

Número 19 | Octubre 2011



## » Rotación de cultivos Camino a la Sustentabilidad

Realización:

Ing. Agr. Julian Mémoli/ Ing. Agr. Mirta Toribio.

Departamento de Investigación y Desarrollo

### » Introducción

Hasta los '70 el desarrollo de la agricultura convencional llevó a un deterioro de la calidad de los suelos y de su capacidad productiva, a raíz de procesos erosivos y balances negativos de Carbono (C), Nitrógeno (N) y Fósforo (P).

La incorporación de la Siembra Directa a partir de los '80 tuvo un rol importantísimo en el mantenimiento de las propiedades edáficas. Sin embargo, por sí sola, esta técnica no es suficiente para lograr una agricultura sustentable. Por este motivo es muy importante realizar rotaciones donde predominen cultivos que aportan alto volumen de rastrojos, llevando a un balance positivo de la materia orgánica (MO) del suelo.

Los sistemas agrícolas actuales en la Argentina están basados en cultivos estivales con un marcado predominio de la soja (60% soja y 20-25% cultivos invernales - MAGyP, 2011). Para la sustentabilidad del sistema, es importante aumentar la proporción de gramíneas, para poder mejorar el porcentaje de MO y llegar a un Balance de Nutrientes adecuado.

*Mayor % de gramíneas significa aumentar el aporte de Carbono (C) y con ello mejoramos los niveles de Materia Orgánica (MO) del suelo.*

### » Beneficios de la rotación de cultivos

» La variación de cultivos sobre el mismo lote tiene un efecto inhibitorio sobre el ciclo biológico de muchos agentes patógenos presentes en el suelo y el rastrojo. Esta modificación continua del ambiente, incide también sobre el ciclo normal de desarrollo de insectos y malezas.

» Permite la diversificación de los riesgos productivos, manifestando ventajas agronómicas y económicas.

» Una balanceada rotación de cultivos brindará al lote cantidad y calidad de rastrojos y cobertura superficial, que aportarán nutrientes y materia orgánica. Esto



permite el enriquecimiento del perfil productivo del suelo, además de lo que se pueda complementar con un plan de fertilización.

» Los sistemas radiculares de los distintos cultivos incluidos en la rotación se desarrollan en diferentes niveles del perfil, explorando con variados recorridos radiculares y generando aportes fundamentales para la estructura física del suelo: aumento de la aireación, capacidad de infiltración del agua y retención de humedad.

» Genera una extracción compensada de micro y macronutrientes a través de cada ciclo de los distintos cultivos implantados, muy diferente a la situación que podría presentarse con un monocultivo, el cual genera importantes desequilibrios físico-químicos en la naturaleza del suelo.

» Desde el punto de vista de la maquinaria agrícola, la diversificación de cultivos también genera un mejor aprovechamiento de los equipos, los cuales pueden ser empleados para varias actividades, haciendo más sustentable el concepto de la maquinaria propia.

## » Fertilización Balanceada

El manejo de una Rotación de Cultivos sustentable deberá ser acompañado por una Fertilización Balanceada, ajustada a las condiciones de suelo, clima y prácticas como la Siembra Directa, que mantienen una mayor cantidad de Carbono (C) en el sistema.

Es importante tener en cuenta que la MO es la que ha aportado la mayor proporción del Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Azufre (S) perdidos de los suelos agrícolas. Esto se ha visto reflejado en las marcadas disminuciones de MO en las distintas zonas de producción. Los menores contenidos de MO acarrearán problemas no solamente en cuanto al balance de nutrientes, sino que también afectan la calidad del suelo en cuanto a propiedades físicas, químicas y biológicas.

*Una disminución de 1 punto en el porcentaje de la MO del horizonte superficial (0-20 cm) representa una pérdida de 1100 kg de N/ha ( 1.600 U\$S ha<sup>-1</sup>) y 100 kg de P/ha ( 358 U\$S ha<sup>-1</sup>), además de otros nutrientes que contienen la misma.*

En los Gráficos siguientes se observa la disminución de la MO ocurrida en los suelos Pampeanos, desde principios del siglo XX hasta la década del '80.

A principios del siglo XX los suelos contaban con niveles de MO superiores al 3% (Gráfico 1), luego en la década del '60 se observa un leve descenso con valores menores a 3% (Gráfico 2) y en la década del '80 (estudio realizado por el Instituto de Suelo de Castelar) arrojó un descenso de la MO encontrándose valores entre 2,4 y 3%. Las zonas más afectadas fueron SE Córdoba, Sur Santa Fe y NO de Buenos Aires con valores de 2,1 y 2,4% de MO (Gráfico 3).

<sup>1</sup>Precio Urea 670 U\$S/tn. Fuente: Márgenes Agropecuario sept 2011

<sup>2</sup>Precio SPT 720 U\$S/tn. Fuente: Márgenes Agropecuario sept 2011

### Contenido de Materia Orgánica del Suelo Década 1980

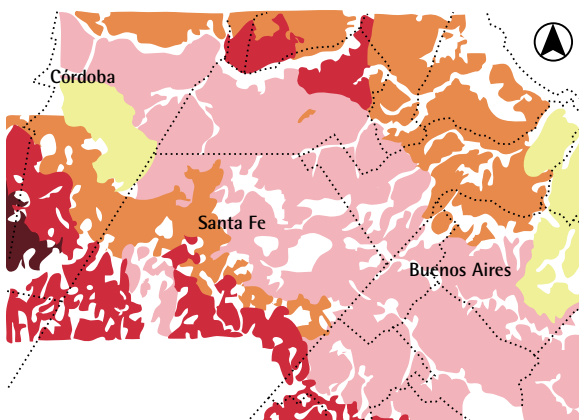


Gráfico 1. Contenido de MO del suelo a ppios del Siglo XX.

