

El monocultivo de soja y el déficit de nitrógeno

Graciela Cordone y Fernando Martínez
 AER INTA Casilda, Santa Fe
cordone@correo.inta.gov.ar

En este trabajo se realiza un análisis regional de las alternativas de manejo de la fertilización en la zona Centro-Sur de Santa Fe, que comprende los departamentos de Caseros, Constitución, San Lorenzo y Rosario (Figura 1). Abarca aproximadamente 1.100.000 hectáreas, de las cuales el 90% se encuentran bajo cultivos agrícolas. Según datos de la SAGPyA, promedio del período 1997/98 – 2002/03, el 70% del área es cultivada con soja de primera, el 20% con trigo/soja, y algo menos del 10% con maíz y sorgo. Estos datos permiten elaborar un modelo promedio de secuencia y de rendimientos regionales (Tabla 1), según el cual los productores de esta zona sembrarían 7 o más años soja de primera cada 10 años. Estos son valores medios, pero la realidad muestra que hay productores que no rotan y solo siembran soja.

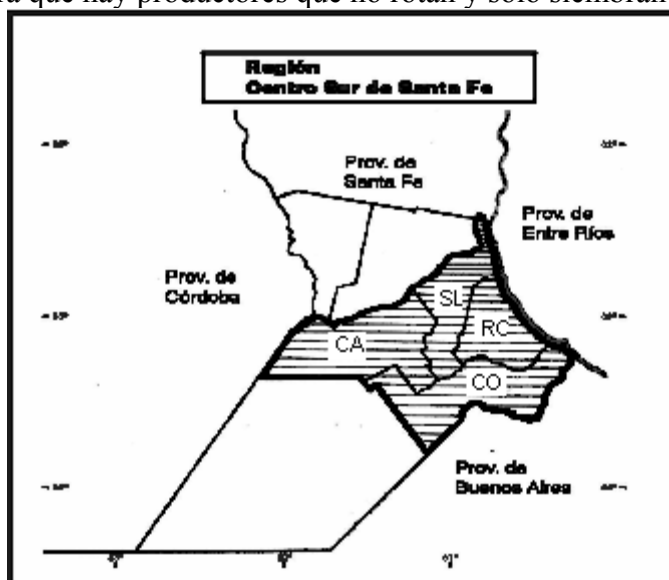


Figura 1. Región Centro Sur de Santa Fe: Departamento de San Lorenzo (SL), Rosario (RO), Constitución (CO) y Caseros (CA).

Tabla 1. Rotación de cultivos y rendimientos promedio de la Región Centro-Sur de Santa Fe. Período 1997/98 – 2002-03 (Fuente: SAGPyA).

Cultivo	Rendimiento (kg/ha)	Frecuencia (años en 10)
Soja I	3080	7
Trigo/Soja	2200/2400	2
Maíz	7000	1

Considerando este modelo productivo, y teniendo en cuenta la fertilización promedio que se aplica en la zona, así como lo aportado por la fijación biológica de nitrógeno (N), surge un balance negativo estimado de nutrientes que se observa en la Tabla 2. Evidentemente, es un modelo de extracción de minerales del suelo que no se condice con un planteo productivo que pueda sostenerse en el mediano o largo plazo.

Esto ha sido posible a expensas de la disminución del contenido de materia orgánica y del stock de nutrientes del que estos suelos estaban dotados naturalmente.

Tabla 2. Exportación (Balance negativo) de nutrientes y fertilizante requerido para compensarla para la rotación* y rendimientos promedio de la Región Centro-Sur de Santa Fe.

