolvimento, as plantas foram mantidas na casa de vegetação, mas dois dias antes de cada fase de inoculação foram levadas ao ambiente com as condições controladas, onde permaneceram até a colheita. As inoculações foram feitas por ocasião dos estádios R6, R7 e R8. O delineamento estatístico e a disposição das plantas foram os mesmos dos experimentos conduzidos em casa de vegetação, assim como, a raça do patógeno, a concentração de conídios, o método de inoculação e o período de manutenção na câmara de nevoeiro.

Inoculação de sementes

Nas sementes das plantas inoculadas, a infecção ocorreu naturalmente. No entanto, por ocasião dos es-

tádios R7, R8 e R9, realizou-se também a inoculação *in vitro* das sementes oriundas de plantas não inoculadas.

A extração das sementes foi feita segundo o procedimento adotado por Machado e Carvalho (1975). As vagens, após a colheita foram mergulhadas numa solução de hipoclorito de sódio a 1%, por um a dois minutos. Com o auxílio de uma pinça, esterilizada pela flambagem, foi feita a abertura das vagens e retiradas as sementes que também foram desinfestadas com hipoclorito de sódio a 1% e depois lavadas com água esterilizada. As sementes, na inoculação *in vitro*, foram, após essa operação, imersas na suspensão de esporos, durante 10 minutos.

O método de incubação empregado para ambos os grupos de sementes foi o *blotter-test* (Kulshrestha *et al.* 1976). As sementes foram postas em placas de Petri, previamente esterilizadas, que continham em seu interior três camadas de papel de filtro umedecidos com água esterilizada. Em seguida, as placas foram deixadas por oito dias em uma câmara à 20 °C, sob luz fluorescente (15 W), fotoperíodo de 12 horas. A avaliação deste estudo foi feita considerando-se a percentagem de sementes e/ou plântulas com acérvulos ou que exibiam os sintomas característicos da antracnose.

Avaliação da severidade da antracnose e análises estatísticas

A avaliação da antracnose, nas vagens, foi realizada por ocasião da colheita, empregando-se uma escala gráfica adaptada de Castaño (1985). A severidade (S) foi expressa pelo Índice de Mackinney (Chester 1950), sendo $S = \text{somatório da frequência de graus da escala por número total de vagens, vezes o grau máximo da escala; o valor obtido foi multiplicado por 100.}$

Os dados de severidade e das percentagens de sementes com o patógeno foram transformados em $\text{arc. sen } \sqrt{x}(\%)$, para efeito de análise de variância. Foram também determinados os coeficientes de correlação entre a severidade da antracnose nas vagens *versus* as percentagens de sementes com *C. lindemuthianum*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Severidade de antracnose

Os resultados obtidos (Quadro 1) mostram variações nas reações dos cultivares, de acordo com a idade

Quadro 1. Severidade da antracnose do feijoeiro, por ocasião da colheita, em vagens obtidas de plantas inoculadas, em diferentes estádios de desenvolvimento, com a raça BA-2 de *C. lindemuthianum*.

Cultivares ¹	Plantas mantidas em casa de vegetação							Plantas mantidas em ambiente controlados	
	Primeira época experimental (abril-junho de 1985)			Segunda época experimental (abril/junho de 1986)				Estádio R7	Estádio R8
	Estádio R6	Estádio R7	Estádio R8	Estádio R5	Estádio B6	Estádio B7	Estádio 58		
Rico 1735	0.0 c ¹	20.0 a	38.9 a	0.1 b	3.6 d	2.8 a	2.1 bc	9.5 b	4.8 b
3699-GUA-2-81-31	8.0 c	41.9 a	48.6 a	1.4 ab	3.2 d	3.2 a	3.1 bc	-2	-
3648-DOR-241	17.8 bc	32.8 a	37.7 ab	0.1 b	9.7 c	5.3 a	0.1 c	-	-
Ricomig 1896	0.0 c	14.6 a	9.7 b	0.0 b	0.0 e	0.0 a	0.0 c	0.0 c	0.0 c
Cultivar 1055	20.0 b	22.1 a	56.3 a	1.5 ab	4.8 d	4.6 a	4.8 a	-	-
Carioca	0.0 c	42.7 a	48.2 a	3.3 ab	13.0 b	2.1 a	0.1 c	-	-
A-377	27.3 b	44.3 a	52.9 a	3.5 ab	4.4 d	3.6 a	1.1 c	15.9 a	3.5 b
3689 CIAT	40.0 a	31.3 a	63.5 a	4.4 a	21.7 a	3.9 a	1.3 c	-	-
3593 CIAT	20.0 b	35.4 a	38.8 ab	0.0 b	4.2 bc	3.7 a	1.4 bc	6.0 b	3.0 b
Pinto 111	-	-	-	-	-	-	-	11.2 a	16.1 a

1 Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

2 Os traços significam que os cultivares não foram testados nas condições do ambiente aonde está indicado.

da planta por ocasião da inoculação, e com as condições do ambiente. A severidade, das vagens, foi mais elevada nas plantas inoculadas no estádio R8, na primeira época experimental, e no R6, na segunda época. Nas plantas mantidas em ambiente controlado, a severidade de todos os cultivares foi maior nas plantas inoculadas no estádio R7.

Em ambiente controlado, as condições foram ajustadas, de modo a favorecer o desenvolvimento da antracnose do feijoeiro, e, permaneceram constantes até o final do período de observação. Na casa de vegetação não havendo controle do ambiente, as características climáticas (temperatura e umidade relativa) de cada época experimental, distintas, podem ter determinado a inconstância da reação dos cultivares durante os dois períodos de estudo.

Desenvolvimento de *C. lindemuthianum* em sementes

As sementes oriundas de plantas inoculadas (Quadro 2), foram menos afetadas por *C. lindemuthianum* do que aquelas inoculadas *in vitro* (Quadro 3). Isso, ocorre porque, nas primeiras, o patógeno para alcançar as sementes terá de atravessar as paredes da vagem, enquanto nas segundas, o patógeno entra em contato direto com as sementes (Araújo e Zambolim 1993).

As sementes, inoculadas *in vitro* no estádio R8 (Quadro 3), e as oriundas de plantas inoculadas no estádio R7 é (Quadro 2) foram as mais afetadas pelo patógeno. As sementes, no estádio R8, devem reunir as condições propícias a infecção, pois em ativo desenvolvimento, apresentam elevado teor de umidade e armazenam substâncias nutritivas (Loewenberg 1955; Popinigis 1985); quando amadurecem (estádio R9), além de diminuição do teor de umidade, ocorre a lignificação das células paliçádicas do tégumento, o que se constitui uma barreira à penetração do fungo (Araújo e Zambolim 1993). No estádio R7, as vagens em fase de formação apresentam os tecidos tenros e com poucas fibras (Reeve e Brown 1968a,b) e, essa condição, deve favorecer o desenvolvimento do fungo que, aprofundando-se nos tecidos internos da parede das vagens vai alcançar as sementes quando estas já estão no estádio R8 (Araújo e Zambolim 1993).

Correlação entre severidade "versus transmissão por sementes"

Foram positivos e significativos, para a maioria dos cultivares, os coeficientes de correlação entre a severidade na vagem e a ocorrência de *C. lindemuthianum* nas sementes das plantas inoculadas no estádio R7 (Quadro 4). Conforme discutido no parágrafo anterior, a inoculação, no estádio R7, favorece a infecção das vagens e, na evolução do processo, o micélio do fungo

Quadro 2. Ocorrência de *C. lindemuthianum* em sementes de feijão colhidas de plantas inoculadas em diferentes estádios de desenvolvimento (%).

