

SECUENCIAS DE CULTIVOS DE COSECHA EN LA REGION CENTRAL DE CORDOBA *

Francisco Núñez Vázquez y Héctor Pedro Salas
Estación Experimental Agropecuaria - INTA - (5988) Manfredi, Córdoba

RESUMEN

Se suministran los resultados de 4 años, correspondientes a un ensayo de secuencias de cultivos de cosecha, llevado a cabo en la EEA Manfredi - INTA (Córdoba, Argentina). La experiencia se realizó en un suelo Haplustol e intervinieron soja, sorgo granífero, maní y girasol; cada cultivo en monocultura y en rotación bienal.

La cantidad de nitratos residual fue superior después de soja. La resistencia a la penetración del suelo, al final de la experiencia, fue mayor en las variantes con girasol y maní y la estabilidad estructural en las con sorgo.

Se destaca el mejor rendimiento y tenor de proteínas en grano de sorgo, cuando este cultivo siguió a soja o maní. Hubo correlación positiva entre dicho tenor de proteínas y la cantidad de nitratos en el suelo a la siembra.

Palabras clave: humedad edáfica, precipitaciones, rendimientos maní, soja y girasol, grasa en maní y en girasol.

CROPPING SEQUENCES IN CENTRAL CORDOBA PROVINCE

ABSTRACT

The results of a 4 years experiment with grain crop sequences at Manfredi Agricultural Experiment Station (Córdoba, Argentine) are given. The experiment was carried out on a Haplustoll using soybean, grain sorghum, peanut and sunflower in monoculture and in biannual rotation.

Residual nitrates were higher after soybean. The resistance to soil penetration increased with the use of sunflower and peanut. Structural stability was higher when sorghum was used.

Yield and protein content in sorghum increased when this crop followed soybean or peanut. A positive correlation was found between protein level and nitrate content determined in the soil at planting time.

Key words: soil moisture, rainfall, peanut, sunflower and soybean yields, oil content in sunflower and peanut, crop rotation.

* Trabajo presentado en el X Congreso Argentino y VIII Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, 1983.

INTRODUCCION

En el área central de la provincia de Córdoba, ha aumentado la proporción de cultivos anuales de cosecha, llegando a ser algunas zonas predominantemente agrícolas. Además, en los últimos años la soja pasó a tener un papel preponderante, siguiéndole en importancia el cultivo de sorgo.

Esta experiencia, tuvo por finalidad evaluar el comportamiento de soja, sorgo granífero, maní y girasol, en monocultura y en rotación bienal, y su influencia sobre algunas características del suelo relacionadas con su fertilidad.

Los resultados de un ensayo anterior, realizado en la EEA. Manfredi, permitieron comprobar el beneficio de la secuencia sorgo-maní para ambos cultivos y el perjuicio de la monocultura de maní y de girasol (Núñez Vázquez y Fisher, 1970).

En un relevamiento realizado en el área manisera de Río Tercero, con suelos de baja fertilidad, también se constató un aumento sustancial de los rendimientos de maní, si era sembrado en rotación con sorgo (Núñez Vázquez et al., 1971).

En el área central de la Provincia se pudo determinar un aumento de los rendimientos y tenor de proteínas del grano de sorgo cuando alternaba con leguminosas, principalmente maní (Núñez Vázquez y Feresín. Informe Final Plan 42: 1889 INTA, inédito, 1983).

Las principales causas del perjuicio de la monocultura de maní, según Gillier, son el deterioro físico y químico del suelo y la proliferación de enfermedades (Gillier y Silvestre, 1970). Mazzani, en Venezuela, comprobó un incremento de viruela en maní en monocultura (Mazzani y Allievi, 1974).

La soja repercute negativamente sobre la estabilidad de los agregados del suelo, en comparación con maíz, según ensayos realizados en Nebraska (USA) (Fahad et al., 1982). El sorgo, por el contrario, actúa mejorando las condiciones físicas del suelo y la estabilidad estructural (Núñez Vázquez y Feresín. Informe Final Plan 42: 1889 INTA, inédito, 1983 y Fahad et al., 1982).

