

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

Universidad Nacional de La Plata.



Proyecto de Trabajo Final de Carrera Ingeniería Agronómica.

Evaluación del cultivo de trigo y propiedades químicas del suelo bajo distintas secuencias en el área de influencia de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

Alumno: Tomás Gonzalez Otero

Nº de Legajo: 26494/7

DNI: 35.540.490

Dirección de correo electrónico: tomasgonzalez4314@gmail.com

Teléfono: 221-5733775

Alumno: Labriola Manuel Joaquín

Nº de Legajo: 26508/5

DNI: 35.411.872

Dirección de correo electrónico: manulabriola@gmail.com

Teléfono: 2281-409622

Nombre del Director: Dra. Ing. Agr. Silvina I. Golik

Nombre del Co - Director: Ing. Agr. Pellegrini Andrea

Fecha de entrega: Mayo 2018

1	INDICE	
2	RESUMEN.....	3
3		
4	INTRODUCCIÓN.....	4
5		
6	MATERIALES Y MÉTODOS	9
7		
8	RESULTADOS.....	11
9	Biomasa, rendimiento y sus componentes del cultivo de Trigo	12
10	Análisis del suelo	14
11		
12	DISCUSIÓN.....	15
13		
14	CONCLUSIONES.....	19
15		
16	BIBLIOGRAFÍA.....	20
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		

1 **RESUMEN**

2 Las rotaciones de cultivos correctamente realizadas incrementan los rendimientos,
3 adicionan materia orgánica al suelo y mejoran su fertilidad. Los cultivos difieren por la
4 cantidad y calidad de los residuos que producen y, por lo tanto, por sus efectos sobre las
5 propiedades del suelo. Las circunstancias de mercado y políticas internas han desplazado
6 el equilibrio cereales/leguminosas a favor del cultivo de soja. El objetivo de este trabajo
7 fue evaluar el efecto de distintas secuencias agrícolas sobre el comportamiento del cultivo
8 de trigo como último componente de las mismas y sobre el suelo a través del análisis de
9 los contenidos de la Materia Orgánica (MO), Nitrógeno total (Nt) pH y fósforo. Se contó
10 con cuatro secuencias de cultivos en una rotación de 4 años con diferentes especies
11 aportando distintos rastrojos, evaluando los resultados de rendimiento de trigo y
12 propiedades del suelo al finalizar cada secuencia. S1: trigo/soja 2º-maíz-soja-trigo; S2:
13 cebada/soja 2º-maíz-soja-trigo; S3: avena/soja 2º-maíz-girasol-trigo; S4: colza/soja 2º-
14 maíz-sorgo-trigo. Se analizaron las secuencias bajo dos niveles de fertilización distintos,
15 uno de nivel medio y otro de alta fertilización para el promedio zonal. También se evaluó
16 la producción de biomasa y el rendimiento del trigo. Si bien los resultados analizados no
17 arrojaron diferencias significativas entre las secuencias bajo un mismo nivel tecnológico,
18 se apreció que las secuencias con mayor cantidad de soja tuvieron un menor rendimiento
19 y una leve disminución de pH, % de C, % MO. La comparación entre los niveles
20 tecnológicos mostró diferencias significativas de rendimiento de trigo a favor del de mayor
21 reposición de nutrientes. En este trabajo no se encontraron diferencias a nivel de suelo en
22 los parámetros edáficos elegidos entre las secuencias que incluyen mayor cantidad de
23 soja en la rotación.

24

25

1 INTRODUCCIÓN

2 En los últimos 50 años la superficie agrícola en Argentina se incrementó alrededor de un
3 50 %, mientras que la producción de granos creció un 400% (Cruzarte y Casas, 2012). A
4 lo largo de toda la región pampeana, se ha producido una tendencia a prolongar los ciclos
5 agrícolas con respecto al período de uso ganadero, pasando de sistemas productivos
6 basados en planteos mixtos a una agricultura intensiva, pero también, lo cual es más
7 grave, se han incorporado nuevas superficies con baja aptitud para la actividad agrícola
8 (Forjan, 2004; Cruzarte & Casas, 2003). A partir de mediados de la década del 80, el trigo
9 en combinación con soja de segunda permitió una alternativa de mayor intensificación en
10 el uso del suelo a la vez que mejoraba la eficiencia económica y financiera. Sin embargo,
11 en la última década, problemas climáticos y de comercialización hicieron que la superficie
12 con trigo disminuya (Ghida Daza, 2016). De las gramíneas de invierno el trigo es el
13 principal cultivo sembrado a nivel nacional, con aproximadamente unas 5.341.000 ha en
14 la campaña 2014/15, de las cuales un 95,6 % se ha cosechado, con una producción total
15 de 14,143 millones de toneladas dando un rendimiento promedio cercano a los 3.000 kg
16 ha⁻¹ (SIIA, 2016).