Cultivares	Plantas mantidas em casa de vegetação					Plantas mantidas em casa de vegetação	
	Primeira época experimental (abril-junho de 1985)		Segunda época experimental (abril/junho de 1986)			Estádio R7	Estádio R8
	Estádio R7	Estádio R8	Estádio B6	Estádio B7	Estádio 58		
Rico 1735	20 0 a ¹	4.02	0.0	1 5 bc	0 5 ²	7 4 abc	3 0 bc
3699-GUA-2-81-31	9 0 ab	0 0	0 0 c	0 0 c	0 0	-3	-
3648-DOR-241	4 0 bc	1 5	0 5 c	0 5 bc	0 0	-	-
Ricomig 1896	12 5	0 0	0 0 c	0 0 c	0 0	0 0 c	0 0 c
Cultivar 1055	1 0 bc	0 5	0 0 c	6 0 a	0 0	-	-
Carioca	16 0 ab	0 0	4 0 a	8 0 a	6 0	-	-
A-377	8 5 abc	0 0	2 0 b	13 0 bc	11 0	14 5 ab	8 9 a
3699 CIAT	4 0 bc	0 0	4 0 a	0 0 c	0 0	-	-
3593 CIAT	4 0 bc	0 0	0 0 c	0 0 c	0 0	4 0 bc	0 0 c
Pinto 111	-	-	-	-	-	25 9 a	22.6 a

1 Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade.

2 Não se fez análise de variância porque apenas dois cultivares exibiram sintomas da doença.

3 Os traços significam que os cultivares não foram testados nas condições do ambiente aonde está indicado.

Quadro 3. Ocorrência de *C. lindemuthianum* em sementes inoculadas *in vitro* durante três estádios de desenvolvimento.

Cultivares	Estádio	Estádio	Estádio
	R7	R8	R9
Rico 1735	2 5 b ¹	11 0 e	0 0 e
3699-GUA-2-81-31	14 5 a	16 0 de	0 0 c
3648-DOR-241	0 0 b	13 5 e	0 0 c
Ricomig	0 0 b	20 5 cde	4 0 a
Cultivar 1055	0 0 b	36 5 b	0 0 c
Carioca	24 0 a	54 5 a	2 0 b
A-377	19 5 a	30 0 bc	4 0 a
3689 CIAT	0 0 b	34 5 bc	2 0 b
3593 CIAT	1 0 b	22 5 cd	0 0 c

1 Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

vai alcançar as sementes no estágio R8. Inoculações nos estádios R8 e R9 das plantas podem até favorecer a infecção das vagens mas, quando o fungo alcançar as sementes, essas podem já apresentar as estruturas que dificultam o acesso do patógeno. Assim sendo, não pode existir associação entre a intensidade das lesões nas vagens e a infecção das sementes.

A preocupação em se determinar a associação entre a intensidade dos danos nas vagens e a transmissão de *C. lindemuthianum* pelas sementes, objetiva estabelecer os níveis suportáveis da doença nos campos para pro-

dução de sementes, sem comprometer a qualidade do material colhido. No presente trabalho, adotou-se a severidade para avaliar os danos da antracnose, por se considerar este índice adequado, porque, sabe-se, as sementes que resultam infectadas são justamente as situadas abaixo da lesão da vagem (Heald 1983; Neergaard 1979). Desta forma, a maior ou menor extensão da lesão pode determinar o maior ou menor número de sementes infectadas pelo fungo.

Por outro lado, os dados do presente trabalho mostram que a associação entre a severidade com a ocorrência de *C. lindemuthianum* nas sementes depende da época de inoculação, mas, neste estudo, as inoculações só se realizaram uma única vez durante o ciclo de cultura. Nas avaliações efetuadas no campo, quando da colheita, são medidas extensões de lesões originadas de inoculações ocorridas, de forma natural, em diferentes fases de desenvolvimento do feijoeiro. Segundo Barrus, citado por Castro (1970), as infecções tardias raramente alcançam o endocarpo; portanto, não atingem as sementes. Desta forma, nas avaliações de campo, são medidas as extensões da doença que não contaminam e/ou infectam as sementes. Talvez, por esta razão, os resultados encontrados por alguns autores tenham mostrado a inexistência de correlação entre a intensidade dos danos e a transmissão de *C. lindemuthianum* por sementes.

Quatro 4. Coeficiente de correlações entre a severidade nas vagens por ocasião da colheita e a ocorrência de *C. lindemuthianum* nas sementes oriundas de plantas inoculadas em diferentes estádios de desenvolvimento.

Cultivares ¹	Plantas mantidas em casa de vegetação					Plantas mantidas em ambiente controlados	
	Primeira época experimental (abril-junho de 1985)		Segunda época experimental (abril/junho de 1986)			Estádio R7	Estádio R8
	Estádio R7	Estádio R8	Estádio B6	Estádio B7	Estádio 58		
Rico 1735	0.892** ¹	0.470 ns	n.p.	0.421 ns	0.268 ns	0.916**	0.223 ns
3699-GUA-2-81-31	0.814**	n.p. ²	n.p.	n.p.	n.p.	- ³	-
3648-DOR-241	0.239 ns	0.235 ns	0.097 ns	0.827**	n.p.	-	-
Ricomig 1896	0.765*	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	0.075 ns
Cultivar 1055	0.175 ns	0.018 ns	n.p.	0.784*	n.p.	-	-
Carioca	0.914**	n.p.	0.265 ns	0.891**	0.276 ns	-	-
A-377	0.709*	n.p.	0.351 ns	0.695*	0.124 ns	0.872**	0.075 ns
3689 CIAT	0.813**	n.p.	0.528 ns	n.p.	n.p.	-	-
3593 CIAT	0.107 ns	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	0.747*	0.116 ns
Pinto 111	-	-	-	-	-	0.735*	0.197 ns

1 * e ** coeficientes significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

2 n.p. significa que não houve a recuperação do patógeno nas sementes.

3 Os traços significam que os cultivares não foram testados nas condições do ambiente onde está indicado

LITERATURA CITADA

- ARAÚJO, E.; ZAMBOLIM, L. 1993. Infecção das vagens e sementes de seis cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) por diferentes raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum*. Fitopatologia Brasileira 18:5-11.
- ARAYA, C.M. 1991. Influência do número de focos de inóculo inicial de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib. no desenvolvimento de antracnose em folhas, vagens e sementes de *Phaseolus vulgaris* L. Tese M.Sc. Viçosa, UFV. Imprensa Universitária. 40 p.
- CASTAÑO, J. 1985. Manual estándar para la cuantificación de daños causados por hongos, bacterias y nemátodos en frijol. Cali, CIAT. 8 p. (Mimeografia).
- CASTRO, J. 1970. Estudio sobre la transmisión de *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk y *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib. en la semilla de frijol. Tesis. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía.
- CHESTER, K.S. 1950. Plant disease losses: Their appraisal and interpretation. Plant Disease Reporter. Supplement 193:190-367.
- DRINGRA, O.D.; KUSHALAPPA, A.C. 1980. No correlation between angular leaf spot intensity and seed infection bean by *Isariopsis griseola*. Fitopatologia Brasileira 6:149-152.
- FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. 1983. Etapas de desarrollo de la planta del frijol común. Cali, CIAT. 26 p.
- GÓMEZ, J.C. 1979. Avaliação da reação de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) a raça alfa de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib. e a transmissão do patógeno por sementes. Tese M.Sc. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 115 p.
- HEALD, F.D. 1983. Manual of plant disease. 2a. ed. New York, MacGraw-Hill. 953 p.
- JAMES, C.W.; SHIH, C.S. 1973. Relationship between incidence and severity of powdery mildew and leaf rust on winter wheat. Phytopathology 63:183-197.
- KULSHRESTHA, D.D.; MATHUR, S.B.; NEEGAARD, P. 1976. Identification of seed-borne species of *Colletotrichum*, *Eriesia* 11:489-492.
- LASCA, L.; ROLIM, P.R.R.; BRIGNANI NETO, F.; ROSTON, A.J. Estudos preliminares sobre a relação entre a ocorrência de antracnose em cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e infecção das sementes por *Colletotrichum lindemuthianum*. Fitopatologia Brasileira 5:412.
- LOEWENBERG, J.R. 1955. The development of bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant Physiology 30:244-250.
- MACHADO, J. DA C.; CARVALHO, M.G. DE. 1975. Comportamento de cultivares comerciais de soja diante de isolados de *Colletotrichum truncatum* e transmissão do patógeno pelas sementes em função da época de infecção da planta. Experimentiae 19:119-148.

