



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

BALANCE SIMPLIFICADO DE NUTRIENTES DEL SUELO EN LAS SECUENCIAS TRIGO/SOJA 2^{da} Y COLZA/SOJA 2^{da}

DANIEL FERRO^{1*}; ANDREA PELLEGRINI²; ADRIANA CHAMORRO³; RODOLFO BEZUS³ & SILVINA GOLIK⁴

¹Curso de Manejo y Conservación de Suelos, ²Curso de Edafología, ³Curso de Oleaginosas, ⁴Curso de Cerealicultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional De La Plata. *Calle 60 y 119 s/n, C.C. 31 (CP 1900). La Plata. Buenos Aires; 221-4236758 Int 537.

*daniel.ferro@agro.unlp.edu.ar

Palabras clave: Nivel tecnológico, Fertilización, Insustentabilidad

Resumen

El suelo es un recurso natural que debiera preservarse por lo que se desarrollaron indicadores con el objetivo de evaluar su condición estática y dinámica. Uno de ellos es el balance simplificado de nutrientes que permite diagnosticar la fertilidad química, dependiendo tanto de la especie cultivada como de la tecnología utilizada. En Argentina, la secuencia trigo/soja^{2da} se ha expandido vertiginosamente acarreado las consecuencias típicas de una rotación de cultivos muy limitada en relación a la biodiversidad temporo-espacial y alternancia de ciclos biológicos. Por ello, la colza surge como alternativa como cultivo antecesor a la soja. El objetivo del ensayo fue evaluar el balance de nutrientes de N, P, K y S de las secuencias de cultivo trigo/soja 2^{da} y colza/soja 2^{da} bajo dos modalidades de producción o niveles tecnológicos. Se realizaron dos ensayos en las campañas 2011/12 y 2012/13 sobre un suelo Argiudol típico del partido de La Plata. Las dos secuencias evaluadas de produjeron bajo un nivel tecnológico medio (NTM) y uno alto (NTA) correspondientes a los implementados por los productores de la zona que usualmente logran rendimientos medios y altos respectivamente. Se observaron interacciones, no pudiendo analizar la totalidad de los factores por separado. Sin embargo, los balances de nutrientes, a excepción de una interacción en P, fueron negativos. Se determinó que la inclusión de la colza disminuyó la extracción de N y que el NTA produjo un balance más negativo para N y K. Se concluyó que la sustitución de trigo por colza como antecesor a soja^{2da} no implicó un mayor impacto negativo en el balance de nutrientes, siendo favorable para N. Además, el uso de un NTA puede provocar un balance más negativo para aquellos nutrientes que no se fertilizan, excepto N en leguminosas debido a la fijación biológica. La campaña 2011/12, produjo una mayor extracción de nutrientes. Las condiciones climáticas tuvieron una relevante importancia en el impacto sobre los balances de nutrientes como condicionantes de la producción de materia seca, rendimiento en grano y consecuente extracción de nutrientes.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Introducción

En Argentina el modelo agrícola a mediados de siglo XIX se basaba en el uso de labranza primaria para la preparación del suelo. Se utilizaba maquinaria pesada como el arado de rejas y vertederas que cortaba los primeros 18 a 20 cm del suelo y lo invertía al costado de donde los había quitado (Álvarez, 2005). También labranza secundaria, utilizando maquinaria más liviana (rastra de discos) con el objetivo de nivelar el terreno y reducir el tamaño de agregados (FAO, 2000). Se eliminaba restos vegetales vivos capaces de transpirar y así se acumulaba agua durante el barbecho; se realizaba un control de malezas y permitía que se mineralice parte de la materia orgánica en sus compuestos elementales, fuente de nutrientes para los cultivos. Sin embargo, el uso generalizado y continuo de este tipo de labranza provocó un deterioro físico, químico y biológico del suelo (Pilatti et al., 1988).

En 1964, Marcelo Fagioli comenzó en Pergamino, provincia de Buenos Aires, experimentos basados en la no remoción de suelo para la implantación de cultivos (AAPRESID, 2013). Paralelamente, Ernest Borlaug (1970) en Estados Unidos, creaba un nuevo paradigma, cuyo objetivo era mitigar el hambre en el mundo mediante el uso de nuevas variedades de cultivos creadas por mejoramiento genético, tanto por cruzamientos naturales o modificadas genéticas por medio de la biotecnología (organismos genéticamente modificados, OGM o transgénicos) (Rodríguez Navarro et al., 1999). Su metodología se fundamentó en el aumento de los rendimientos. Este hito histórico mundial, fue denominado “Revolución Verde”.

En el año 1996 ingresan a la Argentina, variedades de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) modificadas genéticamente por la empresa multinacional Monsanto®, denominadas soja RR (Roundup Ready), cuya característica primordial fue la resistencia al herbicida total sistémico de nombre común “glifosato”. Se logró la conjunción de técnicas como la siembra directa y el paquete de soja RR/glifosato que, en el corto plazo, facilitó y simplificó en extremo el control de malezas (Satorre, 2005; Mengo, 2008; Papa & Tuesca, 2009).