17 En la actualidad la agricultura se ha tornado cada vez más especializada y homogénea,
18 con grandes superficies bajo siembra directa continua y alta presión del cultivo más
19 rentable: soja (Andriulo *et al.*, 2004). Este cultivo representa aproximadamente el 50% del
20 área sembrada de nuestro país, como así también aporta un volumen cercano al 50% de
21 la producción agrícola de la Argentina, por lo que se plantea la dificultad para la
22 realización de rotaciones, o secuencias de cultivos, que permita no sólo considerar la
23 rentabilidad en el corto plazo, sino tener en cuenta la posible rentabilidad a un plazo
24 mayor de tiempo (Carta & Ventimiglia, 2005).

25 Entre las principales complicaciones vinculadas con el proceso de agriculturización se

1 mencionan los serios problemas de erosión y pérdida de fertilidad (Pengue, 2001). La
2 relación de superficie entre soja y gramíneas está ampliamente desplazada hacia la
3 leguminosa, que aporta poco rastrojo y de estrecha relación C/N. Según Martínez (2010),
4 esta situación deteriorará los suelos más rápido que hasta el presente, aunque se utilice
5 siembra directa, ya que la soja es el grano con mayor nivel de exportación de nutrientes
6 por tonelada producida, y se la fertiliza muy poco, la descapitalización nutricional
7 continuará aumentando con el predominio de la leguminosa en las secuencias de cultivo.
8 Las rotaciones de diferentes cultivos es una práctica comprobada para mantener la
9 diversificación del sistema, mejora el aprovechamiento de los recursos suelo y agua, las
10 propiedades físicas y químicas del mismo, así como el balance hídrico para los cultivos. El
11 efecto beneficioso de las rotaciones se relaciona probablemente con aumentos en la
12 materia orgánica del suelo (Forjan & Manso, 2010), mejoras en las propiedades físicas y
13 con la interrupción del ciclo de muchos patógenos del suelo y ciclos de malezas, los
14 cuales pueden ser responsables de la depresión del rendimiento con monocultivo
15 continuo (Karlen et al., 1994, 2006).

16 El aumento de los rendimientos agrícolas, o el impedimento de que descendan, es quizás
17 la principal causa de implementación de rotaciones de cultivos por los agricultores. Son
18 bastante clásicos los experimentos que muestran aumentos de 5-20% de rendimiento en
19 maíz rotado con soja, en comparación con maíz en monocultivo (Karlen et al., 1994). Los
20 cultivos deben ser incluidos en una secuencia de rotación de manera que los sistemas de
21 raíces sean totalmente complementarios para explorar el agua y los nutrientes disponibles
22 de zonas diferentes del perfil de los suelos (Karlen et al., 1994).

23 Los cultivos difieren por la cantidad y calidad de los residuos que producen y, por lo tanto,
24 por sus efectos sobre las propiedades del suelo (Calegari & Peñalva, 1999). La alta
25 relación C/N de los rastrojos de cereales de invierno y verano, determina una

1 descomposición lenta y favorece la humificación de la materia orgánica. Contrariamente
2 en las oleaginosas (soja y girasol), el elevado contenido de N y carbohidratos solubles de
3 sus residuos aceleran la tasa de mineralización, por lo que resulta relativamente bajo su
4 aporte de carbono al sistema mineralizándose rápidamente y suministrando nutrientes
5 durante los primeros estadios del cultivo siguiente. Por esto resulta necesario mantener
6 una fuerte presencia de trigo y otras gramíneas de invierno en las secuencias de cultivos
7 (Forjan & Manso, 2010; Forjan & Manso, 2016).

8 Desde el punto de vista de la fertilidad química de los suelos, las rotaciones en
9 comparación con el monocultivo, hacen un uso balanceado de nutrientes evitando
10 desequilibrios químicos de importancia. Si ello se complementa con una fertilización que
11 contemple las diferentes necesidades de cada cultivo, habrá respuestas económicas
12 favorables y se mantendrá el potencial productivo de los suelos (Lorenzatti, 2003).
13 Generalmente, el manejo de la nutrición de los cultivos extensivos se evalúa considerando
14 solamente el cultivo inmediato sin tener en cuenta los anteriores en la rotación (Golik *et al*,
15 2014) y además, de manera insuficiente, se estima que sólo se repone aproximadamente
16 la tercera parte del total de los nutrientes extraídos por los granos (Casas, 2011).

17 La mayor resistencia a la mineralización de los rastrojos de trigo junto a una muy buena
18 respuesta económica a la fertilización hace que su participación dentro de las rotaciones
19 aporte tanto al balance de carbono como al de nitrógeno (Cappi & Colombo, 2010). Según
20 surge de los ensayos de larga duración llevados adelante en la Chacra Experimental
21 Integrada Barrow, el cultivo de trigo con un plan de fertilización habitual en la zona, de 80
22 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico y 120 – 130 kg ha⁻¹ de urea, puede satisfacer su
23 requerimiento tanto de fósforo como de nitrógeno para los rendimientos zonales,
24 generando a la vez un balance de carbono positivo que aporta estabilidad al sistema
25 (Forján & Manso, 2016). El área de influencia de la Facultad de Ciencias Agrarias y

1 Forestales de la UNLP es amplia, abarcando varios partidos, principalmente el Partido de
2 Magdalena. En la Estación Experimental Julio Hirschhorn, dependiente de la Facultad,
3 localizada en Los Hornos, se han iniciado ensayos con el objetivo de evaluar diferentes
4 secuencias agrícolas, aumentando la diversidad de cultivos intervinientes atenuando con
5 esto la degradación de los suelos.