- MATHUR, R.S.; BARNETT, H.L.; LILLY, V.G. 1950 Sporulation of *Colletotrichum lindemuthianum* in the state of Minas Gerais, Brazil. *Plant Disease Reporter* 57:870-872
- NEERGAARD, P. 1979 Seed pathology. London, The MacMillan Press v. 1. 839 p
- OLIARI, L.; VIEIRA, C.; WILKINSON, R.E. 1973 Physiologic races of *Colletotrichum lindemuthianum* in the state of Minas Gerais, Brazil. *Plant Disease Reporter* 57:870-872
- POPINIGIS, F. 1985 Fisiologia da semente. Brasília 289 p
- REEVE, R.M.; BROWN, M.S. 1968a. Histological development of the green bean pod as related to culinary texture. I. Early stages of pod development. *Journal of Food Science* 33:321-326
- REEVE, R.M.; BROWN, M.S. 1968b. Histological development of the green bean pod as related to culinary texture. II. Structure and composition of edible maturity. *Journal of Food Science* 33:326-321.

RESEÑA DE LIBROS

DE GRAAFF, JAN. 1993. Soil conservation and sustainable land use: An economic approach. Royal Tropical Institute, Holanda. ISBN 90 6832 042 4. Price Dfl. 45.00.

Con un enfoque agroeconómico del problema, se examina desde el punto de vista del analista de proyectos el tema de la conservación y el uso sostenible de los suelos, y, en este campo, se resume la experiencia de países en desarrollo. Se analizan los proyectos desarrollados en diferentes países y se estudia críticamente la realización de los mismos.

El primer capítulo trata la degradación de tierras y señala la relación de índices económicos con este fenómeno. En el segundo, se examina el papel que desempeñan los diferentes actores en el uso sostenible de la tierra al igual que el de los factores sociales y económicos en la degradación.

En el tercer capítulo se analizan las estrategias y políticas sobre la problemática del texto. Se pone énfasis en el enfoque de abajo para arriba como esencial para el lograr el éxito de aquellas.

El enfoque de la cuenca hidrográfica para el manejo de la conservación es el tópico del cuarto capítulo.

En el capítulo quinto se examina la degradación de tierras como punto inicial de la evaluación económica y se sugiere que los proyectos de gran envergadura deben iniciarse con la obtención de datos pormenorizados de hidrología, erosión y aspectos socioeconómicos del sistema.

El capítulo sexto está dedicado a la evaluación económica de la conservación. Aquí se tratan también los efectos externos de los proyectos conservacionistas desde un punto de vista económico, ya que el problema radica en que no se puede asignar precios de mercado sino que es necesario darles un valor arbitrario.

Algunos ejemplos sobre la evaluación de las medidas de conservación de suelos son el tópico del séptimo capítulo. Se presentan aquí varios casos para los análisis de costo-beneficio y se insiste en que este enfoque, aunque requiere tener muchos datos, indica bien los beneficios obtenidos.

En el octavo y último capítulo se examina la relación entre el agricultor y los fines de conservación. Se sugiere aquí que el análisis financiero debe realizarse en múltiples niveles, incluyendo a los agricultores, los comerciantes, las agroindustrias e, incluso, el gobierno. Se debe averiguar si todos estos grupos serán beneficiados con las medidas conservacionistas. Si esto no es así, se necesitarán medidas de compensación.

El libro está orientado al administrador de proyectos y sus planificadores, refleja gran experiencia en el conocimiento de proyectos sobre gran diversidad de tópicos.

Se recomienda su lectura a los economistas agrícolas involucrados con proyectos de conservación y uso sostenible de la tierra.

ELEMER BORNEMISZA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Rotaciones de Cultivos sobre un Argiudol Típico con Labranza Cero¹

A.M. Arrigo*, R.M. Palma*,
M.E. Conti*, E.B. Giardina*

ABSTRACT

This study shows the effects of different rotations, annual intensities and crop productivities on the soil properties in a zero-tillage experiment. It was performed in an easily degradable Typic Argiudoll, Series Marcos Juárez (Province of Córdoba, Arg.). The following rotations (nine years), fertilized with N-urea, were considered: wheat-wheat, wheat/soybean and wheat/soybean-maize. Differences in soil properties between the crop rotations and the uncultivated soil were found, wheat-wheat being the sequence which produced the biggest change. With zero tillage and increasing annual crop intensity, only the variables depending on extractive action of the crop were affected, especially elements with low mobility such as potassium or others in great demand as nitrates that could be added with fertilizers. Significant differences between crop yield of the experimental field and the local means were not found, although soybean and maize yields increased when they were included in the wheat/soybean-maize rotation.

Key-words: Zero tillage, crop rotations, wheat, soybean, maize.

RESUMEN

Se evaluó, con un experimento de labranza cero, el efecto de distintas rotaciones, intensidades anuales y productividad de los cultivos sobre las propiedades de un Argiudol típico, fácilmente degradable, de la serie Marcos Juárez (Córdoba, Arg.). Las rotaciones durante nueve años fueron trigo-trigo, trigo/soja y trigo/soja-maíz y se fertilizaron con N-urea. Se comprobaron diferencias en las propiedades del suelo entre las rotaciones y el suelo virgen; la rotación trigo-trigo fue la que presentó mayor variación en las propiedades. Con labranza cero y aumento de la intensidad anual de los cultivos, sólo se afectaron las variables dependientes de la acción extractiva de las cosechas, sobre todo los elementos de poca movilidad como el potasio y otros de elevada demanda como los nitratos, que se reponen mediante el uso de fertilizantes. Los rendimientos de los cultivos no presentaron diferencias significativas en relación con los promedios de la zona, pero sí aumentaron los de soja y maíz cuando fueron incluidos en la rotación trigo/soja-maíz.

Palabras-clave: Labranza cero, rotaciones de cultivos, trigo, soja, maíz.

INTRODUCCIÓN

Las rotaciones de cultivos y el adecuado manejo de los mismos hacen posible la sostenibilidad de la agricultura, ya que la incorporación y el mantenimiento en la superficie de los residuos vegetales permiten la reposición de la materia orgánica del suelo.

Las labranzas conservacionistas son sistemas que tienden a reducir la erosión y a mantener la productividad de los suelos, particularmente de aquellos que se degradan con facilidad. Los aspectos beneficiosos que

provocan están ampliamente documentados, así como los cambios producidos en ciertas propiedades de los suelos y los rendimientos de los cultivos (Blevins 1984; Campbell *et al.* 1991a y b; Wagger y Denton 1989).

Las rotaciones de cultivos modifican el ambiente de un modo particular por la selectiva sorción de nutrimentos, por las secreciones radiculares y por toda la microvida característica de la rizósfera. Dependiendo del tipo y cantidad de los restos vegetales, se producen cambios en la actividad y número de microorganismos; así como la actividad de algunas enzimas extracelulares (Palma y Conti 1989) influye sobre el pH y la absorción y transpiración del agua.

En cuanto a los rendimientos de los cultivos de trigo, soja y maíz, se comprobó su incremento cuando los cultivos rotaron en comparación con el sistema de monocultivo (Lattanzi 1989).

El objetivo de este trabajo fue determinar los cambios producidos en el suelo como resultado de las distintas secuencias (combinación sistemática de cul-

¹ Recibido para publicar el 19 de mayo de 1994.
Los autores agradecen al agrónomo A. Lattanzi y al geógrafo H. Marelli de la EEA del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); y a Marcos Juárez por su asistencia técnica.