En los siguientes años comenzó un aumento exponencial de la superficie de soja sembrada en Argentina, llegando al extremo de lograr un modelo de agricultura basado en un monocultivo con esa especie. Esto trajo aparejado inconvenientes propios de la falta de rotaciones de cultivos en el tiempo y en el espacio, las cuales son importantes en un planteo de agricultura sustentable (Sarandón et al., 2006). De ese modo se provocó la aparición de nuevas enfermedades, la pérdida de biodiversidad, la disminución en la calidad productiva de los suelos, entre otros (Altieri, 2009). Fundamentalmente debido a las adversidades bióticas, nace la necesidad de incorporar mayor cantidad de agroquímicos en el sistema.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Frente a esta problemática, surge la necesidad de lograr un modelo agrícola multidisciplinario y holístico, que tome en cuenta no sólo el factor económico y productivo, sino que incorpore otros parámetros vinculados, entre otros, al medio ambiente y a la sociedad. Este nuevo modelo se denominó “agricultura sustentable”. Sarandón & Sarandón (1993) y Sarandón (2002) mencionaron que un modelo agrícola se considera sustentable cuando es económicamente viable, socialmente aceptable, suficientemente productivo, que conserva la base de recursos naturales y preserve la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global.

Siendo el suelo uno de los principales recursos naturales de actividad agrícola, se han desarrollado diferentes indicadores para evaluar su condición estática y dinámica a través del tiempo. Uno de estos indicadores, que permite evaluar la fertilidad química de los suelos, es el balance de nutrientes de los cultivos (Fontanetto & Gambaudo, 2010). En una situación ideal en que el balance es cero, la extracción de los nutrientes del suelo efectuada por los cultivos a través de las cosechas es repuesta a través de la fertilización química o bien de mecanismos biológicos como la fijación simbiótica de nitrógeno. Un balance negativo indica el empobrecimiento de nutrientes de los suelos cuando se realiza la actividad o el cultivo evaluado (Frank, 2007; González & Pomares, 2008). Un balance positivo puede indicar el peligro de contaminación de cuerpos de agua cuando se trata de un nutriente móvil. Pero en un suelo empobrecido y tratándose de nutrientes no móviles, un balance positivo contribuirá a reconstruir la fertilidad edáfica.

Los balances suelen realizarse para N, P, K y también S. La elección de estos nutrientes se relaciona, en parte, con su importancia en la fisiología vegetal. A modo de resumen, según lo explica Lallana & Lallana (2003) el N forma parte de la estructura molecular de las proteínas y de otros compuestos fundamentales para el metabolismo como clorofilas (fotosíntesis), enzimas (proteínas) del grupo de los citocromos (respiración y fotosíntesis), ácidos nucleicos: ADN y ARN (esenciales para la síntesis de proteínas); el P forma parte de la estructura molecular del ATP (metabolismo energético), ácidos nucleicos (ADN y ARN), fosfolípidos (membranas), coenzimas (NAD y NADP); el K no forma parte de moléculas orgánicas pero cumple funciones de regulación y catálisis siendo activador de muchas enzimas (fundamentalmente de la respiración), interviniendo en la síntesis de proteínas, actuando en el mecanismo de apertura y cierre estomático; el S forma parte de la estructura de proteínas con aminoácidos azufrados (cistina, cisteína, metionina), de grupos -SH (como centros activos de enzimas), puentes S-S (importantes en la estructura proteica), en la coenzima A y en vitaminas como biotina y tiamina. Por otra parte, la importancia agronómica también radica en que son los nutrientes que usualmente limitan la producción y los que, generalmente, se aplican como fertilizantes aumentando los costos para el productor y generando problemas ecológicos si no son correctamente empleados.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

El balance de nutrientes de una secuencia agrícola depende primariamente de los cultivos que la componen, ya que cada cultivo tiene un patrón de requerimientos y extracción de nutrientes, y también de la forma en que se producen. En los últimos años se ha promocionado en el país al cultivo invernal de colza (*Brassica napus*; crucífera; oleaginosa) como alternativo al trigo (*Triticum aestivum*; gramínea; cereal) en su rol de antecesor a soja (*Glycine max*; leguminosa) de segunda. Esta combinación tiene ventajas productivas importantes ya que se siembra la soja en una fecha más oportuna por la cosecha anticipada de la colza respecto del trigo con la consecuente mejora en sus rendimientos (Trentacoste et al., 2007; Iriarte, 2009). Sin embargo, la colza se caracteriza por ser un cultivo con una alta extracción de nutrientes (FERTIPASA, 2012) lo cual, unido a los mayores rendimientos que determinaría como antecesora de la soja, afectaría negativamente los balances de nutrientes. Distintos niveles de aplicación de tecnología ya sea como insumos o como procesos afectan los resultados, por lo cual es necesario considerarlos en la evaluación (Coll, 2014).

Hipótesis

La inclusión de colza en reemplazo al trigo como cultivo antecesor a soja de segunda en un planteo de rotación, implica un impacto negativo en el balance simplificado de nutrientes, independientemente del manejo tecnológico de producción utilizado.

Objetivo

Evaluar el balance de nutrientes de las secuencias de cultivo trigo/soja 2^{da} y colza/soja 2^{da}, bajo dos manejos tecnológicos.