6 Trabajos recientes indican que alrededor del 40% de los suelos de Magdalena son aptos
7 o moderadamente aptos para el cultivo de soja (Etchegoyen, 2011), superficie equivalente
8 a unas 73.000 ha, lo cual da una idea de las posibilidades de crecimiento para el cultivo
9 en el Partido. Esto hace necesaria la generación de información local, con el fin de evitar
10 o minimizar los problemas ambientales y sociales relacionados al monocultivo de soja.

11 Se plantean como hipótesis:

12 ✓ Las secuencias que incluyen soja con mayor frecuencia preservan menos las
13 propiedades del suelo, en consecuencia, la producción de trigo como último
14 componente de la rotación es de menor efecto que en aquellas que tienen menor
15 presencia de soja.

16

17 ✓ El manejo de los cultivos bajo un nivel tecnológico más alto, que incluye una
18 mayor reposición de nutrientes, reduce el impacto de la alta frecuencia de soja
19 dentro de la secuencia agrícola, mejorando la producción del trigo como
20 componente final de la misma.

21

22

23

24

25

1 Los objetivos son:

2 • Objetivo general:

3 ✓ Evaluar el efecto de distintas secuencias agrícolas sobre el comportamiento del
4 cultivo de trigo como último componente de las mismas y sobre el suelo a través
5 del análisis de los contenidos de la Materia orgánica, Nitrógeno total, pH y Fósforo
6 extractable.

7

8 • Objetivos particulares:

9 ✓ Evaluar la producción de biomasa y el rendimiento de trigo como componente de
10 distintas secuencias de cultivos bajo dos manejos tecnológicos diferentes.

11 ✓ Evaluar el efecto de las diferentes secuencias sobre la materia orgánica, por
12 medio del carbono orgánico del suelo, indicando cuales de ellas son las más
13 adecuadas para mejorar y/o preservar las propiedades de los suelos de la región.

14 ✓ Evaluar el efecto de las diferentes secuencias sobre el nitrógeno total, fósforo
15 extractable y pH del suelo.

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1 **MATERIALES Y MÉTODOS**

2 En la Estación Experimental J. Hirschhorn dependiente de la Facultad de Ciencias
3 Agrarias y Forestales (UNLP), sobre un suelo *Argiudol típico arcillosa fina illitica termica*
4 perteneciente a la serie Bombeador (Lanfranco *et al.*, 1973), similar a los de buena parte
5 de los suelos agrícolas de Magdalena, se iniciaron en el año 2012 ensayos a campo en
6 los que se comparan distintas secuencias agrícolas:

7 S1: trigo/soja 2º-maíz-soja-trigo

8 S2: cebada/soja 2º-maíz-soja-trigo

9 S3: avena/soja 2º-maíz-girasol-trigo

10 S4: colza/soja 2º-maíz-sorgo-trigo

11 Estas secuencias se manejaron bajo dos formas de producción, un nivel tecnológico
12 medio (NTM), considerado como el que realiza el productor promedio de la zona y un
13 nivel tecnologico alto (NTA), que es aquel que utilizan los productores que habitualmente
14 obtienen mayores rendimientos en sus cosechas. Ambos manejos fueron conocidos a
15 través de entrevistas a técnicos y productores locales, consisten en realizar una
16 fertilizacion a la siembra y al estado de macollaje (Z 2.3 – Z 2.4, Zadoks *et al.*, 1974)
17 aplicandose mayor cantidad en el NTA

18 Los tratamientos de secuencias de cultivos y de manejo tecnológico se combinaron
19 factorialmente, según un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones,
20 y en parcelas divididas, correspondiendo la parcela principal a la secuencia de cultivos y
21 la subparcela al manejo tecnológico. La superficie de cada parcela fue de 22 m².

22 La siembra del trigo se realizó el 17/7/2015, bajo la modalidad de siembra directa, en
23 surcos separados a 17,5 cm, con una densidad de 300 plantas m⁻². Todas las parcelas y
24 subparcelas fueron fertilizadas a la siembra con 50 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico.
25 Luego al estado de macollaje (Z 2.3 – Z 2.4, Zadoks *et al.*, 1974), se realizó una