* Cátedra de Edafología. Departamento de Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Avenida San Martín 4453-CP 1417. Arg.

tivos) e intensidad (número de cultivos por año) en un sistema de labranza cero

La hipótesis es que la secuencia y la intensidad de los cultivos producen cambios cuantificables en las propiedades químicas, fisicoquímicas y bioquímicas de los suelos, como consecuencia de las diferentes extracciones de nutrimentos y por el aporte en calidad y cantidad de los residuos vegetales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó sobre parcelas experimentales de la EEA-INTA Marcos Juárez (Córdoba, Arg.), sobre un Argiudol típico de textura franco-limosa (INTA 1978). Este suelo es altamente productivo, pero su estructura es fácilmente degradable por la labranza y el impacto de las gotas de lluvia.

El estudio fue diagramado en bloques al azar con tres repeticiones.

Las secuencias de cultivos, durante nueve años, fueron:

- Monocultivo de trigo invernal (de junio a setiembre y descanso hasta la próxima siembra) (T-T). Intensidad de cultivo 1.
- Trigo invernal y soja (de noviembre a marzo) (T/S). Intensidad de cultivo 2.
- Alternancia de trigo invernal y soja durante el primer año y maíz en el año siguiente (de octubre a enero) (T/S-M). Intensidad de cultivo 1.5.

La intensidad de cultivo cuantifica el número medio de cultivos por año.

En este experimento se incluyó como testigo un suelo virgen (SV) con un pasto natural de aproximadamente 50 años.

Todos los cultivos fueron realizados con labranza cero (L0), en parcelas con pasto natural. Para ese sistema de labranza se usó una sembradora para proteger el suelo con los residuos vegetales. Las parcelas fueron tratadas con herbicidas de contacto (Paraquat, Linuron y Alaclor) y fertilizadas con urea a razón de 40 kg N/ha antes de la siembra con trigo y maíz.

Para las determinaciones analíticas, las muestras se extrajeron de 0 cm a 20 cm, en la última campaña agrícola. En cada parcela, se obtuvieron dos muestras compuestas de cinco submuestras. Idéntico procedimiento se adoptó para lograr las muestras sobre las cuales se cuantificó el amonio, el nitrato, la actividad biológica y la actividad ureásica, conservadas con su contenido hídrico a 4 °C hasta su determinación. De manera similar se trabajó con el suelo virgen.

Los análisis de carbono orgánico (CO), nitrógeno total (NT), pH, fósforo disponible (P), capacidad de intercambio catiónico (CIC), cationes intercambiables (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+1} y N^{+1}), nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) fueron realizados con técnicas de rutina (Methods of... 1982); carbono liviano (CL) y nitrógeno liviano (NL), según la propuesta de Richter *et al.* (1975); el carbono soluble en agua (CS), con el método de Davidson *et al.* (1987); la actividad biológica (AB), según la metodología de Alef y Kleiner (1988) y la actividad ureásica (AU), con la técnica de Zantua y Bremner (1975). Además se calculó el carbono denso (CD), originado de la diferencia entre carbono orgánico, carbono liviano y nitrógeno denso (ND) (diferencia entre nitrógeno total y liviano).

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados expresados con base en suelo seco a 105 grados centígrados.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó respetando el diseño de bloques completamente al azar. Para la diferencia entre medias de tratamientos, se usó la prueba de rangos múltiples de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinaron las diferencias entre el comportamiento del SV y los tratamientos (Cuadro 1). La secuencia T-T fue la que alteró en mayor medida las propiedades del suelo estudiado, sobre todo las relacionadas con las formas de C y N totales y CS; esta situación incidió directamente sobre la AB.

Es evidente que el suplemento anual de residuos vegetales aportados por la rotación T-T (aproximadamente 3500 kg/ha) fue insuficiente para mantener los

Cuadro 1. Propiedades del suelo bajo distintas rotaciones de cultivos y del suelo virgen.

	T-T	T/S	T/S-M	SV
CO (%)	1.48 b	1.63 a	1.69 a	1.77 a
NT (%)	0.13 b	0.17 a	0.16 a	0.17 a
C/N	11.00 c	9.58 b	10.10 a	10.41 a
CL (ppm)	1 601.30 b	1 794.10 b	1 885.80 b	1 400.00 a
NL (ppm)	87.80 a	89.10 a	110.50 a	93.60 a
CL/NL	17.70 a	20.40 b	17.90 a	14.90 a
CS (mg kg ⁻¹)	0.09 b	0.17 b	0.18 a	0.18 a
CD (%)	1.33 b	1.45 b	1.50 a	1.63 a
ND (%)	0.12 b	0.14 a	0.15 a	0.16 a
AU *	13.90 b	13.60 b	13.70 b	35.60 a
AB *	5.65 b	7.34 b	9.20 a	11.80 a
NO ₃ (ppm)	89.10 b	76.40 b	69.60 b	168.20 a
NH ₄ ⁺ (ppm)	14.00 b	13.70 b	12.80 b	24.80 a
P (ppm)	42.00 b	37.80 b	33.60 c	57.30 a
CIC **	16.10 b	19.30 a	18.30 a	19.00 a
Ca ⁺⁺ **	9.88 a	11.26 a	10.30 a	10.10 a
Mg ⁺⁺ **	1.13 b	1.15 b	1.15 b	0.79 a
Na ⁺ **	0.62 b	0.65 b	0.62 b	0.48 a
K ⁺ **	2.14 b	1.78 c	2.15 b	2.54 a
pH	5.58 a	5.58 a	5.62 a	5.70 a

Notas: * $\mu\text{g NH}_4^+ \cdot 11 \text{ g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ de suelo seco;

** $\text{cmol}_o \text{ kg}^{-1}$.

Letras iguales no presentan diferencias significativas (P 5%).

niveles de materia orgánica en el suelo, especialmente las fracciones más estables.

Las secuencias T/S y T/S-M modificaron las propiedades del suelo de manera similar, pero en diferente magnitud. Es importante destacar, que en T/S-M el P disponible disminuyó; lo cual no fue un problema, ya que el contenido de ese elemento en este suelo es elevado. Además, el incremento de las formas carbonadas encontradas de fácil mineralización, como el carbono soluble, brindan el sustrato adecuado para el desarrollo y el crecimiento de microorganismos que manifiestan una actividad biológica semejante al suelo virgen. Este comportamiento favoreció la unión de partículas para la formación de agregados estables (Arrigo *et al.* 1991).

En las tres secuencias de cultivos se registró un aumento en el carbono liviano. Este efecto podría adjudicarse al incremento de la masa vegetal provocado por la fertilización nitrogenada. También disminuyeron, en forma significativa, las fuentes de N disponible como consecuencia de la inmovilización de N-NO₃ producida por un aumento de la biomasa microbiana en la superficie y por un ambiente menos oxidante que indujo a la desnitrificación.