Materiales y Métodos

Se condujeron dos ensayos en la Estación Experimental Julio Hirschhorn (34° 52' LS, 57° 58' LO), localizada en Los Hornos, partido de La Plata, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) en las campañas 2011/2012 y 2012/2013.

Los suelos donde se realizaron los ensayos pertenecen a la serie *Bombedor*, descriptos por Lanfranco & Carrizo (1988, sin editar). La clasificación taxonómica es: *Argiudol típico, arcilloso, fino, illítico, térmico*. Se ubica en una lomada con pendientes inferiores al 4%. Posee rajaduras de menos de 1 cm de espesor a partir de los 25 cm de profundidad. El suelo, previo a la instalación de los experimentos, poseía un pH actual: 5,8, carbono orgánico de 2,03%, nitrógeno total 0,208%, fósforo extractable de 7 ppm y densidad aparente de 1,26 g.cm⁻³.

Se evaluaron comparativamente las secuencias trigo/soja 2^{da} y colza/soja 2^{da} con aplicación de distintas tecnologías de producción: un nivel tecnológico medio (NTM) y un



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

nivel tecnológico alto (NTA). El primero se planteó en función de las prácticas habitualmente utilizadas en la zona de influencia de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP. Se utilizaron los materiales genéticos más difundidos en la zona, aplicación de fertilizantes en las dosis usuales independientes de los análisis de suelos, utilización de distintos pesticidas o no de acuerdo a lo difundido en la región. El NTA correspondió al manejo implementado por aquellos productores que la zona que, consistentemente a través de los años, logran en sus cultivos rendimientos mayores a los promedios del área. En este tratamiento se incluyó el uso de diferentes variedades de soja en función de la fecha de siembra, y la aplicación de distintos tipos/dosis de fertilizantes y fungicidas. Estos dos tratamientos se establecieron luego de entrevistas con productores y profesionales del sector agropecuario que se desempeñan en la zona.

Para el diseño experimental, se utilizó un diseño en bloques al azar de parcelas divididas con 4 repeticiones. La parcela mayor correspondió a la secuencia de cultivos y la subparcela (22 m²) al nivel tecnológico.

Las labores previas a la siembra en la campaña 11/12 para colza fueron 2 pasadas de discos y aplicación de herbicida trifluralina incorporado con una pasada de disco y diente; en trigo se realizó una pasada de disco adicional. En la campaña 12/13 para colza se realizó 1 pasada de arado de reja y vertedera, 2 pasadas de disco y una pasada con diente; se aplicó herbicida trifluralina incorporado con una pasada de disco y diente; en trigo se realizó una pasada con disco adicional.

La siembra fue igual en ambas campañas. Para los cultivos de invierno se hizo bajo labranza convencional y la de soja de segunda bajo siembra directa. La siembra de colza (híbrido Hyola 571) se efectuó con una densidad de 100 plantas m⁻². El trigo (variedad Meteoro) se sembró con una densidad de 300 plantas m⁻² (140 kg de semilla ha⁻¹). La soja, previamente inoculada, se sembró en surcos a 50 cm, inmediatamente después de la cosecha del cultivo antecesor, previo picado del rastrojo y a una densidad de 20 semillas por metro lineal. Las variedades de soja utilizadas cambiaron de acuerdo a las recomendaciones usuales para la siembra (Baigorri *et al.*, 2009) en función del cultivo antecesor y del nivel tecnológico utilizado: DM3810 para NTA y antecesor colza; DM4210 para NTM y antecesor colza; DM4970 para antecesor trigo y en ambos tratamientos.

Se emplearon en ambos niveles de tecnología y al comienzo de cada campaña: 50 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico (DAP, grado: 18-21-00) con aplicación manual, al voleo y posterior incorporación con rastra de disco y dientes.

Para la colza:



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

- NTA: 120kg ha⁻¹de urea (46-00-00), y 100 kg ha⁻¹de fosfato mono amónico azufrado (11-34-00 con 9% de azufre) en el estado fenológico de comienzo de elongación
- NTM: se aplicaron 100kg ha⁻¹de urea en el estado fenológico de comienzo de elongación

Para el *trigo*:

- NTA: 140kg ha⁻¹de urea aplicada en macollaje
- NTM: 100kg ha⁻¹de urea aplicada en macollaje

Para la *soja 2^{da}*:

- ✓ NTA: fertilizante foliar Niebla (09-2,6-00 con 5,5% de azufre) en pleno florecimiento e inicio de formación de vainas en una dosis de 6 l ha⁻¹cada aplicación.
- ✓ NTM: no se aplicó fertilizante.

Debe resaltarse que los niveles de fertilización aplicados no fueron sustancialmente diferentes entre tecnologías ya que se evaluaron los planteos habitualmente utilizados por los agricultores de la zona. En las decisiones de los productores cuentan otros aspectos, como los económicos, y la idea de evitar el deterioro del suelo por pérdida de fertilidad, aunque sin considerar la reposición de nutrientes de acuerdo a los rendimientos probables de los cultivos.