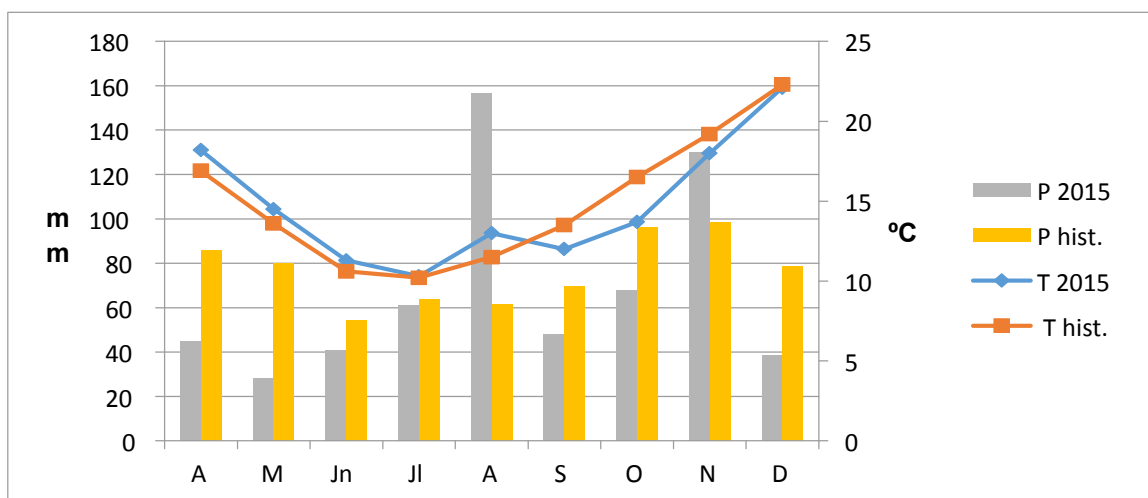
1 fertilización con urea a razón de 100 kg ha⁻¹ para el NTM y 140 kg ha⁻¹ para el NTA.
2 La cosecha se realizó el 21/12/2015, se cortaron las plantas al ras del suelo en tres
3 fracciones de 1 m lineal de surco en cada subparcela (0,60 m²). Se determinó la biomasa
4 aérea y para el rendimiento y sus componentes se contó: número de macollos, se
5 determinó espigas m⁻², número de granos m⁻², luego se pesaron los granos de 30 espigas
6 y se obtuvo el peso de mil granos (PMG) contando y pesando 500 granos.
7 A partir de un muestreo compuesto de 0-20 cm en cada parcela y subparcela, después de
8 la cosecha del trigo, se determinó: materia orgánica (MO), valor de carbono orgánico x
9 1,724 (% CO), nitrógeno total (% Nt), digestión húmeda, evaluación por método
10 Microkjeldahl y pH, relación suelo/agua, 1:2,5; *determinación, potenciométrica todos por*
11 *PROMAR, 1991* y fósforo extraíble (% P), Bray Kurtz 1 modificado (IRAM-SAGyP 29570-
12 1, 2010),
13 Los datos obtenidos se procesaron por el análisis de la varianza y se usó la prueba de
14 Tukey para la comparación de medias (P<0,05) utilizando el programa estadístico InfoStat
15 (Di Rienzo et al., 2011).
16 Se analizaron las condiciones climáticas respecto a lluvias del año 2015 y las históricas
17 con el boletín Agrometeorológico de la Facultad De Ciencias Agrarias Y Forestales,
18 Estación Experimental Ing. Agr. J.Hirschhorn (Pardi 2015).
19
20
21
22
23
24
25

1 RESULTADOS

2 El año 2015 presentó precipitaciones por debajo del promedio histórico para todos los
3 meses con excepción de los meses de agosto y noviembre, donde resultaron altamente
4 superiores. En este cultivo, las precipitaciones de agosto resultaron menos negativas que
5 las de julio de 2014 para la determinación del número de macollos y de granos, aunque
6 aún el número de macollos logrados continuó siendo menor que el deseado.

7 Con respecto a las temperaturas, si bien hasta agosto fueron similares o algo mayores a
8 los valores históricos, a partir de septiembre fueron más bajas que lo normal para la zona,
9 provocando un alargamiento en el llenado de granos, influyendo positivamente en el peso
10 de los mismos.

11 En la figura 1 se aprecian las precipitaciones y temperaturas medias mensuales para el
12 año 2015 y los promedios históricos para la zona de la ciudad de La Plata.



13

14 Figura 1: Precipitaciones (mm) y temperaturas medias mensuales (°C) para el año 2015 e
15 históricas (Temperatura. serie: 1969 – 2009; Precipitaciones serie: 1964 – 2009) en La
16 Plata. (Fuente: Estación Meteorológica de la Estación Experimental J. Hirschhorn)

17

1 ***Biomasa, rendimiento y sus componentes del cultivo de Trigo***

2 Para la biomasa, si bien no se halló diferencias estadísticamente significativa entre las
3 secuencias, hubo una tendencia a decrecer en S1 y S2 (Tabla 1). Tampoco se hallaron
4 diferencias significativas para el rendimiento y sus componentes. El rendimiento y el
5 número de espigas m^{-2} en valores absolutos, en orden creciente, fueron menores en S1
6 (con antecesor soja), siguiendo la secuencia S2 (con antecesor soja), en tercer lugar, la
7 secuencia S4 (con antecesor sorgo) y por último la secuencia S3 (con antecesor girasol),
8 a diferencia del número de granos m^{-2} donde el menor valor absoluto lo presentó la S2
9 (Tabla 1). No se encontraron interacciones para ninguna de las variables analizadas.

10 Considerando el nivel tecnológico, se hallaron diferencias significativas, a favor del NTA,
11 para la biomasa, rendimiento, espigas m^{-2} y granos m^{-2} . El PMG no se modificó con el
12 nivel tecnológico empleado (Tabla 2). Por lo tanto el mayor rendimiento en el NTA, se
13 explica a través del número de espigas m^{-2} y del número de granos m^{-2} y no del PMG. No
14 se encontraron interacciones para ninguna de las variables analizadas.

