

GENERACION DEL RENDIMIENTO EN SOJA E HISTORIA AGRICOLA: UN CASO EN GRAL. CAPDEVILA, CHACO.

J.H. Reales, A.G. Kantolic* y M.A. Taboada
Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, C1417DSE Buenos Aires. * akantoli@agro.uba.ar

Introducción

En la provincia del Chaco la soja comenzó a expandirse a principios de los '80. Actualmente, la superficie sembrada supera las 700 mil hectáreas y existe una acentuada tendencia al monocultivo. Puesto que en muchos ambientes se han documentado los efectos negativos de la monocultura sobre las propiedades del suelo, el rendimiento de los cultivos y la estabilidad económica de las empresas (i.e., Helmers et al., 2001; Kelley et al., 2003) existe una fuerte sospecha de que la expansión de la soja está conduciendo al deterioro de los sistemas productivos de la región. Sin embargo, no existe suficiente información local que documente y cuantifique estos efectos.

En este trabajo se exploró el impacto de la monocultura de soja sobre las propiedades del suelo y el rendimiento de cultivos de soja contrastando dos lotes sometidos a diferentes secuencias de cultivos. Se investigó si la monocultura de soja ha conducido a cambios estructurales y químicos en el suelo y si éstos provocan restricciones en el crecimiento y rendimiento de cultivos de soja.

Materiales y Métodos

Se sembraron los cultivares Aw 7110 y A 8000 en dos lotes con diferente historia agrícola reciente (Cuadro 1) ubicados en un campo de producción en Gral. Capdevila (27°26' S, 61°28' W), Chaco, que han sido cultivados bajo siembra directa desde 1997. En ambos lotes se identificaron sectores correspondientes a dos tipos de suelo: un Haplustol Fluvéntico serie Pinedo (Pq) y un Argiustol Udico serie Capdevila (Cx). La siembra se realizó el 26 de diciembre de 2003, con una densidad de 423.000 plantas/ha.

Cuadro 1. Secuencia de cultivos en los lotes evaluados. Alg: algodón, Gir: girasol, Sor: Sorgo

	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	2001/2	2002/3	2003/4
Lote 5	Alg	Alg	Soja	Gir/ Soja	Soja	Soja	Gir/ Sor	Soja	Soja
Lote 6	Alg	Alg	Soja	Soja	Soja	Soja	Soja	Soja	Soja

Previo a la siembra de los cultivos se tomaron muestras de suelo para determinar la estabilidad estructural de los primeros 10 cm (De Boodt et al., 1961), la densidad aparente, el pH en agua (1:5), carbono orgánico (Walkley y Black), nitrógeno orgánico (Kjeldahl), fósforo extractable (Bray y Kurtz 1), y la capacidad de intercambio catiónico CIC, $\text{AcONH}_4\text{1N}$ a pH 7). Las propiedades edáficas se evaluaron en ambos lotes y tipos de suelos y también en áreas prístinas aledañas (monte).

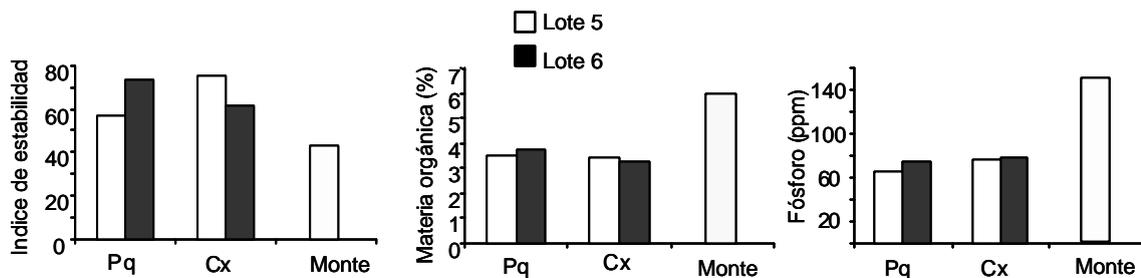
A los 20 días de la siembra se estimó el porcentaje de plantas establecidas sobre el total de semillas sembradas. Se registró la fenología (Fehr y Caviness, 1977); en R1 y en R5 se estimó el porcentaje de intercepción de radiación, se tomaron muestras de biomasa aérea y se excavaron trincheras para determinar la profundidad máxima de exploración de raíces. Luego de la cosecha se determinaron el rendimiento y sus componentes sobre muestras de 2 m².