En la madurez de cada cultivo se determinó la producción de materia seca aérea y el rendimiento en grano. Posteriormente, se calculó el balance simplificado de nutrientes para nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S). Se consideraron los aportes de nutrientes a través de fertilizantes empleados calculados según las dosis aplicadas y el grado técnico de cada formulación (García, 2001; Flores & Sarandón, 2003). Se estimó también un aporte de nitrógeno en soja a través de la fijación simbiótica (Ghelfi *et al.*, 1984; González, 1996; Ventimiglia *et al.*, 2000; Di Ciocco *et al.*, 2008), en un 50% del total del N utilizado por la planta, independientemente del sistema de labranza utilizado (Di Ciocco *et al.*, 2008). Se consideraron las salidas relacionadas con los productos cosechados y para el cálculo de la extracción de los diferentes nutrientes se tomó en cuenta la concentración en grano de los distintos cultivos y los rendimientos. En el caso del nitrógeno se determinó el % de N por microKjeldahl. En relación a los otros nutrientes, se utilizó bibliografía referente a la composición química de los distintos cultivos (Ventimiglia *et al.*, 2000a; Galarza *et al.*, 2001; García & Ciampitti, 2007; García & Correndo, 2013). Al ser un balance simplificado de nutrientes, no se consideraron otras entradas ni salidas del sistema.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Los datos obtenidos se procesaron a través del análisis de la varianza (ANOVA) utilizando el test de Tukey ($P < 5\%$) para la comparación de medias.

En relación a la caracterización climática, la EEJH cuenta con estación meteorológica cuyos datos en los años 2011, 2012 y 2013, competentes al ensayo realizado, fueron registrados por Asbornio & Pardi (2011, 2012, 2013). La temperatura media promedio de los 3 años analizados fue de 16 °C, la precipitación anual promedio de 1.000 mm. Se aprecia que en el año 2011 las lluvias sólo superaron el promedio histórico en los meses de junio y julio; para el año 2012 se observó tres momentos con valores superiores a los históricos: febrero, agosto y octubre, siendo los restantes meses inferiores a la referencia; en el año 2013 se manifestaron cuatro picos que superaron la media histórica que fueron en los meses de febrero, abril, septiembre y noviembre (Figura 1).

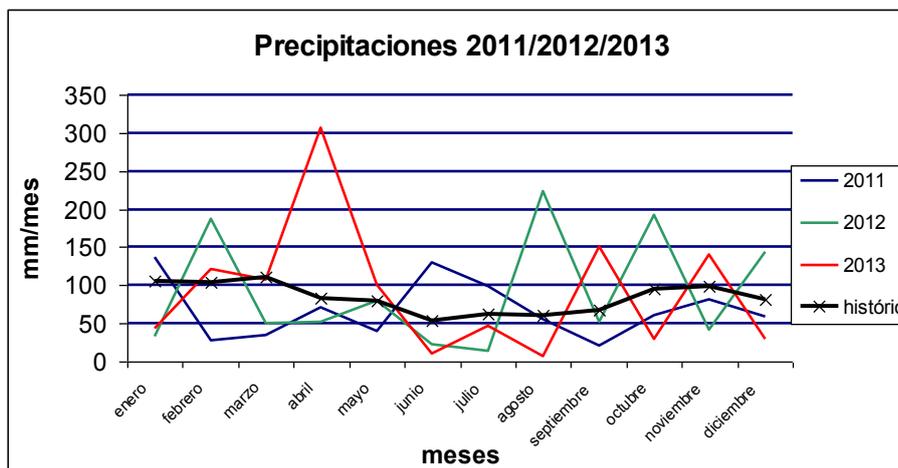


Figura 1: Precipitaciones en años 2011, 2012, 2013 e histórico en la Estación Experimental Julio Hirschhorn (Los Hornos, La Plata).

Resultados y Discusión

Balace de Nitrógeno

Se observaron diferencias significativas entre las campañas y las secuencias, pero no para el nivel de tecnología utilizado.

De los cuatro nutrientes analizados es el que registró los balances más negativos, alcanzando una extracción neta de 112,65 kg N ha⁻¹ para 2011/12 y de 78,78 kgN ha⁻¹ en 2012/13. Es decir, en la campaña 2012/13 se produjo una menor explotación del suelo en razón de este nutriente como consecuencia de una menor producción de granos, limitada fundamentalmente por las condiciones climáticas atravesadas. En la primera campaña se lograron rendimientos superiores a la segunda que provocaron las



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

mayores extracciones de este nutriente. En promedio, la superioridad de rendimiento fue de 2.386 kg ha⁻¹ de trigo, 1.183 kg ha⁻¹ de colza y 523 kg ha⁻¹ de soja.

Con respecto a las secuencias el balance para colza/soja^{2da} fue de -60 kg N ha⁻¹ mientras que para trigo/soja^{2da} fue de -131,21 kg N ha⁻¹. La secuencia de la crucífera extrajo menor cantidad de nitrógeno debido a que el rendimiento de colza fue menor al rendimiento del trigo (2.657 kg colzaha⁻¹ vs 7.269 kg de trigoha⁻¹), pese a su mayor concentración de N en grano (3,78% en colza vs 2,07% en trigo) y al mayor rendimiento de la soja de segunda después de la oleaginosa (4.115 kg ha⁻¹ luego de colza vs 3.344 kg ha⁻¹ luego de trigo).