15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

1 **Tabla 1.** Biomasa, rendimiento del trigo y sus componentes bajo cuatro secuencias (S),
 2 S1: trigo/soja 2º-maíz-soja-trigo; S2: cebada/soja 2º-maíz-soja-trigo; S3: avena/soja 2º-
 3 maíz-girasol-trigo y S4: colza/soja 2º-maíz-sorgo-trigo

Secuencia	Biomasa (kg ha ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Espigas m ⁻²	Granos m ⁻²	PMG (g)
S1	12900 a	5150 a	331,57 a	12861 a	40,52 a
S2	13100 a	5256 a	337,92 a	12768 a	41,53 a
S3	14000 a	5374 a	349,92 a	12951 a	41,39 a
S4	13500 a	5341 a	349,31 a	12921 a	41,46 a

4 Medias con letra común no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey (p
 5 > 0,05).

6

7 **Tabla 2.** Biomasa, rendimiento del trigo y sus componentes bajo dos niveles de
 8 tecnología.

Nivel Tecnológico	Biomasa (kg ha ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Espigas m ⁻²	Granos m ⁻²	PMG (g)
Medio	12300 a	4959 a	317,56 a	12086,71 a	41,1 a
Alto	14500 b	5602 b	365,8 b	13665,07 b	41,36 a

9 Las Medias por columnas con letra común no son significativamente diferentes según la
 10 prueba de Tukey (p > 0,05).

11

12

13

14

1 **Análisis del suelo**

2 Los análisis de suelos no mostraron diferencias significativas entre las secuencias, ni
3 entre niveles tecnológicos, para el pH(1:2,5), % Nt, % CO, % MO, ni ppm de P (Tablas 4 y
4 5). Pero si se puede observar una leve disminución en el pH(1:2,5), % de C y % MO en
5 S1 y S2 con respecto a las S3 y S4, obteniéndose valores más bajos en las secuencias
6 en las que se repite el cultivo de soja.

7

8 **Tabla 3.** Valores de pH (1:2,5) , Nitrógeno total (%), Carbono orgánico (%), Materia
9 orgánica (%) y Fósforo extractable (ppm) para cuatro secuencias de cultivos. S1:
10 trigo/soja 2º-maíz-soja-trigo; S2: cebada/soja 2º-maíz-soja-trigo; S3: avena/soja 2º-
11 maíz-girasol-trigo y S4: colza/soja 2º-maíz-sorgo-trigo

Secuencia	pH (1:2,5)	Nt (%)	CO (%)	MO (%)	Fósforo (ppm)
S1	5,62 a	0,185 a	1,81 a	3,12 a	13,2 a
S2	5,61 a	0,188 a	1,82 a	3,15 a	14,6 a
S3	5,69 a	0,187 a	1,89 a	3,25 a	16,0 a
S4	5,73 a	0,189 a	1,84 a	3,19 a	15,1 a

12 Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba de
13 Tukey ($p > 0,05$).

14 Considerando el nivel tecnológico, si bien tampoco se hallaron diferencias
15 estadísticamente significativas, hubo una tendencia a mayores valores de % CO, % MO y
16 ppm de P, para el NTA (Tabla 4).

17

18

1 **Tabla 4.** Valores de pH (1:2,5), Nitrógeno total (%), Carbono orgánico (%), Materia
2 orgánica (%) y Fósforo extractable (ppm) bajo dos niveles de tecnología.

Nivel	pH	Nt	CO	MO	Fósforo
Tecnológico	(1:2,5)	(%)	(%)	(%)	(ppm)
NTA	5,66 a	0,186 a	1,86 a	3,21 a	15,6 a
NTM	5,67 a	0,188 a	1,82 a	3,14 a	13,9 a

3 Medias con una letra común no son significativamente diferentes según la prueba de
4 Tukey ($p > 0,05$).

5

6 **DISCUSIÓN**

7 En los últimos años, la agricultura en nuestro país experimentó cambios muy significativos
8 de la mano del cultivo de soja, que en vista de sus buenos precios internacionales,
9 avanzó rápidamente desplazando otros cultivos, ocupando millones de hectáreas de
10 campos dedicados a la ganadería e incorporando nuevas superficies con menor aptitud
11 para la actividad agrícola. Si bien la fertilización de los cultivos es una práctica que se ha
12 difundido y desarrollado ampliamente, en general no se reponen al suelo todos los
13 nutrientes extraídos por los cultivos. Esta reposición de nutrientes, menor a la adecuada,
14 está provocando una disminución de los niveles de materia orgánica de los suelos y en
15 consecuencia de su fertilidad (Forján & Manso, 2012a, 2012b y 2012c, Golik *et al*, 2014).
16 Estos balances negativos de materia orgánica se intensificaron ante el aumento de la
17 superficie sembrada con soja, debido a que el carbono mineralizado anualmente no es
18 compensado por la escasa cantidad y baja relación C/N de los rastrojos de la soja.
19 La rotación de cultivos resulta clave para lograr producciones rentables sin comprometer
20 la capacidad de producción del recurso involucrado, en este caso el suelo, y sin generar