### Contenido de Materia Orgánica del Suelo Principios del Siglo XX

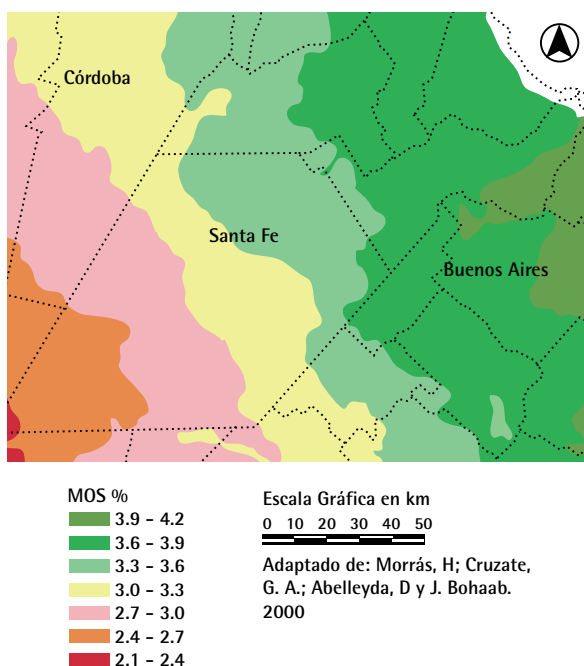


Gráfico 2. Contenido de MO del suelo en la década.

### Contenido de Materia Orgánica del Suelo Década 1960

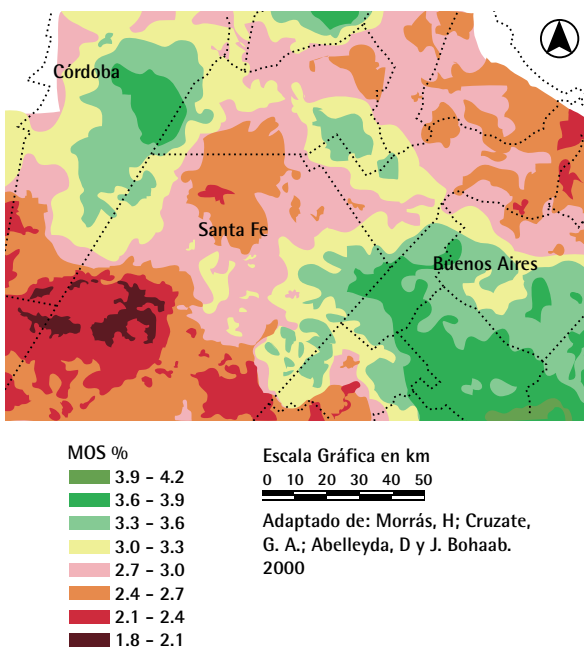
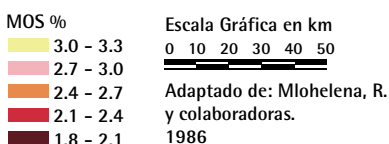


Gráfico 3. Contenido de MO del suelo en la década 1980.



Investigaciones locales e internacionales han demostrado los efectos residuales de las fertilizaciones y la importancia del Balance de Nutrientes, tanto en aquellos de baja movilidad en el suelo (P y K), como con nutrientes de mayor movilidad (N y S). Comprobando que los efectos residuales de la fertilización se observan, tanto en los rendimientos en grano y forraje, como también, en la disponibilidad del elemento en el suelo.

Un ejemplo relevante del beneficio del manejo de nutrientes en una secuencia de cultivos, lo constituye la fertilización del doble cultivo trigo-soja (Albrecht *et al.*, 2000; Cordone *et al.*, 1999).

## » Rotaciones sustentables

Para el logro de un Sistema Sustentable es necesario integrar la **Siembra Directa**, la **Fertilización** y la **Rotación de Cultivos**.

**Siembra Directa:** permite disminuir los procesos erosivos, mejorar el balance de agua e intensificar la producción.

**Fertilización:** posibilita recuperar el nivel nutricional óptimo para incrementar la producción.

**Rotación de cultivos:** es el fundamento de la sustentabilidad, ya que solo con alta proporción de gramíneas puede alcanzarse el aporte de Carbono (C) necesario para equilibrar las pérdidas de MO.

En la Región Pampeana Norte el doble cultivo trigo/soja es parte relevante de las rotaciones y constituye por sí mismo, un sistema muy intensivo tanto en producción como en extracción de nutrientes y es, a su vez, uno de los más dependientes de la disponibilidad hídrica.

Por cuestiones técnicas y de riesgos, el sistema productivo deseable no es la práctica de la simple secuencia **trigo/soja**, sino que más bien ésta debería formar parte de una secuencia de cultivos como **trigo/soja-maíz-soja**, para anexas los beneficios de la acumulación de agua y la fertilidad generada a lo largo de la rotación.

Dada la amplia demanda de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Azufre (S) del trigo y la soja (*Tabla 1*), podría aplicarse al trigo todos los requerimientos de ambos cultivos (García *et al.*, 2001).

*Necesidades nutricionales para la rotación trigo/soja son: 330 kg N ha<sup>-1</sup>; más de 15 ppm de P extractable (método Bray-Kurtz 1) y más de 10 ppm de S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.*

El **Nitrógeno (N)**, es fundamental para el crecimiento y desarrollo de gramíneas, siguiéndole en importancia el P y el S (Vivas *et al.*, 2010a); éstos últimos aportando efectos residuales y aditivos en la producción de granos (Vivas *et al.*, 2006; Vivas *et al.*, 2010b).

**Tabla 1.** Requerimientos nutricionales (absorción total y extracción en grano) para 3000 kg ha<sup>-1</sup> de trigo y 3000 kg ha<sup>-1</sup> de soja.

Nutriente	Trigo 3000 kg ha <sup>-1</sup>		Soja 3000 kg ha <sup>-1</sup>		Trigo/Soja	
	Necesidad <sup>1</sup>	Extracción <sup>2</sup>	Necesidad	Extracción	Necesidad	Extracción
	Kg ha <sup>-1</sup>					
Nitrógeno	90	59	240 <sup>3</sup>	180	330	239
Fósforo	15	11	24	20	39	31
Potasio	57	10	99	58	156	68
Calcio	9	1	48	9	57	10
Magnesio	9	5	27	8	36	13
Azufre	14	3	21	14	35	17
	h ha <sup>-1</sup>					
Boro	75		75		150	
Cobre	30	23	75	40	105	62
Hierro	411		900		1311	
Magnesio	210	76	450	149	660	224
Zinc	156	69	180	126	336	195

<sup>1</sup>Necesidad: indica la cantidad total de nutriente absorbido. <sup>2</sup>Extracción: indica la cantidad total de nutriente exportada en grano. <sup>3</sup>Las necesidades de N de soja son cubiertas en gran parte por la fijación biológica de N. Fuente: Fernando García y Col. INPOFOS y EEA INTA Rafaela. 2001

El **Fósforo (P)** constituye un nutriente esencial y las condiciones de deficiencias en el suelo solo pueden remediarse mediante la aplicación de fertilizantes (Tabla 2 y Tabla 3).