Los niveles de tecnología utilizados no afectaron significativamente desde el punto de vista estadístico el balance de N. El aumento de la fertilización nitrogenada, en el NTA (20,2 kg N ha⁻¹ adicionales en colza y 18,4 kg N ha⁻¹ en trigo), provocó un aumento en la producción de granos, y por ende salidas de N, tanto en trigo (1.195 kg ha⁻¹ adicionales con respecto al NTM) como en soja (389 kg ha⁻¹ adicionales con respecto al NTM). El aumento en la producción de soja, se asoció con un aumento en la fijación de N por simbiosis con las bacterias del género *Bradyrhizobium* en 26 kgN ha⁻¹, considerando una fijación del 50% del nitrógeno necesario en su ciclo (Di Ciocco et al., 2008). Es decir, en NTA aumentó la entrada del nutriente pero también la salida en trigo y soja por los incrementos en el rendimiento. La crucífera, llamativamente, redujo la producción de granos ante la mayor entrada de N en NTA, reduciendo la extracción del nutriente. En colza la producción en NTA fueron 397 kg ha⁻¹ menores con respecto a NTM.

Los balances negativos de N, coinciden con los resultados de Chamorro & Sarandón (2011, 2012) para las secuencias: colza/soja^{2da} y trigo/soja^{2da} en niveles medio y alto de tecnología, en Tres Arroyos, al igual que con los de Rivero et al. (2004) y García (2003) para la rotación trigo/soja^{2da} y los obtenidos por Forján (2003) en ensayos de larga duración en la Chacra Experimental Barrow en Tres Arroyos

Balance de Fósforo

Se observó que en el balance de este nutriente existió interacción para los factores secuencia * tecnología, y diferencia estadísticamente significativa entre campañas.

Para las campañas, se obtuvo un balance de -28,83 kg P ha⁻¹ en 2011/12 y de -18,46 kg P ha⁻¹ en 2012/13. Es decir, la segunda campaña produjo un impacto menos negativo en el sistema productivo debido a una menor producción de granos, semejante a lo obtenido para N.

Analizando ambas campañas, la secuencia colza/soja^{2da} del NTA obtuvo un balance positivo de 7,42 kg P ha⁻¹, y fue significativamente mayor a todos los demás tratamientos, cuyos valores fueron negativos (Figura 6). Estos valores coinciden con los

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

encontrados por Chamorro & Sarandón (2011, 2012) en Tres Arroyos. Sin embargo, estos autores observaron también balances positivos de P para la secuencia trigo/soja^{2da} con niveles de tecnología altos que podrían relacionarse con una mayor tradición de fertilización con P en el SE de la provincia de Buenos Aires respecto de la zona de La Plata. García (2003) en otro estudio sobre la secuencia trigo/soja^{2da}, observó valores negativos en el balance de P coincidentemente con este estudio, mientras que Rivero et al. (2004) encontraron balances positivos que atribuyeron al elevado nivel de fertilización fosforada.

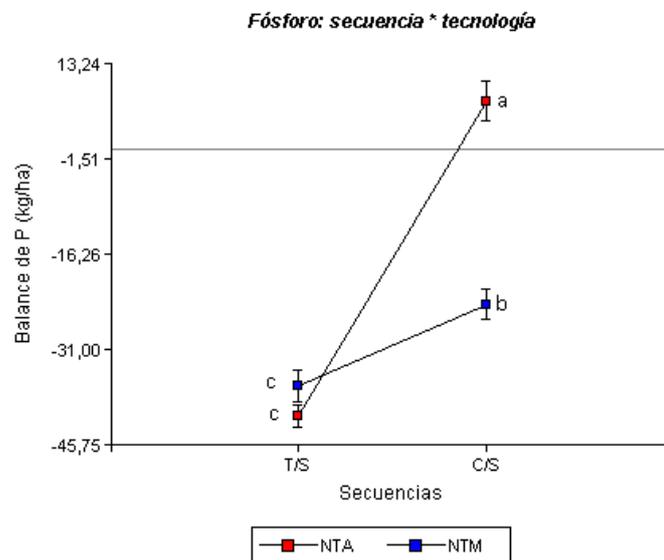


Figura 6. Interacción secuencia * tecnología en balance de fósforo. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Balace de Potasio

En el balance de este nutriente existió interacción en factores año * secuencia, y diferencia estadística entre las tecnologías.

Como era previsible, en todos los tratamientos el balance fue negativo, ya que en ninguno de ellos se fertilizó con K, y fue, luego del N, el nutriente que se extrajo en mayores cantidades. Se observó que la secuencia colza/soja^{2da} en la campaña 2012/13, tuvo el balance menos negativo ($-75,39 \text{ kg K ha}^{-1}$) pero sin diferenciarse estadísticamente con la secuencia trigo/soja^{2da} sobre la misma campaña, la cual produjo una extracción de $89,67 \text{ kg K ha}^{-1}$. Ésta diferencia a favor de la secuencia con la crucífera en la campaña 2012/2013, fue inversa a lo que sucedió en la campaña 2011/2012, en la cual se favoreció el balance del cereal (Figura 7).