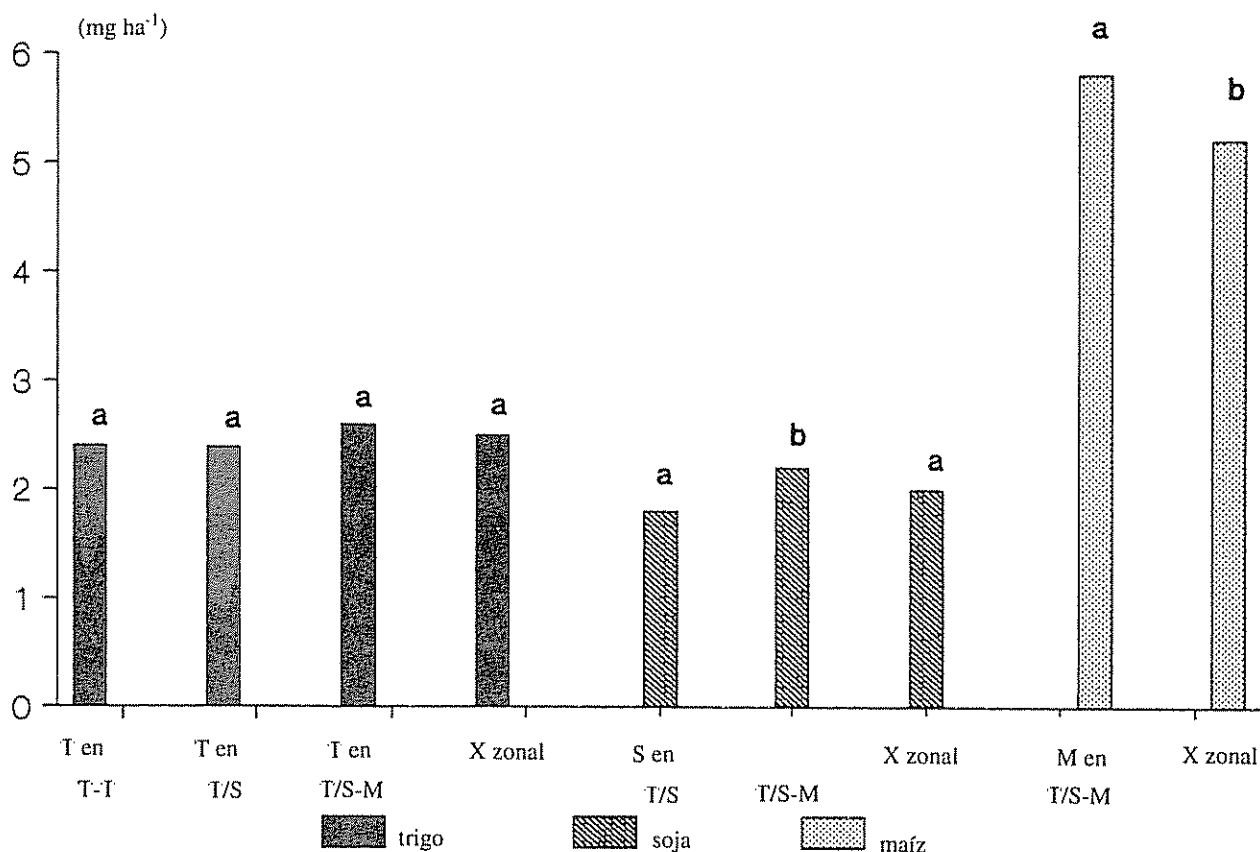
Por último, el mayor contenido de Mg y Na podría explicarse por el enriquecimiento de estos elementos traslocados desde la zona subsuperficial y que retornan al suelo por los reiterados aportes en superficie de residuos vegetales.

En el Cuadro 2 se presenta la relación entre la intensidad de cultivos por año y las variables estadísticamente significativas. Las correlaciones muestran que la intensidad de cultivos afecta a las variables: NT, C/N, CIC, K, NO₃, CS y AB. Los coeficientes encontrados

Cuadro 2. Relaciones entre propiedades del suelo e intensidad anual de cultivos.

Variabes	Ecuaciones de regresión	Coefficientes de correlación
NT (%)	$y = 0.090 + 0.038 x$	$r = 0.55^{**}$
C/N	$y = 13.15 - 1.85 x$	$r = 0.78^{**}$
CIC ($\text{cmol}_o \text{ kg}^{-1}$)	$y = 13.03 + 32.67 x$	$r = 0.87^{**}$
K ⁺ ($\text{cmol}_o \text{ kg}^{-1}$)	$y = 25.67 - 3.62 x$	$r = -0.82^{**}$
NO ₃ ⁻ (ppm)	$y = 97.38 - 12.71 x$	$r = -0.41^*$
CS (mg kg ⁻¹)	$y = 0.038 + 0.071 x$	$r = 0.72^{**}$
AB ($\mu\text{g NH}_4^+ \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	$y = 4.900 + 1.69 x$	$r = 0.47^*$

Nota: *, **: Significativo al 5% y 1% respectivamente



Nota: Letras iguales no presentan diferencias significativas ($P \leq 5\%$)

Fig. 1. Rendimiento de los cultivos.

($P < 1\%$ ó $< 5\%$) y las ecuaciones de regresión tuvieron un coeficiente negativo en K, NO_3 y C/N, por el aumento de la extracción de nutrimentos. Además se verificó un coeficiente positivo en la CIC, la AB y el CS, características directamente relacionadas con la cantidad de residuos orgánicos suministrados por cada cultivo. También se señaló un leve aumento de NT con las fertilizaciones realizadas previamente a la siembra de trigo y maíz, que provocaron la disminución en la relación C/N.

En las condiciones de este experimento se evidenció una mínima acción degradatoria entre LO y el incremento de intensidad de cultivos, y resultaron afectadas, en el suelo, sólo las variables que dependen de la acción extractiva de las cosechas, sobre todo los elementos de poca movilidad como el K u otros de elevada demanda como el NO_3 , que se reponen fácilmente me-

dante la fertilización. En este sentido, los resultados coincidieron con los encontrados por Campbell *et al.* (1991a, b), quienes al estudiar las rotaciones de cultivos en suelos de Canadá confirmaron el efecto de control de las variables orgánicas producido por las técnicas de conservación de rastrojos y la degradación que tienen los barbechos de laboreo tradicional sobre la materia orgánica del suelo, la actividad biológica y la susceptibilidad a la erosión.

Rendimiento de los cultivos

Para poder establecer el efecto que tuvo la LO sobre los rendimientos de los cultivos en las secuencias seleccionadas, se graficaron los promedios de los rendimientos obtenidos durante el período en que se realizó el experimento y el promedio general de la zona (Fig.

1), según datos de Lattanzi (1989) y Marelli y Lattanzi (1990).

El cultivo de trigo no presentó diferencias significativas con el promedio zonal en ninguna de las secuencias. La soja manifestó su máxima producción en la secuencia T/S-M ($P < 1\%$) y en el maíz los rendimientos alcanzados fueron superiores a los promedios de la zona ($P < 1\%$). Los resultados indican que con el sistema de labranza cero, en este suelo, los rendimientos de los cultivos no presentan diferencias significativas con los promedios de la zona, pero sí se presentaron incrementos de soja y maíz cuando fueron incluidos en la secuencia T/S-M. Este resultado respondería al menor efecto degradante de esta secuencia sobre las propiedades estudiadas.

LITERATURA CITADA

- ALEF, K ; KLEINER, D 1988 Applicability of arginine ammonification as indicator of microbial activity in different soils *Biol Fert Soils* 5:148-151
- ARRIGO, N M ; PALMA, R M ; CONTI, M E . COSENTINO, D J. 1991 Incidencia de las secuencias de cultivos, sistemas de labranza y fertilización sobre algunas propiedades físicas y su relación con el carbono. *Revista de la Facultad de Agronomía* 11(2-3):151-158
- BLEVINS, R S 1984 Soil adaptability for no-tillage. In *No-tillage agriculture-principles and practices* R E Phillips, S H Phillips (Eds) New York. Van Nostrand Reynolds p 42-65
- CAMPBELL, C A ; BIEDERBECK, V O ; ZENTNER, R P ; LAFONT, G P 1991a Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin black chernozem *Canadian Journal of Soil Science* 71:363-376
- CAMPBELL, C A ; SCHITZER, M ; LAFONT, G P ; ZENTNER, R P ; KNIPFEL, J E. 1991b Thirty-year crop rotations and management practices effects on soil and amino nitrogen *Soil Science Society of American Journal* 55:739-745
- DAVIDSON, E A ; GALLOWAY, L F ; STRAND, M K 1987 Assessing available carbon: Comparison of techniques across selected forest soils *Commun Soil Science Plant Anal* 18(1):45-64
- INTA (INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA) 1978 Carta de Suelos de la República Argentina Marcos Juárez Hoja 3363. p 20-30
- LATTANZI, A R 1989. Secuencias de cultivos y sistemas de labranza conservacionista para la producción de soja. In *Conferencia Mundial de Investigación en Soja (4)*. Actas p 2010-2015
- MARELLI, H ; LATTANZI, A. 1990 Sistemas de labranzas conservacionistas y secuencias de cultivo para soja. In *Jornada de Actualización Profesional sobre Cultivos de Cosecha Gruesa* p 8-15.
- METHODS OF SOIL ANALYSIS 1982. II. 2nd ed. A L. Page, R H. Miller, D R. Keeney (Eds). Wisconsin, EE UU p 1159.
- PALMA, R M ; CONTI, M E 1989. Urease activity in Argentine soils: Field studies and influence of sample treatment *Soil Biology and Biochemistry* 22(1):105-108.
- RICHTER, M ; MIZUNO, I ; ARANGUEZ, S ; URIARTE, S 1975 Densimetric fractionation of soil organo-mineral complexes *Soil Science Journal* 26:112-123
- WAGGER, M G ; DENTON, H P 1989 Tillage effects on grain yields in a wheat, double-crop soybean, and corn rotation *Agronomy Journal* 81:493-498
- ZANTUA, M I ; BREMNER, J M 1975 Comparison of methods of assaying urease activity in soils *Soil Biology and Biochemistry* 7:291-295