Resultados y Discusión

Los análisis del suelo no mostraron diferencias asociadas a la secuencia de cultivos. En promedio para ambos tipos de suelo y lotes los valores encontrados fueron: densidad aparente: 1.08 (2-8 cm)

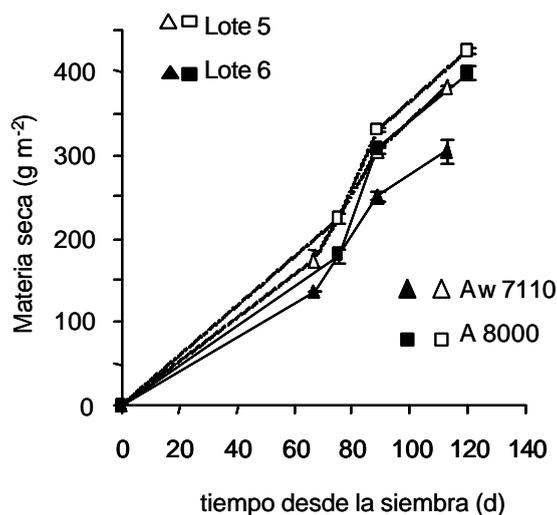
y 1.18 g cm^{-3} (8-14 cm); pH: 7; nitrógeno orgánico: 0.2% y CIC 27.9 meq. En cambio, fue evidente un deterioro con respecto a la situación prística en la estabilidad estructural (mayor índice de De Boodt), la materia orgánica y del contenido de fósforo (Figura 1). En coincidencia con lo resaltado por Ghersa (2005), el proceso de agriculturización más que la monocultura de soja, parecen haber sido los principales responsables de cambios marcados en las propiedades del suelo.

Figura 1. Algunas propiedades de los suelos de la serie Pinedo (Pq) y Capdevila (Cx) evaluadas en los lotes cuyas secuencias se describen en el Cuadro 1 y en una región prística (Monte).



Sin embargo, las plantas de soja mostraron un comportamiento diferencial entre lotes. Como promedio para ambos suelos, el porcentaje de implantación fue menor en el lote con monocultura, pasando de 75.3 y 61.4% en el lote 5 para Aw7110 y A8000, respectivamente, a 61.2% y 47.9% en el lote 6, para cada variedad. El crecimiento aéreo también fue menor en el lote 6, principalmente en Aw7110. Así la intercepción de la radiación al comienzo de floración (R1), si bien fue baja en todas las situaciones, fue significativamente menor en el lote 6; la cobertura alcanzada en R5 fue menor en Aw7100 en el suelo Pq del lote 6 (Tabla 2). Coincidentemente, hasta R1 ambos cultivares acumularon más materia seca aérea en el lote 5 que en el lote 6 (Figura 2); luego de floración, durante el período crítico (Egli, 1998), la tasa de crecimiento del cultivo se incrementó en A8000. Si bien ambos cultivares sembrados en el lote 5 produjeron más materia seca al final del ciclo, la reducción del crecimiento en el lote 6 fue mayor en Aw7110.

Figura 2 Evolución de la materia seca en Aw7110 y A8000 cultivadas en los lotes 5 y 6. Valores promedios para ambos tipos de suelo.



En R1, las raíces se encontraban concentradas superficialmente, pero A8000 había logrado mayor profundización que Aw7110, principalmente en el suelo Cx; en R5, la profundidad de raíces fue estadísticamente mayor en el lote 5 y en A8000 (Tabla 2). La tasa de profundización de raíces entre R1 y R5 fue de alrededor de medio centímetro diario en el lote 5, observándose una fuerte reducción en el lote 6. En dicho lote, las raíces de Aw7000 prácticamente no profundizaron luego de floración en el suelo Pq.