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

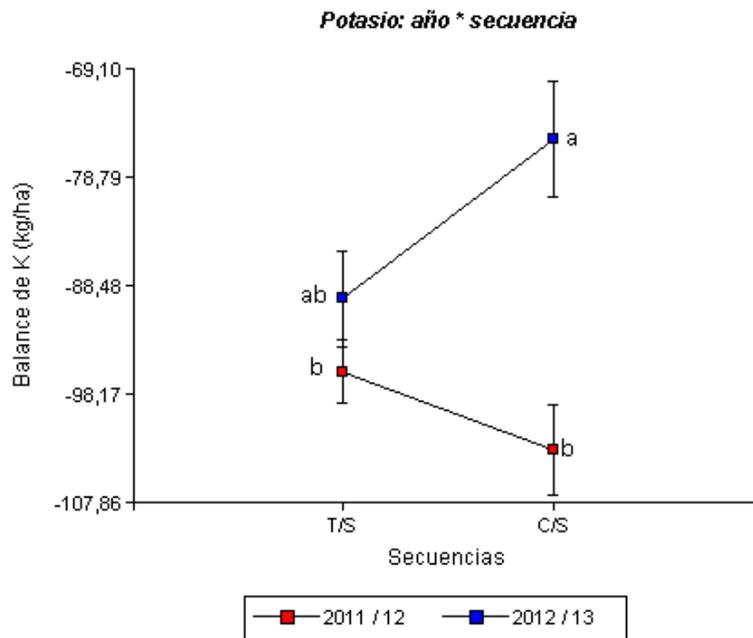


Figura 7. Interacción año * secuencia en balance de potasio. *Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).*

Los niveles tecnológicos utilizados no tuvieron diferencia estadística significativa para la extracción del K. Sin embargo, el NTM tuvo un impacto menos negativo ($-86,57 \text{ kg K ha}^{-1}$ promedio en NTM vs. $-95,61 \text{ kg K ha}^{-1}$ promedio para NTA) como consecuencia del menor rendimiento obtenido en NTM.

El balance negativo para el nutriente K coinciden con los encontrados por Chamorro & Sarandón (2011, 2012) quienes observaron extracciones netas del nutriente para las secuencias: colza/soja 2^{da} y trigo/soja 2^{da} en niveles medios y altos de tecnología. En otro estudio García (2003) también demostró valores negativos en el balance de K para la secuencia trigo/soja 2^{da}.

Balance de Azufre

Se encontró interacción significativa secuencia * tecnología (Figura 10) y efecto significativo de la campaña.

El S fue el nutriente que se extrajo en menores cantidades aunque en valores bastante cercanos a los de P. En la campaña 2011/2012 se observó una extracción de $20,23 \text{ kg S ha}^{-1}$ mientras que la 2012/2013 se produjo un balance de $-15,5 \text{ kg S ha}^{-1}$ (Figura 9). Al igual que en los nutrientes anteriores, la menor cantidad extraída en la segunda campaña se explica por la menor producción, que fue limitada por las condiciones climáticas.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

La secuencia colza/soja^{2da} con NTA, fue significativamente diferente del resto de los tratamientos en el balance de S, con una diferencia de 8,88 kg S ha⁻¹.

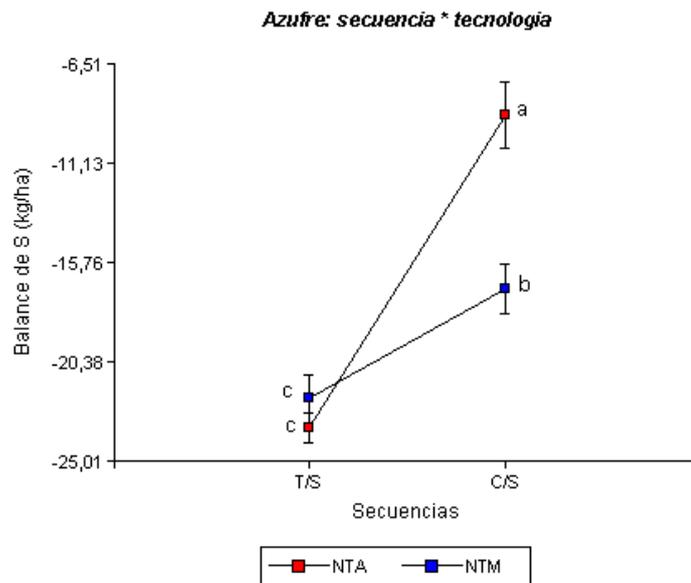


Figura 10: Interacción secuencia * tecnología en balance de Azufre. *Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)*

El balance negativo para el nutriente S, coincide con los encontrados por Chamorro & Sarandón (2011, 2012) quienes observaron, en Tres Arroyos, extracciones netas del nutriente para las secuencias: colza/soja 2^{da} y trigo/soja 2^{da} en niveles de tecnología medio y alto. La usual práctica de fertilizar a la colza con S es debido a los altos requerimientos de S por esta oleaginosa y al impacto de su deficiencia sobre el rendimiento. Por tal motivo se observó un balance de S más favorable en la secuencia colza/soja bajo NTA.