Por su baja movilidad y con aplicaciones sucesivas, este elemento tiende a concentrarse en la superficie, esta estratificación favorece el desarrollo radicular en esa zona, pero ante un estrés temporal o prolongado de agua, su escasa movilidad le impide ser absorbido por la planta

(Vivas *et al.*, 2005; Vivas *et al.*, 2009). Se considera que el nivel de P extractable (método Bray-Kurtz 1) en el suelo (0-20 cm), adecuado para la rotación trigo/soja, debe ubicarse por **arriba de 15 ppm**.

Si se aplica la dosis de P requerida para trigo, la residualidad de P permitirá obtener respuestas en la soja de segunda. Sin embargo, las dosis recomendadas para trigo no son suficientes para cubrir los requerimientos del doble cultivo trigo/soja.

**Tabla 2.** Recomendaciones de fertilización fosfatada para trigo según nivel de P Bray y rendimiento esperado (Echeverría y García, 1998).

Rendimiento ton/ha	Concentración de P disponible en el suelo (mg kg <sup>-1</sup> )						
	Menos 5	5-7	7-9	9-11	11-13	13-16	16-20
	Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup>						
2	45	34	30	25	21	17	
3	53	43	38	34	29	25	
4	62	51	47	42	38	33	23
5	70	59	55	51	46	42	31
6	78	68	63	59	55	50	39
7	87	76	72	67	63	59	48

Fuente: Fernando García y Col. INPOFOS y EEA INTA Rafaela. 2001

**Tabla 3.** Recomendaciones de fertilización fosfatada para soja según nivel de P Bray y rendimiento esperado (Echeverría y García, 1998).

Rendimiento ton/ha	Concentración de P disponible en el suelo (mg/kg)				
	Menos 4	4-6	6-8	8-11	11-6
	Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup>				
2	43	33	28	24	
2.5	49	39	34	30	
3	55	45	40	36	25
3.5	61	51	46	42	31
4	67	57	52	48	37
4.5	73	63	58	54	43

Fuente: Fernando García y Col. INPOFOS y EEA INTA Rafaela. 2001

Albrecht *et al* (2000), demostraron que el **Azufre (S)** es un nutriente relevante para los cultivos en el Centro de Santa Fe. En suelos de la Región Pampeana se ha encontrado que más del 95% del S total permanece en forma orgánica (Mizuno *et al.*, 1990), el resto corresponde a compuestos inorgánicos como S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en solución y el S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> adsorbido, que constituyen las formas rápidamente tomadas por los cultivos (Havlin *et al.*, 1999).

Según estudios (Spencer y McLachlan, 1975), las gramíneas requieren menos S que las leguminosas y crucíferas, dicha diferencia se encuentra en la concentración de S en los

granos. El S-SO<sub>4</sub> tiene movilidad en el suelo y puede ser absorbido por flujo masal y por difusión.

La agricultura continua disminuye el contenido de Materia Orgánica (MO) en el suelo y en consecuencia el aporte de S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> proveniente de la mineralización de la misma (Stevenon, 1986). Se considera que niveles superiores de **10 ppm de S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** en el suelo (0-20 cm de profundidad) son adecuados para la rotación trigo/soja; aunque el diagnóstico de las deficiencias considerando este como el único parámetro, no fue preciso en varios casos.

## » Resultados de Ensayos

### ► EEA INTA Rafaela

El Ing. H. Vivas y colaboradores realizaron ensayos de larga duración en el Ctro. de Santa Fé (Bernardo de Irigoyen), durante las Campañas 2001/02; 2003/04; 2007/08 y 2010/11.

Los objetivos de los mismos fueron:

- Evaluar los beneficios productivos y económicos de la fertilización con P y S sobre el doble cultivo trigo/soja como componente de una rotación trigo/soja-maíz-soja.
- Determinar los efectos de esta fertilización en la evolución del P extractable del suelo como índice de fertilidad.

En las cuatro campañas con doble cultivo siempre se presentaron beneficios productivos y económicos (Gráfico 4), tanto en trigo como en soja, promovidos por la fertilización con P y S. El trigo se destacó en la respuesta a la fertilización de P y S; en cambio la soja mostró respuesta principalmente a S.

La combinación de P20 y S24 permitió obtener el mayor margen bruto sin reducir los valores iniciales de P. La provisión de 40 unidades de P para el doble cultivo en combinación con S, permitió una adecuada provisión de nutrientes y una evolución favorable de los niveles de Pe (Gráfico 5).

**Fertilización trigo:** (Urea) N: 60 kg ha<sup>-1</sup>; (SPT) P: 0, 20, 40 y 60 kg ha<sup>-1</sup>; (SO4Ca) S: 0, 12, 24 y 36 kg ha<sup>-1</sup>. La soja de 2da no tuvo fertilización alguna.

**Pe:** Fósforo extractable

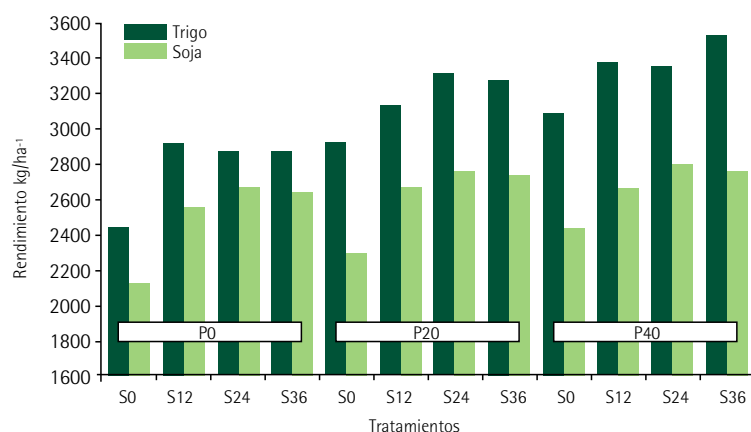


Gráfico 4. Producción de trigo y soja 2da para diferentes combinaciones de P y S. Promedio de las 4 Campañas conducidas en B. de Irigoyen, Santa Fe (2001/02; 2003/04; 2007/08 y 2010/11).