El beneficio que aportan el maní o soja en rotación con otros cultivos, reside principalmente en la mayor cantidad residual de nitrógeno disponible en el suelo, dado su condición de leguminosas. De acuerdo a ensayos realizados en la EEA Manfredi la cantidad de nitrógeno ($N-NO_3$) en la capa arable, presente en el suelo después de maní y barbecho, superó en 24 kg por hectárea a la existente después de sorgo granífero y barbecho, en muestras extraídas en noviembre (Núñez Vázquez, 1978).

MATERIALES Y METODOS

De 1978/79 a 1982/83 se realizó en la EEA Manfredi un ensayo de rotaciones entre los principales cultivos de cosecha del área: sorgo, soja, maní y girasol, utilizando cultivares e híbridos sembrados comúnmente y de buen potencial.

Características edafoclimáticas

El suelo es representativo de los zonales (Haplustol), profundo, de perfil AC, de textura francolimosa, con 1,60 por ciento de materia orgánica promedio en los primeros 30 cm, de pH 6,0 en la capa arable y con buena disponibilidad de fósforo (37 ppm de 0 a 30 cm).

El promedio de lluvias durante el ciclo de los cultivos (noviembre/abril) fue de 685 mm, representando el 83 por ciento del total anual de 830 mm. Los promedios de 1903 a 1982 fueron de 559 (77 por ciento) y 728 mm, respectivamente. Además, debido al ciclo de años con altas precipitaciones, la capa freática elevó su nivel, disminuyendo los riesgos de sequía, al humedecer el perfil. En agosto de 1982, en pleno período seco, se determinó humedad hasta la capa freática (3,60 m). El agua total presente fue la siguiente: 0 a 1 m, 204 mm; 1 a 2 m, 243 mm; 2 a 3 m, 301 mm; 3,0 a 3,60 m, 204 mm.

Diseño experimental

Cada uno de los cultivos fue sembrado en monocultura o en rotación bienal con cada uno de los demás, totalizando 16 tratamientos, ya que para cada rotación bienal, en cada año, estaban presentes los dos cultivos participantes.

El diseño fue en franjas con 4 repeticiones, en las que al comienzo en un sentido se ubicaron todos los cultivos y al año siguiente, perpendicularmente al anterior, la segunda fase del ciclo de rotación.

El tamaño de cada parcela fue de 10,50 m de ancho (15 hileras a 0,70 m) y 10,50 m de largo, realizándose la cosecha en una superficie de 39,69 m² (6,30 m x 6,30 m).

Muestreo y análisis de suelo

Durante la época de siembra (noviembre), se extrajo una muestra compuesta de 10 extracciones por parcela de 0-15 y 15-30 cm, para determinar humedad, nitratos y carbono orgánico. Además, al finalizar la cosecha 1982/83, se extrajo una muestra por parcela, de 0 a 10 cm, compuesta por 10 submuestras para analizar estabilidad estructural, y se empleó la púa di-

namométrica (5 mediciones por parcela) para determinar resistencia a la penetración, cada 5 cm hasta los 30, con un impacto de 2 kilogramos por golpe.

El porcentaje de carbono orgánico fue determinado por el método Walkley-Black. Los nitratos fueron extraídos con solución de sulfato de potasio 0,1 N y determinados potenciométricamente con electrodo específico. La humedad por gravimetría, y la estabilidad estructural por el método alcohol-agua, usado por Tallarico (1974).

Evaluación de los cultivos

En cada uno de los cultivos fueron realizadas observaciones sobre enfermedades y plagas. Se determinó rendimiento y, en los casos de maní y girasol, porcentaje de aceite en semilla. En sorgo granífero, también porcentaje de proteína y cantidad de rastrojo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Factores edáficos

Carbono orgánico:

La Tabla 1, detalla los promedios habidos para cada una de las secuencias en los primeros 30 cm de suelo, en los muestreos de noviembre de 1980 y 1982.