Exportación (kg/ha/año)	N	P	S	K	Mg
Nutriente	42	13	9	63	6
Fertilizante	91	57	50	105	15
	Urea	FMA	Yeso	CIK	MgO

*Rotación regional 10 años (7 años con Soja I, 2 años con T/S, y 1 año con M)

Las propuestas de fertilización que se fueron desarrollando para los cultivos agrícolas de la región pampeana en las últimas décadas, se caracterizaron en sus comienzos por tener como objetivo complementar la nutrición de los cereales con N, ya que el suelo no aportaba la cantidad necesaria. Luego se encontró la interacción de N con fósforo (P) y se pasó a advertir que había sitios en los que debían aplicarse ambos nutrientes. Posteriormente, se comenzó a hablar de fertilización balanceada, que consiste en aplicar diversos nutrientes en una proporción equilibrada con las necesidades del cultivo o de la rotación, y se agregó la soja como cultivo fertilizable. Usualmente, se hace referencia a los elementos de uso más generalizado por parte del productor o sea N, P y azufre (S) y, últimamente, otros como magnesio (Mg), potasio (K), y algunos micro nutrientes. En la etapa actual, se ha sumado a esta lista el stock de carbono orgánico (CO) del suelo, ante el deterioro producido por las prácticas de cultivo y la predominancia de soja en la secuencia.

Existe abundante información bibliográfica y resultados experimentales, para cada región y para cada cultivo, sobre la tecnología de aplicación de los fertilizantes (momento, ubicación, fuentes, dosis, umbrales de respuesta, etc.) a utilizar, sin embargo estas estrategias presentan algunas “cajas negras” cuando la soja es el cultivo que ocupa el 90% (70% de primera + 20% de segunda) del área agrícola considerada en este trabajo.

En la Figura 2 se compara la exportación estimada de nutrientes para una situación sin fertilizar (a), y la exportación y reposición para una situación fertilizada (b). Los rendimientos corresponden al resultado promedio de una red de ensayos realizados por la AER INTA Casilda en la campaña 2000-01. Se observa que la fertilización propuesta produjo incremento de rendimiento. Sin embargo, la reposición de nutrientes no compensa lo exportado. Hay un balance muy negativo de K y N, y con los productos agregados tampoco se cubre el déficit de calcio (Ca). La dotación actual de K y Ca del suelo aún no es limitante en la mayor parte del área; no obstante es posible fertilizar con ambos nutrientes. El gran problema se presenta con la exportación de N, que en ambas situaciones del ejemplo considerado, implica una pérdida de 40-45 kg.ha⁻¹.año⁻¹, luego de descontar un aporte por fijación biológica (FBN) equivalente al 60% del requerimiento.

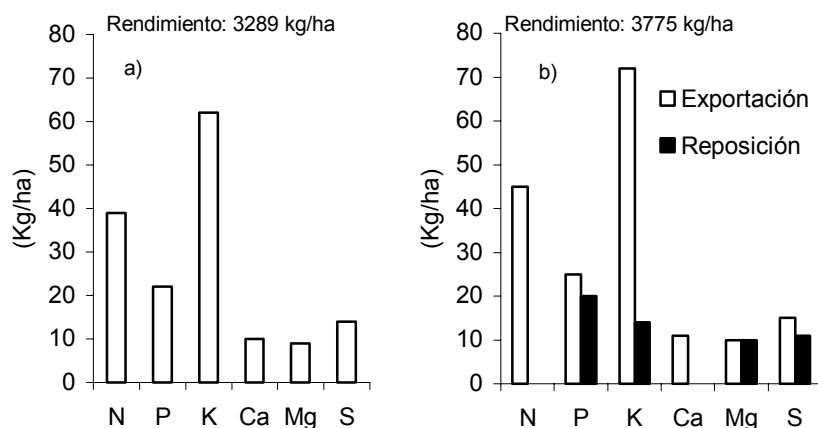


Figura 2. Exportación estimada de nutrientes por el grano y reposición vía fertilización en a) Testigo y b) Fertilizado con P y S (100 kg/ha de SFT y 55 kg/ha de SKMg). Campaña 2000/01.

