Impacto de secuencias de cultivos y fertilización nitrogenada en gramíneas sobre la producción de soja.

Bacigaluppo, S. y Salvagiotti, F.
Técnicos EEA INTA Oliveros.
Trabajo presentado en "7º Congreso de Soja del Mercosur, Mercosoja 2019."

Palabras clave: secuencia de cultivos, soja, rendimiento, fertilización nitrogenada residual.

Introducción

En la actualidad, existe consenso acerca de que en las actuales áreas agrícolas, la producción de alimentos debería ser incrementada principalmente a través de aumentos en los rendimientos de los cultivos por unidad de superficie, minimizando o revirtiendo el impacto ambiental, y utilizando más eficientemente los recursos e insumos (Andrade, 2016)

Sin embargo, en los últimos años, la agricultura de la región pampeana argentina, se ha simplificado con la inclusión de la soja como monocultivo, con alta demanda de nutrientes y bajo aporte de residuos al sistema. Frente al escaso tiempo de ocupación del suelo, los recursos naturales no sólo no se aprovechan eficientemente, sino que pueden originar procesos de degradación de los suelos (Caviglia *et al.*, 2004). Por ello, la intensificación agrícola sustentable, entendida como una mayor ocupación del suelo por unidad de tiempo, es una estrategia tendiente a resolver estos planteos. Para lograrlo es necesaria la implantación de más cultivos de grano o servicio por unidad de tiempo. Además de la disponibilidad de agua y radiación que determinan la producción de los cultivos, la disponibilidad de nitrógeno (N) es clave para maximizar los rendimientos. El manejo del N a escala de sistema se puede realizar a través de la inclusión de leguminosas en las secuencias o la fertilización de los cultivos. Es importante tener en cuenta que las prácticas de manejo que muchas veces se hacen en los cultivos de una secuencia pueden tener impacto a nivel de sistema. Así por ejemplo el manejo de la fertilización de nutrientes de baja o mediana movilidad como el fósforo o el azufre ha mostrado efectos residuales en cultivos posteriores dentro de una secuencia (Salvagiotti *et al.*, 2004; Sucunza *et al.*, 2018). En el caso de nutrientes de mayor movilidad en el suelo, como el nitrógeno, la inclusión de cultivos de cobertura de leguminosas tienen un alto impacto sobre la respuesta a la fertilización nitrogenada de las gramíneas que se siembran posteriormente a ellos (Salvagiotti et al, 2016). La fertilización nitrogenada de las gramíneas tiene impacto directo tanto en el rendimiento como en la producción de biomasa vegetativa de éstas. Esta mayor producción de biomasa vegetativa es importante para el reciclado de nutrientes y la fertilidad de los sistemas. Sin embargo, existen pocas evidencias que muestren efectos residuales de la fertilización con N en cultivos dentro de una secuencia y, en especial, si existe algún efecto sobre el cultivo de soja. Los experimentos de larga duración (ELD) son un marco apropiado para poder contestar estas inquietudes ya que se pueden controlar los factores de manejo, entre ellos el manejo de la fertilización nitrogenada