Tratamientos	1980	1982	Disminución
Girasol-girasol	1,12	0,97	0,15
Maní-maní	1,03	0,93	0,10
Soja-soja	0,95	0,91	0,04
Sorgo-sorgo	0,99	0,98	0,01
Girasol-soja	1,00	0,95	0,05
Girasol-maní	1,03	0,99	0,04
Maní-soja	1,02	0,96	0,06
Maní-sorgo	0,98	0,95	0,03
Soja-sorgo	1,03	0,97	0,06
Girasol-sorgo	1,03	0,99	0,04

Observando las monoculturas, la secuencia de disminución fue la siguiente: girasol > maní > soja > sorgo. En los demás tratamientos se respeta en buena proporción la influencia de cada cultivo. Las variaciones habidas no alcanzaron a ser estadísticamente significativas. En algunos casos como el girasol, la diferencia puede ser mayor, debido a que al haber más carbono orgánico al comienzo, la disminución fue más pronunciada.

Se tienen dudas sobre la aptitud de este análisis para juzgar la evolución de suelo con cultivos de cosecha parecidos ya que al analizar por parcela, hubo resultados erráticos.

Nitratos:

La Tabla 2 promedia 3 años de valores de nitrógeno de nitratos teniendo en cuenta el cultivo anterior al muestreo; en 1979 no se realizó determinación. Como puede observarse, la disponibilidad de nitratos fue mayor en las parcelas que tuvieron leguminosas, sobre todo después de soja inoculada, y menor en las de sorgo granífero, por la gran cantidad de residuos de alta relación C/N.

El análisis estadístico se realizó únicamente para la primera capa (0-15 cm) que fue donde existieron las mayores diferencias. El muestreo se realizó solamente hasta 30 cm, teniendo en cuenta que un análisis efectuado en 1979, determinó que hasta esa profundidad se encontraba el 58 por ciento del total existente hasta 1 m. Se supuso que esa relación se mantendría en los años siguientes, debido a que las lluvias previas al muestreo fueron generalmente escasas.

Agua útil

No hubo diferencias de importancia en cuanto al contenido de agua útil durante la época de siembra, según cultivo anterior, en ninguno de los años. El promedio de 1979 a 1982, hasta 30 cm de profundidad, fue: después de soja, 38 mm; después de maní, 36 mm; después de girasol, 38 mm; después de sorgo, 39 mm.

Resistencia a la penetración

La Tabla 3 detalla el número de golpes necesario para que la púa dinamométrica penetre en los primeros 30 cm de suelo y en la capa de 15 a 25 cm, que generalmente fue la de mayor resistencia.

Como puede observarse, el efecto de los cultivos sobre la compactación del suelo fue: girasol > maní > soja > sorgo. Esa tendencia se mantuvo cuando se analizó según cultivo anterior a la determinación, independientemente de las distintas secuencias.

La humedad total existente durante la determinación era buena, promediando 79 mm de 0 a 30 cm, siguiendo la tendencia girasol < maní < soja < sorgo, siendo significativa (al 5 por ciento) la diferencia entre sorgo y soja con los demás.

Como era de esperar, hubo correlación negativa entre humedad y resistencia a la penetración ($r = 0,76$ de 0 a 30 cm y $0,65$ de 15 a 25 cm), significativa en ambos casos al 0,001. Las líneas de regresión, para las

TABLA 2: N-NO₃ (ppm). Promedios 1980, 1981 y 1982.

Cultivo anterior	1980		1981		1982		Promedio			
	0-15 cm	0-30 cm	0-15 cm	0-30 cm	0-15 cm	0-30 cm	0-15 cm %	0-30 cm %		
Soja	21,1 a	18,6	20,0 a	17,4	19,6 a	16,5	20,2	142	17,6	139
Maní	16,8 ab	14,7	21,5 a	19,3	15,8 ab	12,8	18,0	127	15,7	124
Girasol	19,7 a	16,3	14,9 b	12,4	12,5 b	10,5	15,7	111	13,1	102
Sorgo	15,0 b	13,2	18,2 ab	16,2	9,3 c	8,7	14,2	100	12,7	100
Coeffic. de var. (%)	14,0		20,2		19,2					