Para la Región Centro Sur de Santa Fe, deberíamos agregar aproximadamente 32250 t año⁻¹ de N al suelo para compensar el déficit que se produce solo con la soja. En una zona en la que el 90% de su superficie es cultivada con soja surge el problema, ya que este cultivo no ha respondido a la aplicación de N. Existen referencias bibliográficas en las que han encontrado respuesta a la fertilización nitrogenada de soja en estado reproductivo (Ventimiglia et al., 2000; Wesley et al., 1998), pero casi todas las experiencias internacionales y locales muestran que, tanto la fertilización nitrogenada a la siembra (Bodrero et al., 1984; Ventimiglia et al., 2003), como en estado reproductivo con distintas fuentes granuladas aplicadas al suelo o fuentes líquidas de aplicación foliar (Cordone et al., 2003), no han incrementado el rendimiento. Por el contrario, el N aplicado a la siembra reduce y retarda la nodulación, pues energéticamente es más económico para la planta tomar el N del suelo que fijarlo simbióticamente del aire en una estrategia de reemplazo que no beneficia al balance de N. Sin embargo, bajos niveles de N en estadios vegetativos tempranos pueden ser beneficiosos cuando todavía los nódulos no son funcionales, pero a medida que aumenta el N del suelo o del fertilizante, la nodulación disminuye. En experiencias realizadas por INTA Casilda con aplicaciones de N a siembra (datos no publicados), se observó un mejor desarrollo inicial acompañado por un color verde más intenso. Esta diferencia desapareció en estados más avanzados de desarrollo y no hubo incremento de rendimiento.

Por lo tanto, si no podemos fertilizar a la soja con N, ¿cuándo y a qué cultivo podríamos agregarlo para que el balance no siga siendo deficitario?. Este es el verdadero desafío, ya que esas 32250 t año⁻¹ de N no pueden ser repuestas en una secuencia agrícola con escasa o nula rotación con gramíneas. Una alternativa sería incrementar la proporción de gramíneas para grano en la rotación, aumentando la oportunidad de aplicar N con buena respuesta. Sin embargo, el productor es reticente a disminuir la superficie que destina a soja, debido a que es el cultivo que tiene el mayor retorno económico-financiero en una visión de corto plazo.

Dentro de un planteo productivo agrícola continuo, se pueden elaborar diversas estrategias: aumentar la participación del doble cultivo trigo/soja, cebada/soja o avena/soja, con la cual el productor seguiría produciendo soja todos los años y podrían reponer N a la siembra del cereal; también se están experimentando secuencias de doble cultivo de gramíneas (trigo/maíz de segunda o cebada/maíz de segunda), pero éstas implican dejar de producir soja en parte de la superficie.

Otra posibilidad para agregar N en secuencias agrícolas con predominio de soja de primera es la inclusión de gramíneas para ser utilizadas como cultivos de cobertura invernal. La experimentación muestra que es una práctica biológicamente factible, tanto utilizando gramíneas puras como consociadas con leguminosas, que pueden aportar entre 1400 a 3000 kg.ha⁻¹ de C al suelo (Cordone y Hansen, 1986), y que las gramíneas responden a la aplicación de N con un aumento de la producción de materia seca. De este modo el N aplicado es retenido en forma orgánica, evitando interferir con el proceso de nodulación a la siembra de soja. También disminuye el riesgo de lixiviación y contaminación de acuíferos, al sincronizar la aplicación de N con un cultivo que lo puede retener en su residuo y hacerlo disponible cuando el cultivo siguiente lo demande (Andriulo A, com. personal). Cuando se implantan cultivos consociados de gramíneas y leguminosas para ser utilizados como cobertura, existe la posibilidad de incorporar N al sistema suelo-planta a través de la FBN de la leguminosa, suministrando este nutriente a la gramínea acompañante y evitando la aplicación de fertilizante.

Sin embargo, la factibilidad de esta alternativa está condicionada a la disponibilidad hídrica. En zonas con un balance positivo, el excedente puede ser empleado para fijar C sin comprometer la producción de la soja siguiente, ya que la gramínea de cobertura fertilizada con N consumirá más agua. No obstante, este mayor consumo de agua es compensado en parte por el aumento de la captación e infiltración del agua de lluvia y por la disminución de la evaporación primavera-estival que se producen cuando el suelo está cubierto. El agua finalmente, estará disponible durante el ciclo del cultivo siguiente. Sin embargo, los productores consultados manifestaron que preferían sembrar trigo/soja y cosechar el grano de ambos cultivos, con lo cual habrá dos cosechas de N.