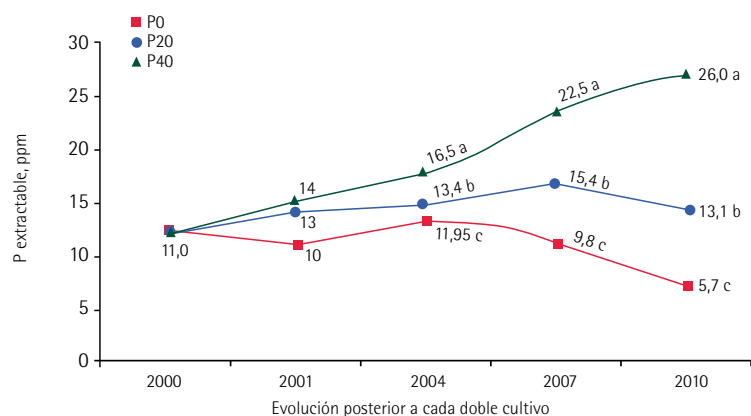


Gráfico 5. Evolución del contenido de Pe del suelo (0-20 cm) luego de cada doble cultivo trigo/soja en B. de Irigoyen, Santa Fe. (2001/02; 2003/04; 2007/08 y 2010/11).

Medias con igual letra en cada año no difieren entre sí (LSD al 5%).

► **EEA INTA Marcos Juárez**

Durante los años 1998 al 2005, el Ing. Vicente Gudelj y colaboradores (EEA INTA Marcos Juárez) junto con otras instituciones, llevaron a cabo ensayos de larga duración en el Sudeste de Córdoba (Camilo Aldao y Corral de Bustos).

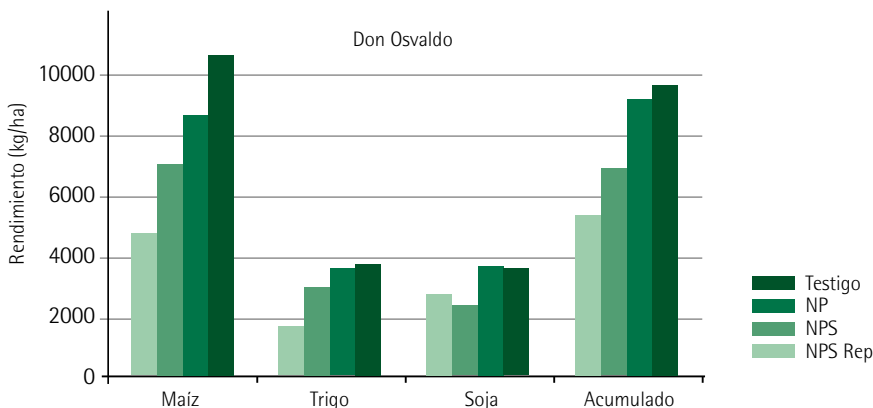
El objetivo fue evaluar el rendimiento de los cultivos y el efecto sobre propiedades físicas y químicas de los suelos.

Se evaluaron alternativas de fertilización en cuanto a tipo de nutrientes aplicados y filosofía de recomendación: Diagnóstico o Suficiencia vs. Reposición de Nutrientes extraídos en grano. La rotación utilizada fue maíz-trigo/

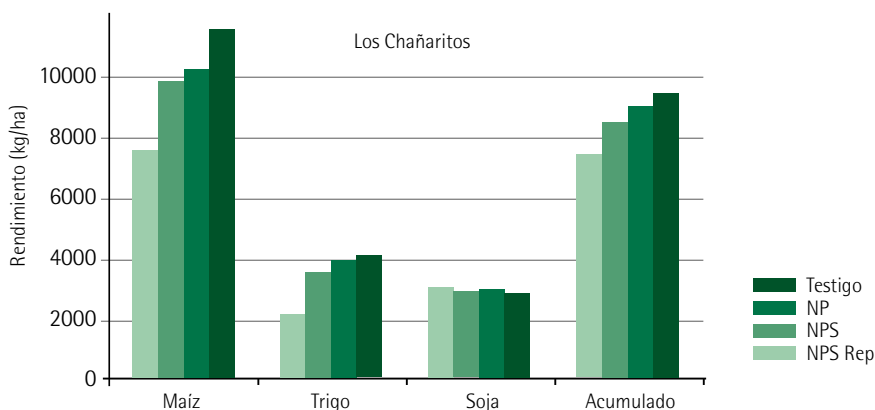
soja, habiéndose iniciado en 1998 con maíz en Los Chañaritos (Corral de Bustos) y con trigo/soja en Don Osvaldo (Camilo Aldao).

En el *Gráfico 6* se muestran los rendimientos, promedios de dos campañas (1998/9 y 1999/2000), obtenidos para cada cultivo de la rotación y el rendimiento acumulado de los tres cultivos (Los rendimientos acumulados se expresaron en base a kg ha<sup>-1</sup> de soja sumando 100% del rendimiento de soja + 50% del rendimiento de trigo + 40% del rendimiento de maíz). Las diferencias entre los tratamientos diagnóstico y reposición, demuestran las ventajas agronómicas del Balance de Nutrientes en la rotación.

*Gráfico 6. Rendimientos de maíz, trigo, soja y acumulados en los ensayos de fertilización a largo plazo en los establecimientos Don Osvaldo (Camilo Aldao) y Los Chañaritos (Corral de Bustos), Córdoba.*



**Tratamientos:** Testigo; NP: de diagnóstico; NPS: de diagnóstico; NPS reposición.



## ► EEA INTA 9 de Julio

Desde el año 1999 al 2002 el Ing. Luis Ventimiglia llevó a cabo ensayos de larga duración en el SO de la Pcia. Bs.As. El objetivo de los mismos fue evaluar los efectos residuales de la fertilización y la importancia del Balance del Nutrientes.