1 efectos negativos en otros componentes del ambiente. Diversos ensayos de secuencias
2 de cultivo demuestran la importancia del trigo como antecesor ya que permite diversificar
3 los riesgos productivos, inhibiendo la proliferación de patógenos, insectos y malezas y
4 evitando desequilibrios químicos de importancia. Las rotaciones también influyen en las
5 condiciones físicas de los suelos, principalmente en lo que se refiere al estado estructural
6 y distribución de raíces. Este efecto está dado por la cantidad del rastrojo que se produce
7 y se devuelve al suelo. En este sentido se destacan trigo, maíz y sorgo por su elevada
8 producción, siendo mucho menor en soja (Chamorro *et al.*, 2014; Golik *et al.*, 2014).
9 Además, sus sistemas radicales aumentan la proporción de macroporos en el suelo,
10 condición favorable para el crecimiento de las raíces de los cultivos siguientes.

11 Con respecto a las propiedades químicas del suelo, la calidad de los rastrojos posee gran
12 influencia. Es ampliamente aceptado que los productos de la degradación de la lignina y
13 compuestos nitrogenados son los mayores constituyentes de la materia orgánica
14 humificada y estable del suelo. La incorporación de rastrojos con alta concentración de
15 lignina y la adición de nitrógeno pueden ser una opción de manejo que conduzca al
16 incremento del carbono del suelo (Forján & Manso, 2012a, 2012b, 2012c). La materia
17 orgánica constituye el indicador más directo de la calidad de un suelo. Es el principal
18 reservorio de nutrientes para las plantas y contribuye fuertemente a la estabilización de la
19 estructura edáfica. Es un componente clave del suelo, ya que contiene alrededor del 95%
20 del nitrógeno edáfico e influye favorablemente sobre las propiedades químicas, físicas y
21 biológicas, siendo por lo tanto fundamental para obtener rendimientos elevados y estables
22 de los cultivos.

23 En nuestro trabajo, observando los rendimientos de trigo como último componente de las
24 distintas secuencias, se observa que en todas el trigo superó el rendimiento promedio de
25 la provincia de Buenos Aires, que fue cerca de 3100 kg ha⁻¹ para la campaña 2014/15

1 (SIIA, 2016). Sin embargo, se esperaban mejores rendimientos si no hubieran existido los
2 problemas de encharcamiento que redujeron el stand de plantas lo que hizo que no se
3 logre obtener las 400 - 500 espigas m² a cosecha consideradas como óptimas. Las S1 y
4 S2 que tuvieron de antecesores inmediatos al cultivo de soja además de ser las
5 secuencias que la incluyen con mayor frecuencia, tuvieron los menores rendimientos
6 absolutos de trigo. Existen citas en la bibliografía, donde el cultivo de trigo en la secuencia
7 soja-maíz-trigo/soja rindió un 24% más que en la secuencia trigo/soja continua (promedio
8 de seis años) cuando no se fertilizó con nitrógeno. En base a ello y a la tendencia hallada
9 en nuestro ensayo, es factible esperar que el efecto negativo de la soja sobre el cultivo
10 sucesor y propiedades del suelo, en aquellas secuencias que la incluyen con mayor
11 frecuencia, sea intensificado en el tiempo.

12 El NTA, al aportar mayor cantidad de N permitió una mayor generación de biomasa y del
13 rendimiento y componentes del rendimiento, independientemente de la secuencia
14 analizada.

15 Resaltando que fue una campaña donde no existieron problemas hídricos para el cultivo
16 de trigo, estas tendencias en la biomasa, en el rendimiento y sus componentes numéricos
17 en S1 y S2, pueden explicarse por la baja cantidad y la baja relación C/N de los rastrojos
18 de soja, que hizo que su descomposición sea rápida, dando valores de % de MO
19 menores, al mismo tiempo que también fue menor el contenido de P. A pesar de la alta
20 disponibilidad de N dejada por los rastrojos de soja, ésta no resultó suficiente como para
21 generar mayor biomasa y rendimiento en el trigo. Fontanetto *et al.*, (2005) encontraron
22 que los rendimientos de trigo fueron superiores cuando los antecesores fueron soja y las
23 fertilizaciones con N fueron nulas o fluctuaron entre 50 y 100 kg de N ha⁻¹, comparado con
24 otros antecesores. Queda de manifiesto que es necesario ajustar las dosis de fertilizantes
25 para el trigo según cuál sea el cultivo antecesor y los rendimientos esperados. La historia

1 agrícola del lote es otro factor a considerar, en general con períodos largos de agricultura
2 las respuestas a la fertilización con nitrógeno son mayores.

3 Un incremento en la frecuencia de siembra de cultivos que aportan un mayor volumen de
4 rastrojos amortigua la caída del contenido de materia orgánica del suelo y favorece la
5 recuperación del mismo. Los cultivos de trigo, soja, girasol y maíz difieren en la cantidad y
6 calidad de los rastrojos que quedan en el sistema luego de la cosecha. Por lo tanto, la
7 frecuencia de aparición de aquellos cultivos en la rotación incide directamente sobre el
8 contenido de materia orgánica del suelo.