Nota: Las cifras seguidas por una misma letra no difieren entre sí al 5 por ciento, según el test de Tukey. Los porcentajes se calcularon con respecto al valor correspondiente a sorgo.

profundidades de 0 a 30 cm y 15 a 25 cm fueron: $y = 29,41 - 0,25 x$ ($R^2 = 0,58$); $y = 17,60 - 0,36 x$ ($R^2 = 0,36$), siendo x los milímetros de agua total. Por lo tanto, las diferencias de resistencia encontradas se explicarían en buena proporción por la distinta humedad presente en el momento de la determinación.

Estabilidad estructural

La Tabla 4 promedia los porcentajes de agua, en la mezcla alcohol-agua, a los que rompe un agregado de los 4 con los que se trabaja, según la Técnica de Tallarico.

Como puede observarse, sólo entre los monocultivos se detectan diferencias, aunque no llegan a ser de importancia, ni tampoco estadísticamente significativas. El método seguido no es muy apto para comparar suelos con una historia cultural parecida. De todas maneras, el sorgo repercutió positivamente, comparado con los demás, debido a la gran incorporación de rastrojos al suelo, aunque siguen siendo de mala estabilidad esas parcelas.

No hubo correlación entre carbono orgánico y estabilidad, debido posiblemente a la misma causa.

Cultivos

Soja

La Tabla 5 promedia los rendimientos de 1979/80 a 1982/83.

En 1979/80 fueron bajos debido a un deficiente número de plantas. En ningún año las diferencias fueron estadísticamente significativas, aunque se observa

TABLA 3: Púa dinamométrica. Número de golpes por monocultura y cultivo anterior.

Variantes	Profundidad			
	0-30 cm		15-25 cm	
		%		%
Monocultura sorgo	8,06	100 a	3,20	100 a
Monocultura soja	8,30	103 ab	3,35	105 a
Monocultura maní	10,30	128 ab	4,35	136 b
Monocultura girasol	10,96	136 b	4,85	152 b
Cultivo anterior sorgo	7,93	100 a	3,15	100 a
Cultivo anterior soja	8,03	101 a	3,13	99 a
Cultivo anterior maní	11,23	142 b	4,68	149 b
Cultivo anterior girasol	10,95	138 b	4,83	153 b

Nota: Las variantes seguidas por una misma letra, no difieren significativamente entre sí al 5 por ciento (según test de Tukey). Los porcentajes se calcularon con respecto al valor correspondiente a sorgo.

TABLA 4: Estabilidad Estructural. Porcentajes de agua en la mezcla alcohol-agua.

Monocultivo	%	Cultivo anterior	%
Sorgo	29	Sorgo	25
Girasol	25	Girasol	23
Maní	18	Maní	22
Soja	16	Soja	21

TABLA 5: Rendimientos de soja (kg/ha). 1979/80 - 1982/83.

Tratamientos	1979/80		1980/81		1981/82		1982/83		Promedio	
		%		%		%		%		%
Soja-soja	1.952	100	2.857	100	2.515	100	2.538	100	2.466	100
Girasol-soja	1.378	72	2.695	94	2.473	98	2.433	96	2.244	91
Maní-soja	1.656	85	2.796	98	2.787	111	2.721	107	2.490	101
Sorgo-soja	1.726	88	2.676	94	2.983	119	2.724	107	2.527	102
Coef. de var. (%)	17,7		13,5		12,4		9,3			

Nota: Los porcentajes se calcularon con respecto al valor del tratamiento soja-soja.

disminución del rendimiento después de girasol. Conviene recordar que no hubo déficit hídrico en este ensayo.

La nodulación en general fue buena, siendo mayor después de sorgo granífero. La evaluación se realizó cualitativamente, teniendo en cuenta cantidad, tamaño y color de nódulos.

Girasol

En la Tabla 6 figuran los rendimientos y el porcentaje promedio de materia grasa.