En los mismos se demuestra la elevada residualidad de P en estos suelos de textura liviana (Hapludol típico), con respuesta significativas a la fertilización inicial con P hasta el cuarto año de evaluación (5 cultivos) (Tabla 4).

Los niveles de P extractable en suelos, según método Bray 1, mostraron una caída marcada durante los cuatro años de evaluación, de acuerdo con los balances negativos resultado de los altos niveles de extracción en grano. Las variaciones de P Bray del suelo se relacionaron significativamente con el balance de P, observándose que para aumentar o disminuir el P Bray en 1 mg/kg<sup>-1</sup>, los balances de P (P aplicado como fertilizante - P extraído en grano) deben ser de +9,8 o -9,8 kg P ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Gráfico 7).

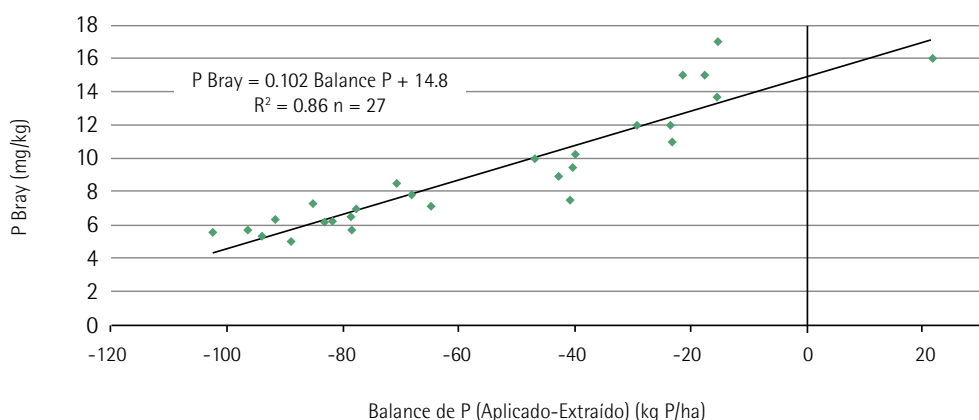
**Tabla 4.** Rendimientos de maíz, trigo/soja de 2da, maíz y soja de 1ra con distintos tratamientos de fertilización fosfatada a la siembra de maíz en 1999.

Tratamientos: 0, 10, 20, 40 y 80 kg ha<sup>-1</sup> de P: Testigo, P10, P20, P40 y P80, respectivamente o repetidos todos los años (10 y 20 kg ha<sup>-1</sup> de P todos los años: P10R y P20R, respectivamente) en el ensayo de residualidad de P de 9 de Julio (Buenos Aires).

Tratamiento	Maíz 1999	Trigo 2000	Soja 2000	Maíz 2001	Soja 2002	Acumulados
	Kg/ha <sup>-1</sup>					
Testigo	10117	2989	1996	10544	2335	27.981
P 10	10159	3785	2049	11096	2433	29.522
P 10R	10520	5153	1943	13013	3296	33.925
P 20	10843	4553	2177	12347	2443	32.363
P 20R	11150	5294	2557	14006	3976	36.983
P 40	11708	4990	2764	12342	2409	34.213
P 80	11771	5566	2945	13646	3065	36.993

Fuente: L. Ventimiglia y col., UEEA INTA 9 de Julio. 2002

*Gráfico 7. Relación entre el balance de P (diferencia entre el P aplicado vía fertilización y P extraído en granos) y el nivel de P Bray en suelo. Datos de cuatro años y siete tratamientos de fertilización.*



Fuente: L. Ventimiglia y col., UEEA INTA 9 de Julio. 2002

## ► EEA INTA Pergamino

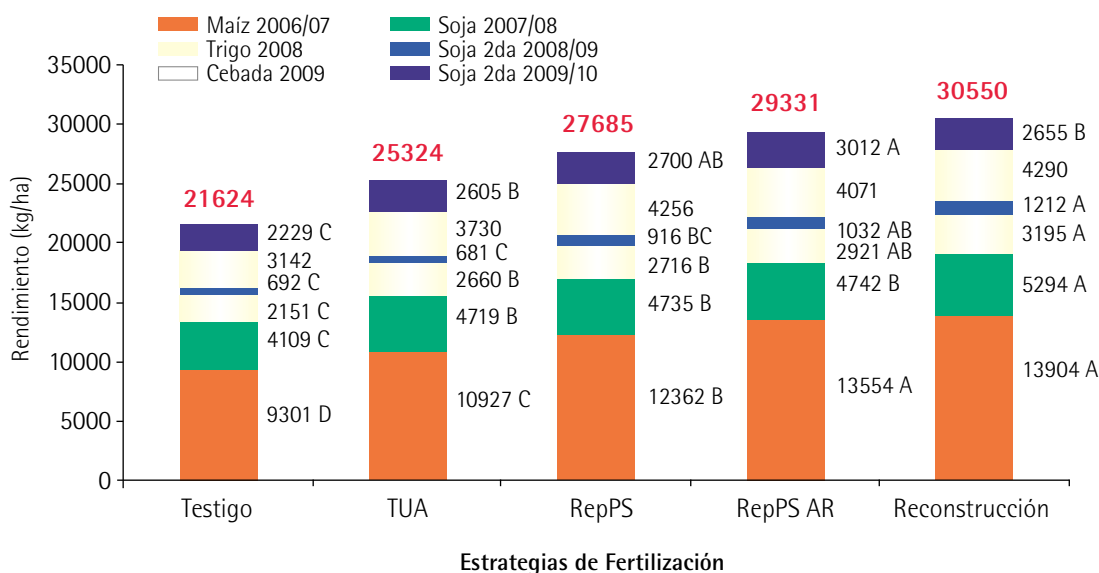
Durante la Campaña 2006/07 el Ing. Gustavo Ferraris del INTA Pergamino y colaboradores junto con el Depto de I+D de Profertil, comenzó un ensayo de larga duración en la localidad de Arribeños (Pcia BsAs). El cual se extiende hasta la fecha.