9 Hay que destacar el aporte que hace el trigo al sistema de producción con sus rastrojos,
10 ya que su alta relación C/N hace que su descomposición sea lenta y favorece la
11 humificación . La fertilización nitrogenada juega un papel clave porque permite aumentar
12 el rendimiento y la biomasa del cultivo por lo que se logra obtener mayor cantidad de
13 rastrojos.

14 Se ha indicado que el cultivo de trigo es una alternativa para mejorar la nutrición en la
15 rotación de los cultivos, favoreciendo los balances de nutrientes (reposición); mejorar el
16 balance de carbono del suelo y potenciar el reciclado de nutrientes en formas orgánicas
17 (García 2014), sobre todo en los sistemas con alta frecuencia de soja en la rotación
18 (Cordone y Martínez, 2004).

19 El mantenimiento de una adecuada rotación de cultivos resulta fundamental para asegurar
20 la sustentabilidad de los sistemas en el mediano y largo plazo. Las rotaciones que
21 incluyen trigo obtienen una mayor rentabilidad en el largo plazo por su contribución a la
22 estabilidad de los sistemas de producción.

23

24

25

1 **CONCLUSIONES**

2 ✓ Contrariamente a lo que se esperaba, las propiedades químicas del suelo
3 evaluadas no se vieron afectadas por la mayor inclusión del cultivo de soja, siendo los
4 parámetros edáficos muy similares entre las rotaciones planteadas

5 ✓ Las secuencias que incluyen a la soja con mayor frecuencia tendió a una
6 disminución en la producción de trigo, por lo cual sería de suma importancia ser
7 evaluadas en el futuro.

8 ✓ El nivel tecnológico más alto, que incluye una mayor reposición de nutrientes,
9 mejora la producción del trigo, no habiéndose encontrado una respuesta sobre las
10 secuencias.

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

1 BIBLIOGRAFÍA

- 2 **Andriulo A., C. Sasal & S. Portala.** 2004. Impacto ambiental de la agricultura pampeana.
3 Revista de investigación y desarrollo agropecuario. Cereales – India XXI INTA, pp: 80.
- 4 **Barreyro. R.** 2016. Impacto ambiental de la agricultura pampeana. Boletín de la Estación
5 Experimental Ing. Agr. Julio Hirschhorn. Cedici UNLP, pp: 32.**Calegari A. & M. Peñalva.**
6 1999. Rotación de cultivos y abonos verdes. Ed. Uruguay. pp 44-56.
- 7 **Cappi M. & F. Colombo. 2010.** La importancia del trigo en Argentina y su decadencia
8 actual. Disponible en: [http://agronegociosuba.blogspot.com.ar/2010/12/la-importancia-del-](http://agronegociosuba.blogspot.com.ar/2010/12/la-importancia-del-cultivo-de-trigo-en.html)
9 [cultivo-de-trigo-en.html](http://agronegociosuba.blogspot.com.ar/2010/12/la-importancia-del-cultivo-de-trigo-en.html). Ultimo acceso: septiembre 2017.
- 10 **Carta H., & L. Ventimiglia.** 2005. Pensando en la sustentabilidad del sistema productivo.
11 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria
12 Pergamino. Unidad de Extensión y Experimentación Adaptativa 9 de Julio. pp: 32 – 37.
- 13 **Casas, R.** 2011. Los suelos producen cinco veces más con rotación de cultivos.
14 Disponible en: <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=16124>. Ultimo acceso:
15 noviembre 2017.
- 16 **Chamorro A.M., Bezus R., Golik S.I. & Pellegrini A.** 2014. *Evaluación de distintos*
17 *cultivos antecesores para la soja (Glycine max (L) Merr.)* de segunda en el noreste de la
18 Provincia de Buenos Aires. Revista Agronómica del Noroeste Argentino 34(2): 132-135.
- 19 **Cordone & Martínez.** 2004. El monocultivo de soja y el déficit de nitrógeno.
20 Informaciones Agronómicas del Cono Sur. IPNI. Cono Sur 24: 1-4.
- 21 **Cruzate G. & R. Casas.** 2003. Balance de Nutrientes. Revista Fertilizar INTA Año 8
22 Número especial “Sostenibilidad”. pp 7-13.
- 23 **Cruzate G. & R. Casas.** 2012. Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas
24 de la Argentina. Informaciones Agronómicas hispanoamerica 6: 21-26.
- 25 **Di Rienzo J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, C.W. Robledo.**

1 InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
2 Software Estadístico. Versión Libre. [En línea] Available at:
3 <http://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=46> . Último acceso: 13 9 2017.

4 **Etchegoyen J.** 2011. Evaluación de la aptitud de los suelos para el cultivo de soja.
5 Partido de Magdalena, Pcia de Buenos Aires. 1ra aproximación. Trabajo final de Carrera
6 Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. 71pp.