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar en el mediano plazo (10 años) la respuesta en rendimiento del cultivo de soja a (i) el incremento en la proporción de gramíneas en la secuencia y (ii) los efectos residuales de la fertilización nitrogenada en las gramíneas incluidas en la secuencia agrícola.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en un ELD conducido en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Oliveros (32º 32' S; 60º 51' O), implantado en un lote con más de 50 años de agricultura continua sobre un suelo Argiudol típico serie Maciel. Este ELD se implantó en el año 2006, con el objetivo general es estudiar los efectos a largo plazo de la intensificación agrícola sustentable basada en la inclusión de gramíneas, sobre propiedades del suelo, eficiencia en el uso de insumos y recursos y la producción de los cultivos. El experimento tiene un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones en el espacio y las fases de todos los cultivos están presentes todos los años. Los tratamientos consisten en la combinación factorial de secuencias de cultivos que se intensifican progresivamente con el incremento en la participación de gramíneas y manejo de la fertilización nitrogenada de éstas. En este trabajo se evaluaron tres secuencias 1) Soja-Soja (S-S): 1 cultivo por año, 2) Soja-Trigo/soja-Maíz (S-T/S-M): 4 cultivos en 3 años y 3) Trigo/soja-Maíz (T/S-M): 3 cultivos en 2 años. Las secuencias que incluyen gramíneas se combinaron con dos tratamientos de fertilización nitrogenada, basados en umbrales de respuesta (UR) para maíz y trigo de acuerdo a calibraciones locales (Salvagiotti et al., 2004 y 2011). Teniendo en cuenta el nivel de N de nitratos (NO3) a la siembra en los primeros 60 cm de profundidad y el aporte del fertilizante nitrogenado, estos tratamientos fueron en trigo: UR1: 92 kg N ha-1 y UR2: 135 kg N ha-1, aplicados ambos casos en el macollaje del cultivo. En maíz fueron: UR1: 137 kg N ha-1 y UR2: 162 kg N ha-1, aplicados ambos casos en V4-5. Cada unidad experimental tiene una superficie de 13 m x 50 m. Los cultivos de trigo sembrados sobre rastrojo de maíz recibieron una dosis de N adicional de 20%. Todos los cultivos fueron manejados en condiciones de secano. Se implantaron los híbridos/cultivares de buen potencial de rendimiento para la zona, en fechas óptimas, de acuerdo a condiciones de humedad que permitieron una correcta implantación de cada cultivo. La cosecha se realizó sobre 50 m2 en madurez comercial de los cultivos, con cosechadora experimental. En este estudio se consideró la serie 2009/10 a 2018/19.

Se realizó la comparación de medias de los rendimientos obtenidos con el software estadístico InfoStat Versión 2015 (Di Rienzo *et al.* 2015).

Resultados y Conclusiones

La inclusión de gramíneas en las secuencias, en el transcurso de 10 campañas agrícolas, aumentó la producción del cultivo de soja de primera, comparando S-T/S-M respecto a la soja en monocultivo (S-S)