Tabla 2. Valores promedio de variables del crecimiento y rendimiento, diferencias mínimas significativas ($p=0.05$, DMS) y grado de significancia de los efectos del lote (L), la variedad (V), el tipo de suelo (S) y sus interacciones; ns: no significativo.

	Intercepción de radiación (%)		Biomasa aérea ($g\ m^{-2}$)	Profundidad de Raíces (cm)		Rendimiento ($kg\ ha^{-1}$)	Peso de granos (mg)	Número de granos (m^{-2})
	en R1	en R5		en R1	en R5			
Aw 7110 - Suelo Cx								
Lote 5	55.8	77.7	381.0	28.3	38.7	1477.3	123.7	1205.6
Lote 6	50.9	80.6	315.0	30.7	36.3	1297.0	127.0	1022.3
A7110 -Suelo Pq								
Lote 5	55.1	79.7	382.6	32.0	42.7	1581.1	141.3	1131.4
Lote 6	49.9	74.6	293.3	34.0	34.3	1346.0	142.7	948.7
A8000 - Suelo Cx								
Lote 5	57.8	81.9	426.0	40.0	49.7	1589.0	122.7	1302.4
Lote 6	53.5	82.4	393.3	36.3	38.7	1745.5	162.3	1108.4
A 8000 - Suelo Pq								
Lote 5	59.6	83.4	424.0	36.7	45.7	1864.0	130.7	1428.8
Lote 6	51.9	82.0	403.3	36.3	41.0	1620.5	153.3	1099.1
DMS	4.9	4.4	31.8	4.6	4.8	219.0	17.6	221.5
L	0.0001	ns	0.0001	ns	0.0001	0.03	0.0001	0.0001
V	0.03	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.05	0.007
L x V	ns	ns	0.003	ns	ns	ns	0.003	ns
S	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.07	ns
V x S	ns	ns	ns	0.03	ns	ns	0.05	ns
L x S	ns	0.028	ns	ns	ns	0.42	ns	ns
V x L x S	ns	ns	ns	ns	0.02	0.11	ns	ns

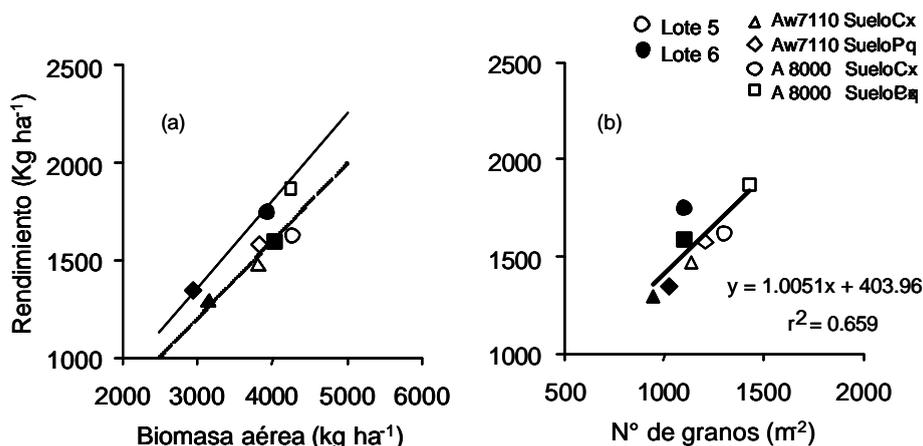
Estos resultados sugieren que las condiciones del lote 6 y, principalmente en el suelo Pq, afectaron a los cultivos desde sus etapas iniciales y modificaron su crecimiento posterior. Sin embargo, las diferencias entre cultivares resultaron cruciales para definir que A 8000 lograra un mayor crecimiento tardío. Este cultivar fue más largo - floreció y maduró una semana después que Aw7110 – y presentó una mayor tasa de crecimiento, por lo que logró comenzar el período crítico con mayor cobertura y mayor profundización de raíces, logrando una mayor capacidad para capturar recursos y revertir, luego de R5, su menor crecimiento inicial.