7 **Fontanetto, H; H. Vivas; O. Keller; R. Albrecht; L. Gastaldi & H. Castignani.** 2005.
8 Consideraciones sobre la fertilización nitrogenada de trigo en la región central de Santa
9 Fe.

10 **Forján H. & L. Manso** 2012b. Los nutrientes. En Rotaciones y secuencias de cultivos en
11 la región mixta cerealera del centro sur bonaerense. 30 años de experiencia. Chacra
12 Experimental Integrada Barrow. (Convenio MAA-INTA) 101pp.

13 **Forján H. & L. Manso** 2012a. La secuencia de cultivos. En Rotaciones y secuencias de
14 cultivos en la región mixta cerealera del centro sur bonaerense. 30 años de experiencia.
15 Chacra Experimental Integrada Barrow. (Convenio MAA-INTA) 101pp.

16 **Forján H. & L. Manso** 2012c. La materia orgánica del suelo. En Rotaciones y secuencias
17 de cultivos en la región mixta cerealera del centro sur bonaerense. 30 años de
18 experiencia. Chacra Experimental Integrada Barrow. (Convenio MAA-INTA) 101pp.

19 **Forján H.** 2004 Balance de nutrientes en secuencias agrícolas de la región sur
20 bonaerense: Informaciones agronómicas del cono sur. Inpofos 48: 6-10.

21 **Forján, H. & L. Manso.** 2010. Los cereales de invierno en la secuencia de cultivos. Su
22 aporte a la sustentabilidad del sistema de producción. Chacra Experimental Integrada
23 Barrow, Convenio INTA – MAA Pcia. de Buenos Aires. pp. 2.

24 **Forján, H. & L. Manso.** 2016. Rotaciones y secuencias de cultivos en la región mixta
25 cerealera del centro-sur bonaerense. 30 años de experiencia. Chacra experimental

1 integrada Barrow. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 86 pp.

2 **García, Fernando O.** 2014. Balance de nutrientes del sistema Trigo-Soja-Maíz: balance
3 necesario para un buen cultivo de trigo
4 <https://www.researchgate.net/publication/228374711>. Último acceso octubre 2017.

5 **Ghida Daza, C.** 2016. Resultados económicos esperados para la campaña de trigo
6 2016/2017. INTA EEA Marcos Juárez. 7pp.

7 **Golik S.I., Chamorro A.M., Bezus R. & Pellegrini A.** 2014. Extracción y balance de
8 nutrientes para distintas secuencias de cultivo en el noreste de la Provincia de Buenos
9 Aires. Revista Agronómica del Noroeste Argentino 34(2): 147-150.

10 **Karlen DL; GE Varve; D G Bullock; RM Cruse.** 1994. Crop rotations in the 21 st century.
11 Advances in Agronomy 53, 1-45.

12 **Karlen, D. L., Hurley, E. G., Andrews, S. S., Cambardella, C. A., Meek, D. W., Duffy, M.**
13 **D., & Mallarino, A. P.** 2006. Crop rotation effects on soil quality at three northern
14 corn/soybean belt locations. Agronomy Journal, 98(3), 484-495.

15 **Lanfranco J.** 1973. Los suelos de la estación experimental central.

16 **Lorenzatti S.** 2003. La rotación de cultivos: Una herramienta poco utilizada. Revista
17 técnica: Conociendo el suelo en siembra directa. Aapresid. Disponible en:
18 <http://www.agroparlamento.com.ar/agroparlamento/notas.asp?n=0562>. Último acceso:
19 octubre 2017.

20 **Martínez, F.** 2010. Crónica de la soja en la región pampeana Argentina. Instituto Nacional
21 de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria Oliveros. Para mejorar
22 la producción 45: 141- 146. Disponible: [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-crnica-de-la-soja-en-la-regin-pampeana-argentina.pdf)
23 [crnica-de-la-soja-en-la-regin-pampeana-argentina.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-crnica-de-la-soja-en-la-regin-pampeana-argentina.pdf). Último acceso: noviembre 2017.

24 **Pardi H. Martín.** 2016. Boletín Agrometeorológico Mensual. Facultad de Ciencias Agrarias
25 Forestales Estación Experimental Ing. Agr. J.Hirschhorn.

1 **Pengue, W.** 2001. Impactos de la expansión de la soja en Argentina. Globalización,
2 desarrollo agropecuario e ingeniería genética: un modelo para armar.
3 Biodiversidad 29:7-14. Disponible: [https://www.grain.org/article/entries/453-expansion-de-](https://www.grain.org/article/entries/453-expansion-de-la-soja-en-argentina)
4 [la-soja-en-argentina](https://www.grain.org/article/entries/453-expansion-de-la-soja-en-argentina). Último acceso: noviembre 2017.

5 **PROMAR** (Programa de métodos analíticos de referencia). 1991. Asociación Argentina de
6 la Ciencia del Suelo - Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca. Argentina. pp. 27.

7 **SIIA.** 2016. Sistema integrado de información agropecuaria. Disponible en:
8 <http://www.siia.gov.ar/>. Último acceso: diciembre 2017.

9 **Zadoks J, T. Chang & C. Konzak.** 1974. A decimal code for the growth stages of cereals.
10 Weed Research. 14: 415-421.

11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25