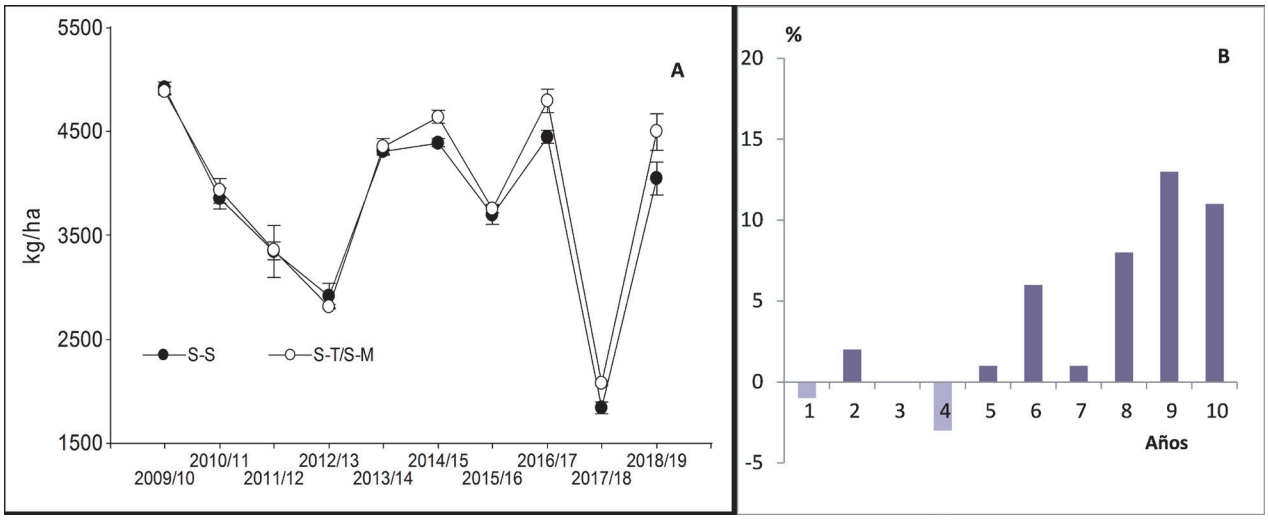

Figura 1 Rendimiento de soja de primera en S-T/S-M y monocultivo S-S. A: kg/ha, las barras representan el error estándar para comparación entre medias de cada año; B: incremento proporcional de soja en S-T/S-M respecto a S-S. ELD INTA Oliveros, 2009/10 a 2018/19. S: soja; T: trigo; M: maíz.

Sin embargo, como se observa en la Figura 1, durante los primeros cinco años esta diferencia no siguió una tendencia clara, mostrando años con disminución, años neutros y otros con aumento de rendimiento. A partir del sexto año (2014/15), se observó un incremento continuo y estadísticamente significativo en el rendimiento de la soja en la secuencia intensificada respecto a la soja en monocultivo, con un aumento promedio del 11 % en las últimas tres campañas. Los rendimientos promedio de soja oscilaron entre 1841 y 4917 kg ha-1 en los 10 años.

El mayor aporte de N aplicado a las gramíneas en las distintas secuencias, mostró un efecto residual sobre la producción de la soja. En la Figura 2 se observa que la respuesta en rendimiento del trigo y el maíz a una mayor dosis de fertilización nitrogenada, produce también una mayor diferencia de rendimiento en la soja posterior. Esta tendencia lineal y positiva, podría ser explicada por una mayor disponibilidad de N a través de la degradación de residuos con mayor contenido de N como así también por un efecto indirecto en la mejora de la condición del suelo por el mayor aporte de residuos de las gramíneas que tuvieron un aporte adicional de N.