El objetivo del mismo es estudiar la evolución en el tiempo de los rendimientos, el Balance de Nutrientes y las propiedades químicas del suelo en una secuencia maíz-soja-trigo/soja-cebada/soja bajo distintas estrategias de fertilización:

*Testigo; TUA: Tecnología de uso actual; RepPS: Reposición PS para rendimiento objetivo medio; RepPS AR: Reposición PS para rendimiento objetivo alto; Reconstrucción: Reposición S reconstrucción P para rendimiento objetivo alto.*

*Los fertilizantes nitrogenados, fosfatados y azufrados se aplicaron al voleo en la siembra del cultivo de trigo. Como fuentes se utilizaron Urea Granulada, Superfosfato Triple de Calcio (SPT) y Sulfato de Calcio (SCa).*

Gráfico 8: Producción por cultivo (kg ha<sup>-1</sup>) de diferentes estrategias de fertilización acumulada en una secuencia maíz - soja - trigo/soja-cebada/soja. Arribeños, General Arenales. Campañas 2006/07 a 2009/10 (4 años de ensayos).



Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos. Las barras verticales representan la desviación Standard de la media.  
Fuente: G. Ferraris y Col. EEA INTA Pergamino. 2010

La productividad acumulada de la secuencia (6 cultivos en 4 Campañas) mantuvo su tendencia en ampliar la diferencia entre tratamientos, conforme el paso del tiempo. Así, mientras el testigo acumuló 21.624 kg grano ha<sup>-1</sup>, el tratamiento de reconstrucción llegó a 30.550 kg ha<sup>-1</sup>, siendo la brecha de rendimiento de 41,2% (Gráfico 8).

Las diferentes secuencias generaron Balances de Nutrientes negativos para la mayoría de los tratamientos, en un orden de magnitud similar al observado en las dos primeras campañas. Para P sólo el tratamiento de reconstrucción logró con su aporte superar la exportación del cultivo (Tabla 6). El Balance del Nitrógeno fue negativo en todos los años, aún considerando que el 50% de la extracción de N fue cubierta por FBN. En el caso de S, las estrategias mostraron un Balance negativo en T1 y T2, y muy cercano a la neutralidad en T3, T4 y T5.





**Tabla 6: Balance de Nitrógeno, Fósforo y Azufre (kg ha<sup>-1</sup>) para los diferentes tratamientos. Los nutrientes fueron aplicados a la siembra de trigo, pero contemplan las necesidades del doble cultivo.** La extracción surge de contabilizar las cantidades removidas por el doble cultivo cebada-soja. Se consideró que el 50 % del N removido en soja proviene de la Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN). Los datos de rendimiento y concentración de nutrientes en grano fueron ajustados a 13 % de humedad.

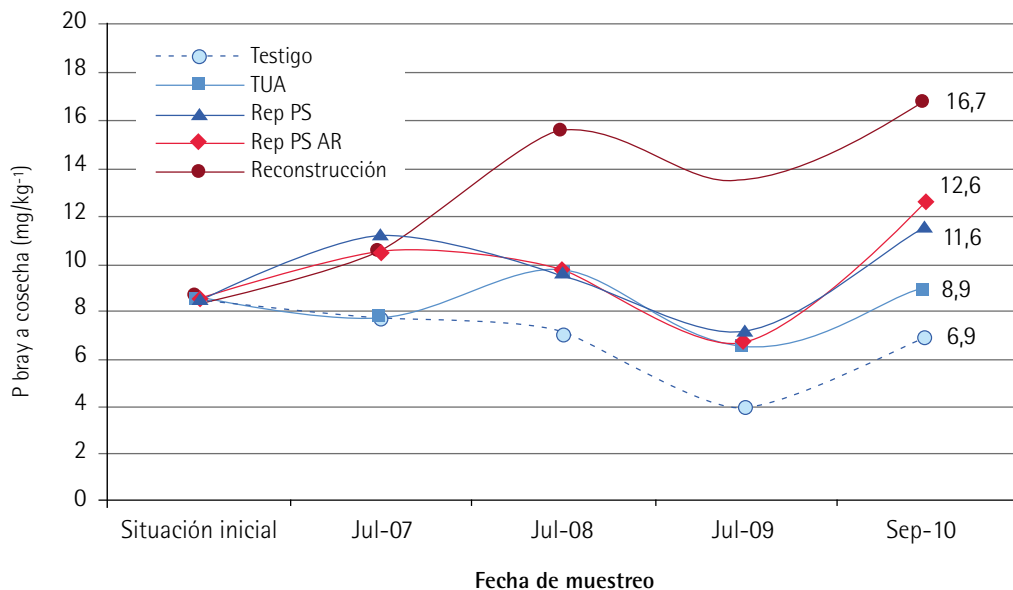
Tratamiento	Agregado (kg/ha <sup>-1</sup> )				Extracción (kg/ha <sup>-1</sup> )			Balance (kg/ha <sup>-1</sup> )		
	N	N (FBN)	P	S	N	P	S	N	P	S
T1 Testigo	0,0	58,3	0,0	0,0	107,0	14,7	5,7	-107,0	-14,7	-5,7
T2 TUA	46,0	67,0	16,0	0,0	126,2	19,7	6,4	-80,2	-3,7	-6,4
T3 PS rep - N diag 10 t	77,6	71,3	16,0	6,8	144,8	21,7	7,8	-67,2	-5,7	-1,0
T4 PS rep - N diag 12 t	102,6	80,1	20,0	8,5	156,9	23,4	8,0	-54,3	-3,4	0,5
T5 PS reconstr - N diag 12 t	102,6	70,7	36,0	8,5	146,8	22,8	7,7	-44,2	13,2	0,8

Fuente: G. Ferraris y Col. EEA INTA Pergamino. 2010



Cuando se evalúa la evolución del P disponible en el suelo después de 4 Campañas con seis cultivos, se observa que los tratamientos de reposición y reconstrucción llevaron a un incremento en el nivel de P del suelo, con la TUA se mantuvo y con el testigo bajo casi 2 puntos (Gráfico 9).

Gráfico 9: Evolución del P disponible en suelo (Bray-1, 0-20 cm) luego de cuatro campañas y seis cultivos. Los valores presentados son promedio de cuatro repeticiones.