En 1980/81 la producción estuvo afectada por un tornado. Salvo en ese año, no hubo diferencias entre las distintas variantes. El mantenimiento de altos rendimientos en las parcelas de monocultivo, posiblemente fue debido a la buena disponibilidad de agua

edáfica y a la no proliferación de agentes patógenos.

No hubo correlación entre nitratos presentes a la siembra de girasol y rendimientos.

Sorgo granífero

La Tabla 7 detalla el promedio de los rendimientos y porcentaje de proteínas del grano de sorgo. En 1980/81 y 1982/83, el severo ataque de "mosquita" anuló prácticamente la cosecha.

Se observa que el sorgo tuvo mayores rendimientos alternando con las leguminosas, especialmente con soja. No hubo correlación entre nitratos presentes a la siembra y rendimientos. Sí la hubo entre nitratos (de 0 a 15 cm) y porcentaje de proteínas ($r = 0,56$, significativo al 5 por ciento). La línea de regresión $y = 7,38 + 0,09x$ ($y =$ porcentaje de proteínas, $x = N-NO_3$), tiene un bajo coeficiente de determinación ($R^2 = 0,31$).

TABLA 6: Rendimientos de girasol (kg/ha) y porcentaje promedio de materia grasa. 1979/80 - 1982/83.

Tratamientos	1979/80		1980/81		1981/82		1982/83		Promedio		
		%		%		%		%	kg/ha	M. Grasa	
Girasol-girasol	3.426	100	1.570	100 ab	2.642	100	2.173	100	2.453	100	43,4
Sorgo-girasol	3.584	105	1.544	98 b	2.682	102	2.044	94	2.464	100	43,3
Maní-girasol	3.660	107	1.772	113 ab	2.611	99	1.946	90	2.497	102	42,9
Soja-girasol	3.716	109	1.829	117 a	2.820	107	2.003	92	2.592	106	42,8
Coef. de var. (%)	5,4		7,0		6,3		15,0				

Nota: Las cifras seguidas por una misma letra, no difieren entre sí al 5 por ciento, según el test de Tukey. Los porcentajes se calcularon con respecto al valor del tratamiento girasol-girasol.

TABLA 7: Rendimientos de sorgo granífero y porcentaje de proteína en grano.

Tratamientos	1979/80		1981/82		Promedio				
	kg/ha	Proteína	kg/ha	Proteína	kg/ha	Proteína			
	%		%		%				
Sorgo-sorgo	2.727	100	8,1 c	3.066	100 c	8,7	2.897	100	8,4
Girasol-sorgo	2.670	98	9,0 b	3.961	129 b	8,4	3.216	114	8,7
Maní-sorgo	2.482	91	10,6 a	4.232	138 ab	9,1	3.357	116	9,8
Soja-sorgo	3.137	115	8,9 b	4.604	150 a	9,2	3.871	134	9,1
Coef. de var. (%)	17,0		4,6		6,7		10,6		

Nota: Las cifras seguidas por una misma letra no difieren entre sí al 5 por ciento, según el test de Tukey. Los porcentajes se calcularon con respecto al valor del tratamiento sorgo-sorgo.

TABLA 8: Rendimientos de semilla de maní y porcentaje promedio de materia grasa.

Tratamientos	1979/80		1980/81		1981/82		1982/83		Promedio		
	kg/ha	Proteína	kg/ha	Proteína	kg/ha	Proteína	kg/ha	Proteína	kg/ha	M. Grasa	
	%		%		%		%		%		
Maní-maní	1.122	100 a	1.155	100	1.609	100 ab	1.010	100	1.225	100	47,3
Girasol-maní	1.275	114 ab	1.155	100	1.590	99 b	964	95	1.246	102	48,2
Sorgo-maní	1.457	130 ab	1.033	89	1.863	116 ab	932	92	1.321	108	47,6
Soja-maní	1.530	136 b	1.041	90	1.928	120 a	1.060	105	1.390	113	47,8
Coef. de var. (%)	12,0		11,0		11,2		13,9				

Nota: Las cifras seguidas por una misma letra no difieren entre sí al 5 por ciento, según el test de Tukey. Los porcentajes se calcularon con respecto al valor del tratamiento maní-maní.