El rendimiento estuvo altamente correlacionado con la producción de biomasa aérea ($r^2= 0.72$, $p<0.01$) aunque el índice de cosecha fue mayor en A8000 en 3 de las 4 situaciones analizadas (Figura 3a). En promedio, el rendimiento fue mayor en A8000 y en el lote 5; sin embargo, en el suelo Cx, los rendimientos de A8000 fueron similares en ambos lotes (Tabla 2). El número de granos fue el componente que mejor explicó los cambios en el rendimiento, principalmente en Aw7110 (Tabla 2, Figura 3b). El peso de los granos no se modificó entre lotes en Aw7110 pero se incrementó en el lote 6 en A8000, principalmente en el suelo Cx (Tabla 2).

Mientras que el número de granos estuvo altamente correlacionado con el porcentaje de cobertura alcanzado en R1 ($r^2: 0.81$, $p<0.01$), el peso de los granos se correlacionó con el incremento de cobertura entre R1 y R5 ($r^2: 0.51$, $p<0.05$). Estos resultados sugieren que, si bien el estado del lote con monocultura de soja redujo la capacidad de generar granos por unidad de

superficie en ambos cultivares, la recuperación de A8000 luego de R5 permitió una compensación del rendimiento mediante un incremento del peso de los granos. Puesto que el peso de los granos en soja está frecuentemente limitado por la disponibilidad de fuente (Egli, 1998) mejoras en el crecimiento tardío permitieron incrementar el crecimiento de los granos.

Figura 3. Relaciones entre el rendimiento y (a) la biomasa aérea y (b) el número de granos. Las rectas llena y punteada en (a) representan isólinas de índice de cosecha de 0.45 y 0.40, respectivamente mientras que la recta en (b) representa el ajuste mediante regresión lineal



Si bien la inferencia que puede hacerse a partir de este estudio es limitada, puede concluirse que la diferente secuencia de cultivos generó condiciones que modificaron el crecimiento de las plantas aunque las diferencias edáficas entre lotes no fueron evidentes. Deberían, por lo tanto, relativizarse los diagnósticos de degradación del suelo basados en análisis de suelo convencionales. Sin embargo, las condiciones de los lotes no fueron percibidas igualmente por diferentes genotipos. Cultivares como A8000, de alto crecimiento y ciclo largo, no mostrarían un comportamiento diferencial entre situaciones de degradación, mientras sí lo harían cultivares como Aw7110, de menor ciclo y menor crecimiento. De la misma manera que lo encontrado en cultivos de maíz (Maddonni *et al.*, 1999) parecería que en soja existen efectos genotípicos en la discriminación de los efectos generados por las diferentes historias agrícolas.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de la tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo de J.H.R. Los autores agradecen la colaboración de A. Reales, G. Gougy, F.Varela y D. Cañete.

Bibliografía

- DE BOODT, M., DE LEENHEER, L., KIRKHAM, D., 1961. Soil aggregate stability indexes and crop yields. *Soil Sci.* 91, 138-146.
- K.W. KELLEY, J.H. LONG JR, T.C. TODD. 2003. Long-term crop rotations affect soybean yield, seed weight, and soil chemical properties. *Field Crops Res.* 83,41-50
- Egli, D.B. 1998. Seed biology and the yield of grain crops. CAB International, UK. 178 pp.
- FEHR, W. R., C.E. CAVINESS. 1977. Stages of soybean development. Special Rep. 80. Iowa State University, Ames, Iowa. 11 p.
- GHERSA, C.M. 2005. El cultivo de soja como motor de cambio en el agro pampeano. *Actas Mundo Soja*, Buenos Aires, junio de 2005, pp.15-22
- HELMERS, G., YAMOA, C., VARVEL, G. 2001. Separating the impacts of crop diversification and rotations on risk. *Agronomy Journal* 93:1337-1340.
- MADDONNI, GA, S URRICARIET, CM GHERSA RS LAVADO. 1999. Assessing soil quality in the Rolling Pampa, using soil properties and maize characteristics. *Agronomy Journal* 91: 280-287