Comercialización de Carne de Caprinos en el Estado de Zacatecas, México¹

J.A. Falcón*, F.G. Echavarría**, H. Salinas***,
G. Hoyos****, R.T. Flores*

ABSTRACT

In Zacatecas, Mexico, a study was done to determine factors affecting sales of goat meat. This study consisted of secondary information, including statistics of animal population, sale indexes, climate, etc.; primary information, obtained by conversations with producers and people that cook a traditional dish called "birria" prepared with goat meat, and informants in centers of supply, butcher's shops, etc. The information was analyzed with respect to prices in 1986. This comparison helped to determine certain variations in prices and goat meat production. Factors found included climate, sale-price control and goat meat imported from New Zealand at a low price. Results: Actual prices have changed since 1986. Goat and sheep meat prices and production raised proportionally higher than beef from 1986 to 1992. Drought, strict price control, and foreign offers caused production plus sale-price decrease, thus discouraging producers. The most important trading-channel was identified. Its total margin of commercialization is 62.3%. Even given these negative factors affecting goat meat prices and production, production increased 68.0% versus 6.5% for beef (1986-1992).

Key-words: Goats, commercialization.

RESUMEN

Este estudio tuvo como propósitos conocer y determinar los factores que afectan la comercialización de carne de caprino en el estado de Zacatecas, Méx. El análisis integró información secundaria (estadísticas de población animal, índices de precios, clima, y otros), información primaria (entrevistas informales a productores, acaparadores, "birreros" y otros), e informantes-clave en centros de abasto y carnicerías. Se analizaron los datos a partir de la deflación de los precios con base en 1986, para facilitar las comparaciones. Se asoció la variación de los precios y de la producción de carne con factores como clima, control de precios e introducción de carne de ovino de bajo precio, proveniente de Nueva Zelanda. Los resultados indicaron que los precios reales de la carne fluctuaron desde 1986. El crecimiento en el precio real y la producción de carne de caprino y de ovino fueron mayores que la de bovino de 1986 a 1992. Asimismo, la escasez de lluvia, el control estricto de precios y la oferta de carne del extranjero provocaron la disminución de la producción y de los precios en algunos años, lo que desestimuló al productor. En cuanto a los canales de comercialización, se identificó el más importante, cuyo margen bruto de comercialización fue de 62.3 por ciento. A pesar de los factores que afectaron la producción y los precios, hubo un crecimiento de 68.0% en la producción de carne de cabra, en contraste al 6.5% de la de bovino (1986-1992).

Palabras-clave: Caprinos, comercialización.

INTRODUCCIÓN

En México, la población caprina es de 10 millones de cabezas, de ellas el 64% se localiza en las regiones áridas. Los estados de mayor producción son: Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Puebla, Hidalgo y Oaxaca.

En Zacatecas se explotan más de 600 mil cabezas, en su mayoría bajo el sistema de pastoreo extensivo; producción fuertemente influenciada por la disponibilidad de alimento; es decir existen dos sistemas de producción, uno orientado a la producción de cabrito y otro, a la venta de animales adultos para carne. Las prácticas de manejo, sanidad y mejoramiento genético son limitadas. Además, los canales de comercialización del producto caprino impiden que las ganancias de los productores correspondan a su esfuerzo e inversión.

Este último aspecto se ha dejado de lado en la mayoría de los trabajos de investigación. Ya que no abordan el estudio integral del sistema de producción y consideran como parte del mismo no sólo el proceso de producción sino también el de comercialización. Eso ha traído como consecuencia una falta de caracterización de los diferentes factores que afectan el proceso, y

¹ Recibido para publicar el 1 de setiembre de 1993

* M.C., Investigadores del Programa Caprinos, INIFAP-ZAC Apdo. 18 Calera, Zacatecas, Méx.

** M.C., Investigador del Programa Sistemas de Producción, INIFAP-ZAC, Méx.

*** M.C., Investigador del Programa Forrajes, INIFAP-ZAC, Méx.

**** M.C., Investigador del Programa Forrajes, INIFAP-La Laguna, Méx.

una identificación poco clara de los canales de comercialización, lo que impide al caprinicultor reconocer las oportunidades a su alcance para mejorar las condiciones de venta de sus productos.

Además, por ser la comercialización una actividad exógena al sistema de producción, no se le contempla dentro del proceso tradicional de generación y validación de tecnología, lo que reduce su efectividad ante la incapacidad de reflejar el incremento de la producción en el aumento del ingreso del productor.

El objetivo de este trabajo fue identificar los factores que afectan el proceso de comercialización de la carne de caprinos en el estado de Zacatecas y los canales de comercialización más usados por el productor, para sugerir algunas modificaciones al proceso de comercialización actual.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se hizo paralelamente al trabajo de investigación que se realiza actualmente en Zacatecas, sobre sistemas de producción caprina. El problema en la comercialización se detectó por el diagnóstico emitido por INIFAP y CIID (1991).

Para especificar el problema se siguió el procedimiento usado por Echavarría (1989), esto es, entrevistas informales con un grupo de 12 productores participantes en el proyecto de investigación ya mencionado. Como complemento a esta información primaria se visitaron diversas personas asociadas a los canales de comercialización, como son los acaparadores (compradores a gran escala) y los vendedores de "birria" (platillo típico con carne de caprino). En otro nivel de comercialización, se revisaron las carnicerías y centros de abasto. Por último, se estudiaron las estadísticas de producción de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH 1992), la información de las estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio y la de los precios de venta de la carne de ovino en canal, que se introduce de EE UU. procedente de Nueva Zelanda, así como los precios de la carne en canal de bovinos y de caprinos.

Las entrevistas informales a productores, acaparadores, carniceros y vendedores de "birria", se enfocaron exclusivamente para conocer los precios de animales en pie y en canal, y las condiciones de venta.

Análisis de información

El análisis de la información se dividió en tres partes: primero, se recopiló la información secundaria proporcionada por las instituciones. Esto permitió entender los cambios en los precios de la carne de caprino y su relación con la de ovinos y bovinos, ya que se trabajó con precios reales con base en 1986.

A continuación, como el sistema de producción objetivo depende primordialmente de la vegetación natural, con el propósito de entender los cambios en la producción a través de los años, se utilizaron los datos de precipitación de la estación climatológica del Municipio de Ojocaliente, para explicar la presencia o la falta de vegetación nativa.

Por último se desglosaron los precios del producto para los diferentes niveles y canales de comercialización. Para lograrlo se utilizó la siguiente relación: un animal de desecho rinde en promedio 48% en canal; desde el canal a la obtención de carne cocida para "birria", hay un rendimiento del 30%, dependiendo de la suavidad de preparación de la carne. Así, un animal de 35 kg en pie, se convierte en uno de 16 kg en canal, y a su vez en 5 kg de "birria". En cuanto al cabrito, la relación es un tercio del peso en pie hasta carne en canal. Esa relación se obtuvo con base en la experiencia de los "birrieros" entrevistados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el diagnóstico realizado por INIFAP y CIID (1991) hay dos sistemas de producción definidos en Zacatecas: la producción de cabrito al norte y de carne para "birria" en el centro y sureste del estado; este último es el sistema donde se trabaja actualmente y sobre el cual se centra el presente estudio.