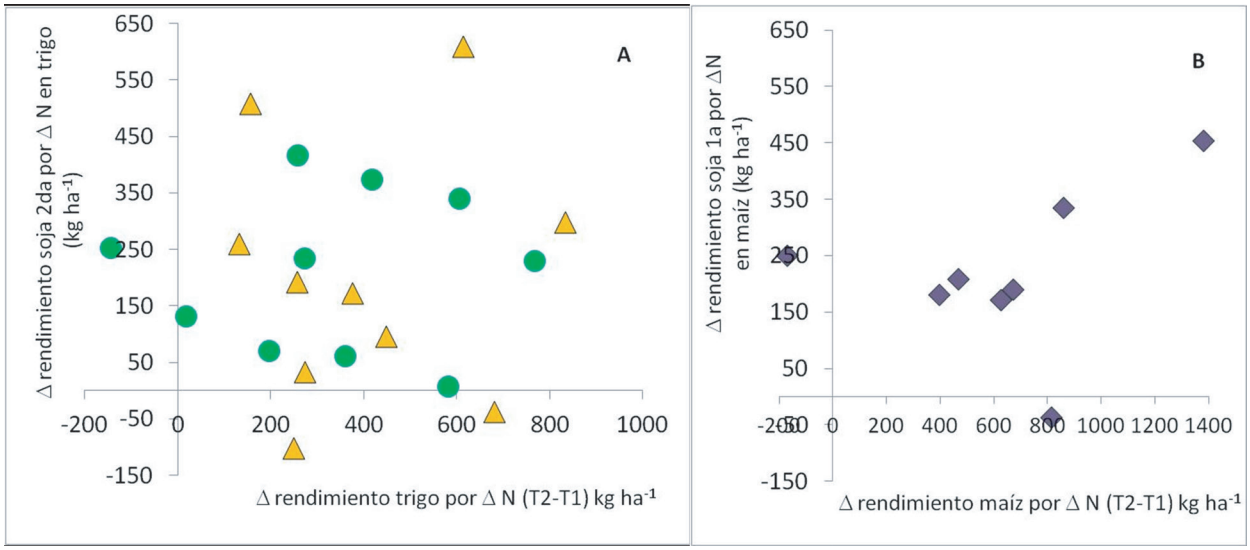

Figura 2: Relación entre la diferencia (Δ) de rendimiento de A: trigo y soja de segunda en T/S-M (triángulos) y T/S-M-S (círculos) B: maíz y soja de primera en S-T/S-M; por aplicación de mayor dosis de N en trigo UR2: 135 kg N ha-1 - UR1: 92 kg N ha-1; y en maíz UR2: 162 kg N ha-1 - UR1: 137 kg N ha-1 (N-NO3 a 60 cm profundidad a la siembra + N fertilizante), ELD INTA Oliveros, campañas 2009/10 a 2018/19.

El manejo diferencial de Nitrógeno en las gramíneas de la secuencia S-T/S-M, significó un aporte extra de N de 41 % en maíz y 73 % en trigo, a lo largo de las 10 campañas agrícolas evaluadas. El aumento de rendimiento como respuesta directa a esta tecnología, fue de 6 % en maíz, 10% en trigo y se obtuvo además una respuesta residual de 5 y 8% en soja de primera y segunda respectivamente (Figura 3A). La eficiencia de uso de la dosis extra de N (EUN) aplicada en la secuencia al maíz y trigo antecesores, fue de 3.28 y 4.10 kg ha-1 de granos de soja de primera y segunda respectivamente, por kg N extra. Estos valores de EUN en soja son coincidentes con los rangos observados por Salvagiotti et al, 2008.

En la secuencia aún más intensificada, T/S-M, el aporte adicional de N a las gramíneas fue de 33% al maíz y 56% al trigo, con lo que se obtuvo un rendimiento superior de 10 % en maíz, 16 % en trigo y una respuesta residual de 6% en la soja de segunda. (Figura 3B). La EUN fue de 2,64 kg ha-1 de granos de soja de segunda por kg N extra aplicado a las gramíneas.

Las tecnologías de proceso, como lo es la rotación de cultivos, no suelen evidenciar respuestas de forma inmediata. Precisamente son procesos complejos, donde interactúan múltiples factores y necesitan cierto tiempo para lograr cambios estables a más largo plazo.

En este trabajo, se observó que fueron necesarios un mínimo de seis años de implementación de una rotación agrícola intensificada para observar los efectos beneficiosos de la inclusión de gramíneas sobre la producción del cultivo de soja.

Las tecnologías de insumos (i.e. fertilización nitrogenada) por el contrario, tienen generalmente una respuesta inmediata. De todos modos, estas tecnologías pueden tener impacto en el largo plazo. En este trabajo se observó que es posible aumentar la eficiencia de uso de un insumo, como el fertilizante nitrogenado, cuando se la evalúa en toda la secuencia agrícola. El cultivo de soja aumentó su rendimiento por unidad de superficie por un aprovechamiento residual de la disponibilidad de N en el sistema suelo-planta.