## ► EEA INTA Balcarce

El Ing. Hernán Echeverría y su equipo, en colaboración con el Depto I+D de Profertil, comenzó un ensayo de larga duración en la Campaña 2001/02 que continúa en la actualidad. El mismo se realiza en un suelo complejo de Paleudol Petrocálcico y Argiudol Típico (Serie Mar del Plata) ubicado en la EEA INTA Balcarce.

El objetivo de este trabajo fue evaluar, los efectos directos de la fertilización con N, P, S, micronutrientes y del encalado sobre algunas variables edáficas y el rendimiento del cultivo en el largo plazo.

La secuencia utilizada fue maíz (2001-02), soja 1<sup>ra</sup> (2002-03), trigo/soja 2<sup>da</sup> (2003-04), trigo/ soja 2<sup>da</sup> (2004-05), maíz (2005-06), soja 1<sup>ra</sup> (2006-07), trigo/soja 2<sup>da</sup> (2007-

08), maíz (2008-09), soja (2009/10) y trigo/soja 2<sup>da</sup> (2010/11).

Luego de 11 años de aplicación de los tratamientos sobre una secuencia de cultivos maíz, soja, trigo/soja en general, se puede observar que los tratamientos que no recibieron la aplicación de P, mostraron un menor contenido de dicho nutriente en el suelo siendo menor en el tratamiento NS respecto del Testigo, como consecuencia de los mayores rendimientos de los cultivos en la rotación.

En cuanto al contenido de MO y N-NO<sub>3</sub> no se observa ninguna tendencia. El contenido de S-SO<sub>4</sub><sup>-</sup> mostró una tendencia a menor concentración en el tratamiento NP.

En la última Campaña 2010/11 con la secuencia trigo/soja 2<sup>da</sup>, se evaluaron los tratamientos presentados en la *Tabla 7*.

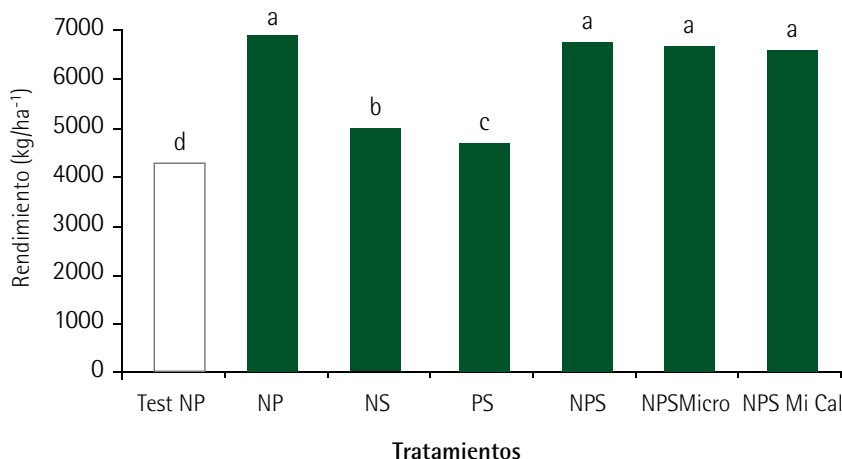
**Tabla 7.** Tratamientos evaluados bajo SD y LC en el cultivo de trigo en seco. Campaña 2010-11.

Nutriente	Testigo	NP	NS	PS	NPS	NPS Micro	NPS Mi Cal
N		120	120		120	120	120
P		37		37	37	37	37
S			18	18	18	18	18
Zn						1	1
Cu						1	1
Cal							600

Dosis de nutrientes en kg ha<sup>-1</sup> de elemento, salvo la cal que se expresa los kg ha<sup>-1</sup> de CO<sub>3</sub>Ca.

Se encontró respuesta significativa al agregado de N y P ( $P \leq 0,01$ ). Siendo la respuesta promedio al agregado de N de 1737 kg ha<sup>-1</sup> (promedio NP, NPS, NPSMi y NPSMi+Cal - PS), mientras que la respuesta promedio a P fue de 1265 kg ha<sup>-1</sup> (promedio NP, NPS, NPSMi y NPSMi+Cal - PS). (*Gráfico 10, a y b*)

*Gráfico 10.a. Rendimiento del cultivo de trigo, durante la Campaña 2010/11.*



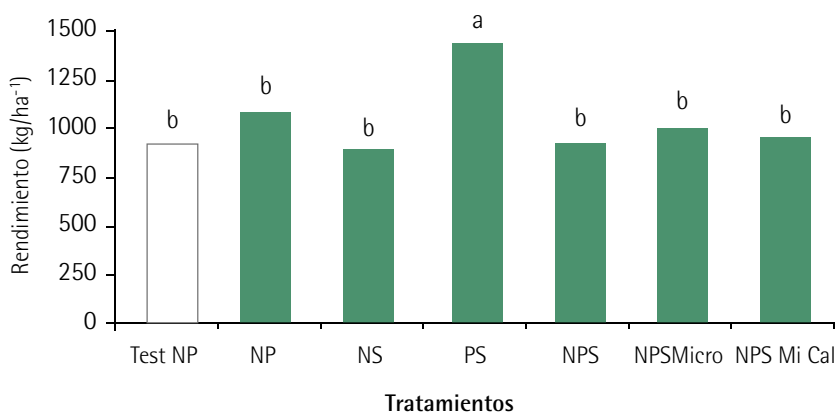


Gráfico 10.b. Rendimiento del Cultivo de soja de 2da, durante la Campaña 2010/11.

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos (test de Tukey al 5%).

Fuente: H. Echeverría y Col. EEA INTA Balcarce. 2011.



## » Consideraciones Finales

- El Análisis de Suelo es el punto de partida para decidir el manejo nutricional de los cultivos de la rotación y evaluar los resultados del Balance de Nutrientes.
- Es importante evaluar el balance de P de los lotes de producción y considerar la posibilidad de manejar el P para la rotación y no solamente para el cultivo inmediato.
- La fertilización nitrogenada no presenta efectos residuales como los que se presentan con P, pero debe enfatizarse el efecto indirecto que produce al permitir una mayor acumulación de biomasa y, por ende, del Carbono que es incorporado al suelo en la fracción orgánica.
- Mejorar y mantener una adecuada fertilidad del suelo a través de una nutrición balanceada es un aspecto crítico para producir rendimientos elevados y sustentables en el tiempo.