Las zonas del centro y sureste, representadas por los municipios de Ojocaliente y Pánuco, se caracterizan por un sistema de producción especializado en la producción de carne para preparar el platillo conocido como "birria" (Salinas *et al.* 1991). Este tipo de sistema está determinado por las características ecológicas predominantes, es decir, una mayor precipitación en la zona norte (<370 mm vs 450 mm) (SARH 1992) y, por consiguiente, más disponibilidad de pastos nativos y esquilmos de cultivos de tiempo (frijol y maíz). Esto favorece la producción de animales adultos para carne,

con mayor rendimiento en canal (Salinas *et al.* 1991). Es conveniente mencionar que, en esta zona, la demanda de carne de cabrito propiamente no existe o es muy baja.

El mercado de carne para "birria" se basa en dos tipos de animales, el de los machos desde los tres meses hasta los veinte meses de edad y el de las hembras y los sementales de desecho. Este tipo de animales se consume en el estado y un 56% se destina a los estados de Aguascalientes, México, Nuevo León y San Luis Potosí.

Variación del precio desde 1986

Para explicar en parte las variaciones en los precios de la carne de caprino, se utilizaron las estadísticas de producción de carne de ovino y bovino, que son las especies más importantes que se consumen en el estado y, además, porque las variaciones en una repercuten en la otra. Para facilitar su comparación y detectar algunos factores en la variación de los precios, estos se deflacionaron con respecto al año de 1986 (Cuadro 1).

Un primer factor considerado fue el efecto del control de precios, efectuado en todo el país y que repercute en la producción desde 1988; eso se observa en el Cuadro 1 donde los precios más altos por kilo de carne de canal se obtuvieron en 1988 y, a partir de ese momento, se inició una disminución paulatina que llegó al precio más bajo en 1990. Esto afectó la producción de ovinos y bovinos, que presentaron una tendencia similar a la de caprinos.

Como se ve, el incremento real en el precio del kilo de carne de caprino en canal varió desde 1986 hasta 1992 y alcanzó el mejor precio en 1988. Eso desestimuló al productor.

El comportamiento del precio por tonelada de carne en canal de caprinos, durante el período 1986-1992, presentó en los tres primeros años una tendencia creciente que alcanzó el precio más alto en 1988, pero después, y como resultado del control de precios que se estableció en el país, en los dos siguientes años se tuvo un comportamiento decreciente hasta obtener el precio más bajo en 1990, cuando la tonelada de carne apenas alcanzó los \$996.23 (pesos mexicanos). En 1991 y 1992, se observó alguna recuperación; sin embargo, el precio del último año apenas fue similar al alcanzado en 1987.

Sin embargo no se pueden atribuir estos efectos únicamente al control de precios, puesto que también existen otros factores que contribuyen a la disminución de la producción de una especie y al incremento de otra. La baja precipitación en algunos años provocó períodos secos, en ellos las arbustivas dominan sobre las gramíneas y las herbáceas (Teague 1992), lo que aumenta la oportunidad de alimentación para el caprino sobre el ovino y el bovino.

El productor, conocedor de las características propias de cada especie, escoge la que tiene mayor capacidad de adaptación a las condiciones ambientales y, que por lo tanto, disminuye los costos de manutención. Si se considera que Zacatecas es un estado semidesértico y que la producción de las especies animales, como caprinos, ovinos y bovinos, basan su

Cuadro 1. Producción aproximada de carne por año y precios medios por kilogramo de carne en canal de rumiantes, en el Estado de Zacatecas, Méx.

Año	Caprinos		Ovinos		Bovinos	
	(t)	precio ¹	(t)	precio	(t)	precio
1986	1 272	800.00	956	800.00	3 4745	600.00
1987	1 353	1 220.00	1 034	1 501.00	3 5393	1 032.00
1988	1 409	1 608.88	1 658	1 727.19	3 6624	1 259.90
1989	1 988	1 187.77	1 693	1 196.97	3 5389	1 017.43
1990	1 699	996.23	1 224	1 168.56	3 5329	810.07
1991	2 071	1 069.89	1 095	1 137.18	3 4420	1 172.61
1992	2 137	1 227.67	1 429	1 271.04	3 7020	886.71
Diferencia 1986-1992	865	427.33	473	471.04	2275	286.71

Nota: ¹ US\$1.00 = \$638.00 (1986).

Fuente: Datos de población y producción ganadera (SARH 1992)

alimentación en la vegetación nativa del agostadero, entonces la asociación de un año de alta producción con una precipitación suficiente es apropiada.

Bajo el supuesto de que la precipitación es un indicador suficiente para clasificar un año, se puede decir que desde 1986 a 1992, la precipitación ha sido benigna (400 mm), excepto en 1989, con 347 mm, y que podría clasificar como un año limitativo. Según el Cuadro 1, la producción de las tres especies animales presenta un continuo ascenso desde 1986 hasta 1988, pero en 1989, cuando la producción de ganado bovino disminuyó y la producción ovina se mantuvo constante, únicamente la producción caprina creció. Durante 1990, la producción bovina fue constante, y la ovina y caprina bajas. Es, en la época seca de 1990, cuando más se sintió la poca humedad del año anterior por la falta de vegetación nativa. Así, los primeros en resentir una disminución en el alimento fueron los bovinos, seguidos por los ovinos y los caprinos, que son una especie más rústica. Esto explica la causa de la reducción más drástica de unas especies que otras (Lu y Coleman 1984; De la Fuente 1989).

Un último factor que aclara las variaciones del precio y de la producción de carne de caprino, es la introducción de carne de ovino desde EE.UU., proveniente de Nueva Zelanda.

Esa carne comenzó a llegar al estado de Aguascalientes (donde Zacatecas envía parte de su producción de ovinos y caprinos) en 1989 y al año siguiente se registró una clara disminución en la producción de carne de caprinos y ovinos. Esto porque el kilo de carne introducida fue de \$600 y la del estado valía \$1196 (precio de 1986) (Cuadro 1). El consumo de carne de ovino importada resultó una mejor opción para el público desde 1989. Eso provocó, además de disminuir la producción, presiones para reducir el precio de ovinos, caprinos y bovinos, el cual llegó al precio real más bajo desde 1986 (Cuadro 1). Es importante señalar que la producción de carne de ovino y de bovino llegó a su punto más bajo en 1991. No obstante, la producción de caprino se elevó notoriamente, pues el productor encontró que, por su rusticidad, era una especie más fácil de manejar y de menor inversión. De 1986 a 1992, la producción se incrementó en un 68% y su precio real alcanzó \$427 pesos.

La suma de los factores adversos a la producción desalentó a los productores y los motivó a vender su ganado para iniciar un proceso de mayor dependencia

del empleo fuera de la finca, e incluso para emigrar. Esa situación se comprobó también con los productores dentro del proyecto de investigación en la región. Sin embargo, aunque el precio real aumentó poco, tanto en caprinos como en ovinos, en bovinos fue menor (\$286.71) e influyó en un aumento relativo de la producción de cada especie. El más bajo fue el porcentaje de los bovinos (6.5%), seguido de los ovinos (49.4%), y el mayor fue el de los caprinos (68.0%).

Canales de comercialización

Para que el producto llegue al consumidor, debe pasar por tres canales o niveles de comercialización:

Primer canal

El primer nivel lo ocupa el productor de caprinos, quien realiza ventas al acaparador o al "birriero" (Fig. 1). Si la venta se hace al acaparador, el precio es del 10% al 12% menor que el de venta al "birriero". El acaparador paga \$700 (base de 1986), por kilo de carne en canal. Este comprador realiza la operación cuando existe mayor oferta o cuando aumentan las necesidades económicas del productor, quien requiere capital en la época de la siembra o de la cosecha de los cultivos.