Conclusiones

La inclusión del cultivo de colza en reemplazo del trigo como antecesor a soja de segunda no implicó un mayor impacto negativo en el balance simplificado de nutrientes. Por el contrario, en el caso del N se pudo observar que el reemplazo del cereal por la oleaginosa produjo un impacto favorable en el balance, a pesar de seguir siendo negativo. Para el caso de P, K y S, debido a que la secuencia se encontró en interacción con otros factores, no se pudo evaluar su impacto aisladamente.

Los balances de K y N con alto nivel de tecnología implicaron un aumento en la extracción de los nutrientes, debido al incremento de producción. En el caso del K, como el NTA y el NTM no tuvieron entradas de este elemento, el aumento en las salidas



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

produjo un balance más negativo. Por lo tanto, se refuta la hipótesis planteada en donde se supone que el nivel de tecnología es indiferente en el impacto sobre el balance de nutrientes. Esto no es así para el N en el cual un uso de NTA implicó un aumento en las entradas del nutriente compensando el aumento en las salidas

Las condiciones climáticas de los años analizados tuvieron un elevado impacto en los balances. Para N, P y S en 2011/12 se obtuvo un impacto menos negativo, pudiéndolo asociar a las precipitaciones menos favorables para la producción en grano en relación al 2012/13.

Finalmente, cabe resaltar que la mayoría de los balances fueron negativos y, debido a que los planteos tecnológicos utilizados son los implementados por los productores, se muestra una cara de la insustentabilidad del modelo de producción agrícola actual, provocando, entre otras cosas, deterioro del suelo, recurso natural base de la producción agrícola.

Bibliografía

AAPRESID 2013. La SD en Argentina. En: www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/2013/02/la_sd_en_argentina.pdf. Último acceso: diciembre de 2014.

Altieri, M. 2009. Desiertos verdes: monocultivos y su impacto sobre la biodiversidad. *Azúcar Roja, Desiertos Verdes*, p: 55-62.

Álvarez, C. 2005. Métodos de Labranza. *Ciencia Hoy*, 15(87): 19.

Asborno, M.D. & H.M. Pardi. 2011. *Boletín Agrometeorológico EEJH. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP*. 12 p.

Asborno, M.D. & H.M. Pardi. 2012. *Boletín Agrometeorológico EEJH. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP*. 12 p.

Asborno, M.D. & H.M. Pardi. 2013. *Boletín Agrometeorológico EEJH. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP*. 12 p.

Baigorri, H.; I. Ciampitti & F. García. 2009. Manual de manejo del cultivo de soja. *Manual del cultivo de soja. International Plant Nutrition Institute (IPNI)*: 17-32.

Borlaug, N.E. 1970. The Green Revolution: Peace and Humanity. Nobel Lecture. En: www.nobelprize.org/nobel_prizes/peace/laureates/1970/borlaug-lecture.html. Último acceso: septiembre de 2014.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Chamorro, A.M. & S.J. Sarandón. 2011. Manejo de nutrientes en agroecosistemas de cultivos extensivos en el Partido de Tres Arroyos, Buenos Aires, Argentina. Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia – Fortaleza/CE. 5 p.

Chamorro, A.M. & S.J. Sarandón. 2012. Cambios en el uso de la tierra por la actividad agrícola: la necesidad de su evaluación para disminuir su impacto ambiental. I Jornadas Nacionales de Ambiente 2012 - FCH - UNICEN – Tandil. 15 p.

Coll, L. 2014. Evaluación de cultivares de Colza-Canola, ciclo agrícola 2012. INTA EEA Paraná. 5 p.

Di Ciocco, C.; C. Coviella; E. Penón; M. Díaz-Zorita & S. López. 2008. Biological fixation of nitrogen and N balance in soybean crops in the pampas region. Short communication. Spanish Journal of Agricultural Research, 6: 114-119.

FAO. 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO, 8: 35.

FERTIPASA. 2012. Maíz: contribución de las napas; Colza-Soja: fertilización balanceada; Cebada cervecera: manejo de fertilización; Soja: balance de nutrientes. En: www.ridzo.com.ar/pdf_agricola/Fertipasa%2029%20Final.pdf. Último acceso: noviembre de 2015.

Flores, C. & S. Sarandón. 2003. ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El ejemplo del costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata, 105: 52-67.

Fontanetto, H. & S. Gambaudo. 2010. El balance de nutrientes para sistemas agropecuarios sustentables. En: http://www.produccion-animal.com.ar/suelos_ganaderos/77-nutrientes.pdf. Último acceso: marzo de 2014.

Forján, H. 2003. Balance de nutrientes en sistemas agrícolas. AgroBarrow, Septiembre 2003: 17-19.

Frank, F. 2007. Impacto agro-ecológico del uso de la tierra a diferentes escalas en la región pampeana argentina. Tesis de Magister Scientiae, Programa de Postgrado en Ciencias Agropecuarias, Orientación Agro-Ecosistemas, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce. 164 p.