Maní

La Tabla 8 presenta los rendimientos y el porcentaje promedio de materia grasa.

De acuerdo a lo observado, en los años en que el maní tuvo mayores rendimientos, se observa un mejor comportamiento después de soja y sorgo, que después de monocultura y girasol, posiblemente por mejores condiciones físicas y sanitarias.

Factores climáticos disminuyeron los rendimientos en 1980/81, por exceso de humedad en cosecha y en 1982/83, por el mismo motivo durante la maduración, que incrementó el ataque de viruela de la hoja. Las diferencias en porcentaje de aceite no fueron significativas.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos durante los cuatro años transcurridos del ensayo, surgen las siguientes conclusiones, algunas de las cuales deben considerarse preliminares, debido a la falta de déficit hídrico, factor que suele estar presente en la región semiárida:

- 1) Aunque hubo disminución del carbono orgánico, a través de los años, en todas las variantes, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos monocultivos, presentándose valores erráticos en algunas parcelas.

- 2) La cantidad promedio de nitratos después de los cultivos, en la primavera siguiente, fue mayor después de soja inoculada y maní, que después de sorgo en un 42 y 27 por ciento, respectivamente.
- 3) La resistencia a la penetración en el suelo estuvo relacionada con la humedad presente en el mismo. Las parcelas que habían tenido sorgo y soja, al tener más humedad, presentaron menor resistencia.
- 4) La estabilidad de los agregados fue mala. Aunque el método seguido no es el más preciso, se determinó que en las parcelas de monocultura de sorgo, la misma era 70 por ciento superior a la existente en las de maní y soja.
- 5) Con buena humedad edáfica, no hubo diferencias significativas entre los rendimientos de soja. Sólo hubo disminución (-9 por ciento) en la secuencia girasol-soja.
- 6) No hubo diferencias entre los rendimientos y porcentaje de aceite de girasol en las distintas variantes.
- 7) Los rendimientos de sorgo granífero fueron superiores en un 16 por ciento después de maní y en un 34 por ciento después de soja inoculada, con respecto a monocultura; también hubo incremento de proteína en grano, que estuvo relacionado con la cantidad de nitratos presente a la misma.
- 8) Los rendimientos de maní fueron mayores después de sorgo y soja, no habiendo diferencias en su porcentaje de materia grasa.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración prestada por los siguientes técnicos: Ings. Agrs. Evito E. Tombetta y Laura Giorda, Est. Susana Castellano, Téc. Quím. Juan Carlos Jousset y Bachiller Ricardo H. Zanini.

REFERENCIAS

- Fahad, A. A.; L. N. Mielke and A. D. Flowerday; Swartzendruber, 1982. Soil physical properties as affected by soybean and other cropping sequences. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 377-381.
- Gillier, P. y P. Silvestre, 1970. El cacahuete o maní. Ed. Blume, Barcelona (España). 281 págs.
- Mazzani, B. y H. Allievi, 1974. Efecto de la rotación de cultivos sobre la incidencia de las manchas foliares por *Cercospora* en maní. *Agronomía Tropical*, Venezuela, 21: 329-332.
- Núñez Vázquez, F., 1978. La longitud del barbecho y los rendimientos de sorgo y maní. INTA - EEA Manfredi, Inf. Técnica 79, Jul. 8 págs.
- Núñez Vázquez, F. y H. G. Fisher, 1970. Algunas conclusiones preliminares sobre rotaciones de cultivos en la región central de Córdoba. *Rev. Agronómica del Noroeste Argentino* VII: 453-469.
- Núñez Vázquez, F.; E. M. Gómez y M. J. R. Zaffanella, 1971. Principales factores condicionantes del rendimiento del maní en el área de Río Tercero. *IDIA* 279: 56-64.
- Tallarico, L. A., 1974. El método de la mezcla alcohol-agua para evaluar la estructura del suelo. *IDIA*. 313-314: 1-4.