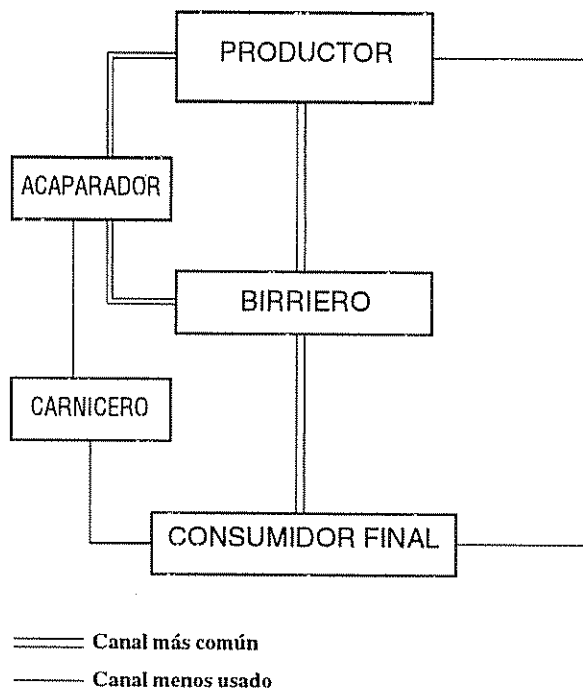


Fig. 1. Canales de comercialización para la carne de caprino.

Cuadro 2. Margen bruto de comercialización (MBC) en las principales vías de comercialización de carne de caprino (precios de venta de 1986).

Precio por kilogramo en canal	MBC	Precio final (%)
Productor	779.00	42.0
"Birriero"	1 246.00	25.2
Consumidor	1 854.00	32.8
Total	58.0	100.0
Productor	1 854.00	42.8
Acaparador	1 246.00	29.5
Consumidor	1 246.00	32.8
Total	62.3	100.0
Productor	700.00	42.8
Acaparador	1 246.00	33.4
Consumidor	1 636.00	23.8
Total	57.2	100.0

Además, el "birriero" requiere carne continuamente; por eso, en 1986, pagaba \$779 por kilo de carne en canal. En ese año, los animales comercializados pesaban aproximadamente 35.0 kg en pie, estimados por el productor, quien no tiene la costumbre de pesar sus animales.

Segundo canal

Los participantes en el segundo canal de comercialización son el acaparador y el "birriero". El primero tiene dos opciones de reventa, vender a otro "birriero" que no puede afectar compras directas o vender al carnicero. En promedio, el acaparador revende con un incremento de 50% sobre el precio que paga al productor. En 1986, el acaparador revendía a un precio que correspondía a \$1246 por kilo en canal. El acaparador obtiene ganancias solo por trasladar la carne del lugar de compra hasta el de venta.

Por su parte, el "birriero" (Fig. 1) compra directamente al productor. Este comerciante sacrifica el animal y elabora la "birria" y, en 1986, la expendía a \$1854 el kilo. Este intermediario tiene la opción de vender a otro "birriero", con una ganancia adicional del pago al productor.

El carnicero vendió al consumidor, en 1986, el kilo de carne a \$1636. Mientras que el birriero lo hizo al consumidor en \$1854 por kilo de carne. Es importante

advertir que en todos los casos la expresión en kilos de carne se basa en transformaciones a carne en canal.

Tercer canal

El tercer canal o nivel lo ocupa el consumidor. Este, en 1986, adquiriría la "birria" en \$1854, y la carne sin cocción a \$1636 pesos.

Existe un canal de comercialización directo desde el productor al consumidor. La participación del productor en el precio final es total. Esta vía de comercialización se perfila como una opción real para reducir la participación de los intermediarios (Fig. 1). Los precios que se mencionan son beneficios brutos y no se consideran los costos que implica cada forma de reventa. Los costos consisten en el traslado, el sacrificio de los animales y la elaboración de la "birria". Además, su venta implica costos de establecimiento e impuestos.

En todos los casos hay que agregar \$0.98 pesos de 1986 por el cuero y \$0.79 por las vísceras, que equivale al pago de quien realiza el degüello.

El principal canal de comercialización detectado es el del acaparador, seguido por el del "birriero". Ambos son los compradores directos con que cuenta el productor. El canal de comercialización del acaparador presenta el mayor margen bruto de comercialización (62.3%), en el cual el productor participa con un 37.7% del precio final al consumidor (Cuadro 2).

CONCLUSIONES

La variación del precio y producción de carne de caprino se asocia a factores como el clima, el control de precios, la variación en la producción de otras especies animales y la introducción de carne del extranjero. También contribuye la estacionalidad, la necesidad de recursos del productor, la concentración de oferta en las regiones y las ventas en pie sin considerar su peso.

El productor tiene una participación del 37.7% al 42.0% en el precio final al consumidor en los dos canales de comercialización más importantes.

La opción de comercialización que da mayor utilidad al productor, es cuando éste transforma el producto y lo vende directamente al consumidor.

LITERATURA CITADA

DE LA FUENTE, H.; GARMENDÍA, A., GONZALEZ, M.; JIMÉNEZ, M.L.; MAZCORRO, E. 1989. Bonanza y crisis de la ganadería nacional: Una versión integral de la actividad pecuaria en México. Estado de México, Universidad Autónoma de Chapingo, Subdirección de Investigación, Departamento de Diagnóstico. p 304.

ECHAVARRIA, F.G. 1989. Especificación de problemas identificados en un diagnóstico agrícola: Caso del abatimiento del acuífero. Terra (Méx.) 7(1):71-80.

INIFAP (INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS); CIID (CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION Y DESARROLLO). 1991. Reporte del proyecto de sistemas de producción caprino en la Comarca Lagunera y Zacatecas, 1989-1990. G.H. Salinas, G.H.M. Quiroga (Eds.) p. 5-24

LU, C.D.; COLEMAN, L.J. 1984. Grazing behavior and diet selection of goats. In Regional Meat Goat Conference (1)

Proceedings. Tallahassee, Florida A & M University, Div. Agric Sci p 56-71

SALINAS G., H.; AVILA A. J.L.; FALCÓN R., A.; FLORES R., R.T. 1991. Factores limitantes en el sistema de producción de caprinos en Zacatecas, México. Turrialba (C.R.) 41(1):47-52.

SARH (SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS). 1992. Datos de población y producción ganadera. Méx., Zacatecas, Delegación SARH, Subdelegación de Ganadería. (Documento sin publicar).

SARH (SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS); INIFAP (INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS). s.f. La fertilización en Zacatecas. Campo Experimental de Zacatecas. Publicación Especial no. 8.

TEAGUE, W.R. 1992. Effects of intensity and frequency of defoliation on shrubs. In International Conference on Meat Goat Production, Management and Marketing. Proceedings. J.C. Paschal, C.W. Hanselka (Eds.) The Texas A & M University System, The Texas Agricultural Extension Service. p 141-156

LIBRO RECOMENDADO



Animal production systems research methodological and analytical guidelines. IDRC/IICA/RISPAL. 1994. 289 p ISBN 92-9039-260 6.

Despite the popularity of the systems approach, both as a philosophy and as a method for conducting animal production research, there is a dearth of information on the actual procedures and methods suitable for systems research. The Latin American Research network for Animal Production Systems (RISPAL), composed of 18 projects operating in 12 countries, has produced a number of documents dealing with research methods and procedures, many of which have been translated into English in this book. It contains 14 papers covering topics such as the design of technological alternatives, the analytical framework for mixed systems research, minimum data required for the characterization of farming systems, the organization of such data, insights on component research, the use of computerized models, the participation of farmers in technology evaluation, macro- and microeconomic considerations, and the role of animal production systems research in policy formulation.

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