Galarza, C.; V. Gudelj & P. Vallote. 2001. Fertilización del cultivo de soja. Soja: Resultados de Ensayos en la campaña 2000/2001. Información para Extensión N°69. Tomo 2. INTA Marcos Juárez.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

García F. 2001. Balance y manejo de nutrientes en rotaciones agrícolas. En: AAPRESID (ed.) Rotación en cultivos en siembra directa. Publicación técnica de AAPRESID: 59-68.

García, F. 2003. Balance y manejo de nutrientes en rotaciones agrícolas. En: usuarios.trcnet.com.ar/ediyile/Ensayos/varios/Balance%20de%20nutrientes%20en%20rotaciones.doc. Último acceso: septiembre de 2014.

García, F. & I. Ciampitti. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. Archivo Agronómico N°11. IPNI (Internacional Plant Nutrition Institute). 4p.

García, F. & A. Correndo. 2013. Cálculo de Requerimientos Nutricionales: versión 2013. IPNI Programa Latinoamérica Cono Sur. En: lacs.ipni.net/article/LACS-1024. Último acceso: septiembre de 2014.

Ghelfi, R.A.; A. Bujan; M. Quitegui & L. Ghelfi. 1984. Determinación del N₂ atmosférico fijado por soja (*Glycine max* L.) mediante utilización de ¹⁵N en condiciones de campo. Ciencia del suelo, 2:45-51.

González, N. 1996. Fijación de nitrógeno. En: EEA INTA Balcarce, Curso de actualización "Dinámica de nutrientes en Suelos Agrícolas", Balcarce, Argentina.

González, V. & F. Pomares. 2008. La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. Manual Técnico Fertilización y balance de nutrientes en sistemas agroecológicos, SEAE 2008. 24 p.

Iriarte, L. 2009. Colza: un poco de historia, situación actual y perspectivas. Agrobarrow 43: 12-14.

Lallana, V. & M. Lallana. 2003. Manual de Prácticas de Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Entre Ríos. Edición digital: 43-45. En: www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/fisiologiaveg/m_didactico/manual_practicas/MacroMicroED.pdf. Último acceso: julio de 2014.

Lanfranco, J. & N. Carrizo. 1988. Cartas de suelo de la Estación Experimental Julio Hirschhon. Sin editar.

Mengo, R. 2008. República Argentina: Impacto social, ambiental y productivo de la expansión sojera. Disponible en: http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Desarrollo_Sustentable/Republica_Argentina_impacto_social_ambiental_y_productivo_de_la_expansion_sojera. Último acceso: marzo de 2014.

Papa, J. & D. Tuesca. 2009. Los problemas actuales de malezas en la región sojera núcleo argentina: origen y alternativas de manejo. INTA EEA Oliveros. 24 p.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Pilatti, M.; J. de Orellana; L. Priano; O. Felli & D. Grenón. 1988. Incidencia del manejo tradicional y conservacionista sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de un Argiudol del sur de Santa Fe. *Ciencia del Suelo*, 6: 19-29.

Rivero, E.; C. Irurtia; R. Michelena & M. Beltrán. 2004. Balance de nitrógeno, fósforo y zinc para una rotación trigo-soja. En: http://inta.gov.ar/documentos/balance-de-nitrogeno-fosforo-y-zinc-para-una-rotacion-trigo-soja/at_multi_download_file/INTA_Balance%20de%20nitr%C3%B3geno,%20f%C3%B3foro%20y%20zinc%20para%20una%20rotaci%C3%B3n%20trigo-soja.pdf. Último acceso: septiembre de 2014.

Rodríguez Navarro, A.; J. Sumpsi Viñas & F. García Olmedo. 1999. En defensa de Norman Borlaug. *El País*. En: http://elpais.com/diario/1999/11/25/sociedad/943484402_850215.html. Último acceso: marzo de 2014.

Sarandón, S. 2002. La agricultura como actividad transformadora del ambiente. El impacto de la agricultura intensiva de la revolución verde. En: ____ *Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable*. Cap 1, p: 23-47.

Sarandón, S. & R. Sarandón. 1993. Un enfoque ecológico para una agricultura sustentable En: Goin, F. y C. Goñi (Eds.). *Bases para una política ambiental de la R. Argentina*, Sección III. Cap 19, p: 279-286.

Sarandón S.; M. Zuluaga; R. Cieza; C. Gómez; L. Janjetic & E. Negrete. 2006. Evaluación de la Sustentabilidad de Sistemas Agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. En: <http://revistas.um.es/agroecologia/article/view/14>. Último acceso: abril de 2014.

Satorre, E. 2005. Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. *Ciencia Hoy*, 15(87): 24-31.

Trentacoste, E.; P. Abbate & V. Sadras. 2007. El Doble cultivo colza-soja en Balcarce: evaluación y modelización del sistema. En: anterior.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/cereales/trigo/sis/abbate3.htm. Último acceso: marzo de 2014.

Ventimiglia, L.; H. Carta & S. Rillo. 2000. Soja: nutrición nitrogenada. *Revista Tecnológica Agropecuaria- INTA Pergamino*, 14: 45-48.

Ventimiglia L., Carta H. & Rillo S. 2000a. Exportaciones de nutrientes en campos agrícolas. *INPOFOS Cono Sur. Buenos Aires. Informaciones Agronómicas* 7: 11-12.