En zonas mixtas, existe la posibilidad de fertilizar con N los verdeos invernales, práctica que a su vez, permite incrementar la producción de forraje. De esta forma, quedará en el suelo el remanente de materia seca de la biomasa aérea y radical que suministrará N al sistema vía descomposición. También retornará parte del N con las deyecciones de los animales, aunque es difícil lograr su uniforme distribución.

Consideraciones finales

- Se debe debatir profundamente si la búsqueda del “déficit cero de N” es una condición indispensable para mantener la calidad de nuestro recurso suelo, o si se puede continuar produciendo a expensas de la materia orgánica.
- La FBN de la soja no cubre la exportación de N con el grano, por lo tanto el 90% de la superficie agrícola del Centro-Sur de Santa Fe tiene un déficit calculado de aproximadamente 40-45 kg ha⁻¹año⁻¹.
- Si se acepta que la meta para hacer un uso sostenible del suelo es lograr el balance cero de N y C, la escasa o nula participación de gramíneas en la secuencia promedio de cultivos de la región plantea un gran desafío para el sector científico y productivo, mientras la relación de precios continúe siendo favorable para la soja.
- La interferencia de la nodulación de la soja cuando el N es aplicado a la siembra y la falta de respuesta cuando se lo agregó en estado reproductivo, indicarían que la solución debe ser buscada fuera de este cultivo.
- En planteos de producción agrícola continua, los resultados de investigación y/o experimentación muestran que existen alternativas biológicamente viables para

agregar N al sistema suelo-planta. Además, algunas alternativas permitirían diagramar estrategias de producción compatibles con la preservación de la calidad ambiental. Habría que desarrollar líneas de trabajo tendientes a sincronizar la disponibilidad con el requerimiento de N. Probablemente, se necesiten políticas de estímulo para hacer estas alternativas económicamente viables, teniendo en cuenta que más de la mitad de la superficie de la región se trabaja bajo contratos de arrendamiento.

- En planteos de producción mixta, también existe la posibilidad de agregar N al sistema ya sea por FBN como por fertilización mineral.

Referencias

Bodrero M.L., R.A. Martignone y L. Macor. 1984. Efecto de la fertilización nitrogenada en soja. *Ciencia del Suelo* 2:212-214.

Cordone G. y O. Hansen. 1986. Efecto de distintas especies invernales utilizadas como abonos verdes o cultivos de cobertura en la producción de soja. *Carpeta de Producción Vegetal*, Tomo VIII, serie Soja, Información N° 73. EERA INTA Pergamino.

Cordone G., F. Salvagiotti, M. Bodrero, J. Capurro, F. Martínez, J. Enrico, M. Turinetto, J. Méndez y N. Trentino. 2003. Respuesta de soja de primera al agregado de nitrógeno en estado reproductivo. Para mejorar la producción/N° 24, Soja, Campaña 2002-03. Pág.124-129.

Ventimiglia L.A., P. Richmond, H. Carta y S. Rillo. 2000. *En* Resultados de experiencias. Cosecha gruesa. Campaña 1999-2000. UEEA 9 de julio. INTA (ed). Pág. 114.

Ventimiglia L.A., P. Richmond, H. Carta y S. Rillo. 2003. Efecto del nitrógeno mineral sobre la nodulación y el rendimiento de soja. *En* Experimentación en campos de productores. UEEA 9 de julio. Resultados campaña 2002/2003. INTA (ed). Pág. 115-120.

Wesley T.L., R.E. Lamond, V.L. Martin and S.R. Duncan. 1998. Effect of late-season nitrogen fertilizer on irrigated soybean yield and composition. *J. Prod. Agric.* 11:331-336.