*El camino a la Sustentabilidad implica crear conciencia de que debemos incrementar la Materia Orgánica del suelo y mejorar el stock de Carbono. Para ello, es fundamental integrar los 3 pilares fundamentales:*

- Rotación del Cultivo con Gramíneas, las cuales poseen alta relación C/N (superiores a 100);*
- Siembra Directa (provee un medio suficientemente aireado, conservando la humedad y aumentando la población microbiana) y*
- un Plan de Fertilización Balanceada basada en las Mejores Prácticas de Manejo de la Fertilización, las 4C (Dosis Correcta, Momento Correcto, Forma Correcta y Fuente Correcta).*

[www.profertilnutrientes.com.ar](http://www.profertilnutrientes.com.ar)

## » Bibliografía

- Albrecht, r.E.; H.S. Vivas; H. Fontanetto y J.L. Hotian. 2000. "Residualidad del P y del S en Soja sobre dos secuencias de cultivos". Campaña 1999-2000. En. Información técnica de Soja y Maíz de segunda. Campaña 2000. INTA EEA Rafaela. Publicación Miscelánea N°93.
- Casas, Roberto. 2003. "Sustentabilidad de la Agricultura en la Región Pampeana". Clima y Agua - INTA Castelar.
- Caviglia, Octavio y L. Novelli. 2011. "Intensificación agrícola: un enfoque a nivel de sistema para mejorar la eficiencia en el uso de recursos y nutrientes, y la sustentabilidad ambiental". INTA EEA Paraná. Presentado en el Simposio de Fertilidad 2011.
- Cordone G, F. Martinez y R. Abrate. 1999. "Fertilización azufrada". Agromercado, Cuadernillo Trigo N° 34:2-6. Buenos Aires, Argentina.
- Echeverría, H.; H. R. Sainz Rozas y P. A. Barbieri. 2011. "Efectos directos y Residuales de la fertilización con macro y Micros nutrientes". INTA EEA Balcarce.
- Ferraris, G1.; L. Couretot1; M. Toribio2 y R. Falconi3. 2009. "Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos, el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos". 1Area Desarrollo Rural EEA INTA Pergamino, 2Profertil S.A., 3El Ceibo Cereales S.A. Informaciones Agronómicas N° 45 p 16-21.
- García, F.O., H. Fontanetto y H.S. Vivas. 2001. "La fertilización del doble cultivo trigo-soja". INTA EEA Rafaela. Información Técnica de Trigo. Publicación Miscelánea N°94.
- García, F.O. "Balance de nutrientes en la rotación: Impacto en rendimientos y calidad de suelo". Presentado al 2do Simposio de fertilidad y fertilización en Siembra Directa organizado por AAPRESID, Fertilizar e INPOFOS Cono Sur. Rosario, Santa Fe, Argentina. 26-29 Agosto 2003.
- Gudelj, Vicente; C. Galarza; G. Espoturno; O.Gudelj; P.Vallone.; H.Ghio.; M. Boll.; F.García. "Evaluación de la Fertilización a Largo Plazo". 2006. INTA Marcos Juárez; AAPRESID, INPOFOS y ASP.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W. L. Nelson. 1999. "Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management". Sixth Edition. Prentice-Hall, Inc.
- Mizuno, J., B. de Lafaille, y L.G. de López Camelo. 1990. "Caracterización del azufre en algunos molisoles de la provincia de BsAs". Ciencia del Suelo 8:111-117.
- Stevenon, F.J. 1986. "The Sulfur Cycle. In. Cycles of Soil. Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients". A Wiley-Interscience Publication. John Wiley and Sons.
- Studdert G. A. y H. Echeverría. "Relación entre el cultivo antecesor y la disponibilidad de Nitrógeno para el trigo en la rotación". Unidad Integrada Facultad Ciencias Agrarias (UNMP) - EEA INTA Balcarce, C.C. 276, (7620). Balcarce Argentina.
- Vivas, H.S., R. Albrecht, J.L. Hotian y L. Gastaldi. 2006. "Residualidad del fósforo y del azufre asociada a la respuesta del doble cultivo trigo/soja en un suelo del centro de Santa Fe". INTA EEA Rafaela. Información Técnica de Cultivos de Verano. Publicación Miscelánea N° 108.
- Vivas, H.S., N. Vera Candiotti, R. Albrecht y J.L. Hotian. 2009. "Fósforo y Azufre sobre soja de 1ra en rotación con gramíneas". Region central de Santa fe. INTA EEA Rafaela. Informaciones Técnicas de cultivos de verano. Publicación miscelaneas N° 115. p. 57-65.
- Vivas, H.S., N. Vera Candiotti, R. Albrecht, L. Martins, O. Quaino, y J.L. Hotian. 2010a. "Efecto aditivo de la fertilización con fósforo y azufre sobre trigo en una rotación". INTA EEA Rafaela. Información Técnica de Trigo y otros cultivos de invierno. Publicación Miscelánea N° 116. p. 61-67.
- Vivas, H.S., N. Vera Candiotti, R. Albrecht, L. Martins, O. Quaino, y J.L. Hotian. 2010b. "Fósforo y Azufre en una secuencia de Cultivos para una Fertilización cada dos cosechas". XXI Congreso Argentino de la Ciencia de Suelo. Bolsa de Comercio de Rosario. p. 118.
- Vivas H.S., N. Vera Candiotti, R. Albrecht, L. Martins y J.L. Hotián. 2011. "Fertilización con Fósforo y Azufre en rotación de cultivos del centro de Santa Fe, Argentina: Beneficios productivos y económicos y evolución del P extractable". Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica N° 1 p. 17-21.

Por cualquier consulta, dirijite al Asesor Técnico de la Red de Distribuidores de Profertil

Atención al Cliente: 0800-666-7763 | [profertil@profertil.com.ar](mailto:profertil@profertil.com.ar) | [suelos@profertil.com.ar](mailto:suelos@profertil.com.ar) | [www.profertilnutrientes.com.ar](http://www.profertilnutrientes.com.ar)