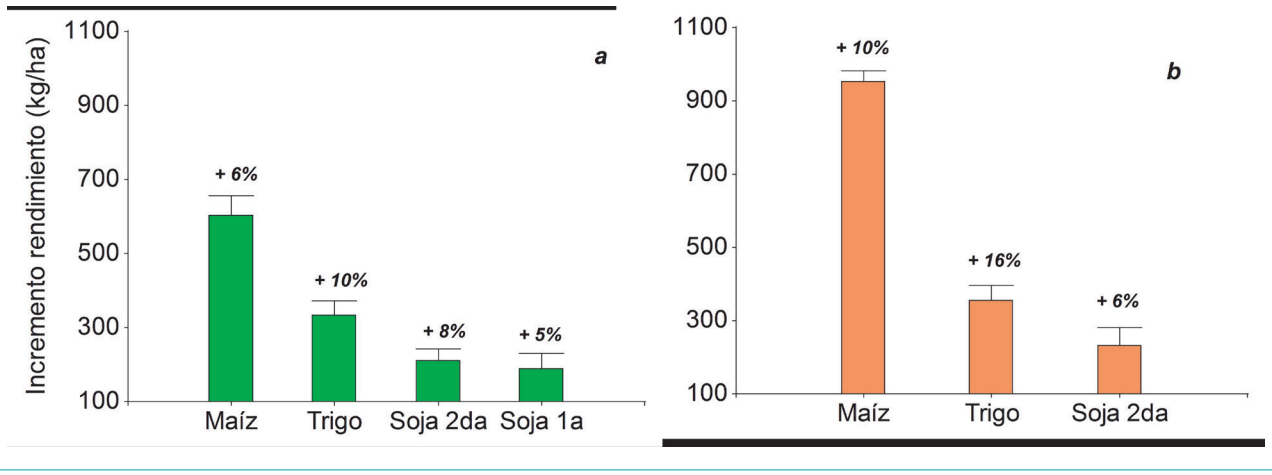

Figura 3: Incremento de rendimiento promedio año por la aplicación de una dosis adicional de Nitrógeno en las gramíneas, en 2 secuencias de cultivos, a: S-T/S-M, dosis adicional promedio de N en maíz: 25 kg N ha-1, en trigo: 35 kg N ha-1 y b: T/S-M, dosis adicional promedio de N en maíz: 32 kg N ha-1, en trigo: 39 kg N ha-1, ELD INTA Oliveros. 2009/10 a 2018/19.

Bibliografía

• ANDRADE, F. H. 2016. Los desafíos de la agricultura – Ed. International Plant Nutrition Institute, 136 p.

• CAVIGLIA, O., SADRAS, V. y ANDRADE, F. 2004. Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas. I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat–soybean. Field Crops Res. 87: 117-129.

• DI RIENZO J.A, CASANOVES F, BALZARINI M.G, GONZALEZ L, TABLADA M, ROBLEDO C.W. InfoStat version 2015. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL http://www.infostat.com.ar.

• Salvagiotti, F.; Cordone, G.; Castellarín, J.; Bacigaluppo, S.; Capurro, J.; Pedrol, H.; Gerster, G.; Martínez, F.; Méndez, J.; Trentino, N. 2004. Dignóstico de la fertilización nitrogenada en trigo utilizando un umbral de disponibilidad de nitrógeno a la siembra. Para mejorar la producción Nº25, INTA Oliveros. pp: 50-52.

• Salvagiotti, F., Gerster, G., Bacigaluppo, S., Castellarín, J.M., Galarza, C., González, N., Gudelj, O., Novello, O.A., Pedrol, H.M., Vallone, P., 2004. Efectos residuales y directos de fósforo y azufre en el rendimiento de soja de segunda. Ciencia del suelo 22[2], 92-101.

• Salvagiotti, F., Cassman, K.G., Specht, J.E., Walters, D.T., Weiss, A., Dobermann, A., 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. Field Crops Research 108, 1-13.

• Salvagiotti, F.; Castellarín, J.; Ferraguti, F.; Pedrol, H. 2011. Dosis óptima económica de nitrógeno en maíz según potencial de producción y disponibilidad de nitrógeno en la región pampeana norte. Ciencia del suelo 11:32.

• Salvagiotti, F., Enrico, J. M., Barraco, M., Prieto, G., Agosti, M. B., 2016. Componentes de la eficiencia de N en maíz de siembra tardía con diferentes antecesores. Actas XXV Congreso Argentino de Ciencia del Suelo. Rio Cuarto. AACS

• Sucunza, F.A., Gutiérrez Boem, F.H., García, F.O., Boxler, M., Rubio, G., 2018. Long-term phosphorus fertilization of wheat, soybean and maize on Mollisols: Soil test trends, critical levels and balances. European Journal of Agronomy 96, 87-95.