

## 1- INTRODUCCIÓN

La Fertilización Balanceada comprende dos conceptos enmarcados en un objetivo común:

**El desarrollo de la mejor práctica agronómica para la producción de cultivos económicamente rentables y de forma sustentable para el sistema en el tiempo.**

El primer concepto se refiere al aporte necesario de nutrientes al sistema productivo, conforme a la demanda de los cultivos en la unidad de superficie.

El segundo concepto enmarca a la oferta completa y balanceada de nutrientes, maximizando la interacción sinérgica entre ellos, permitiendo expresar al cultivo su máximo potencial genético, con un esquema rentable, sustentable, que proteja el medio ambiente.

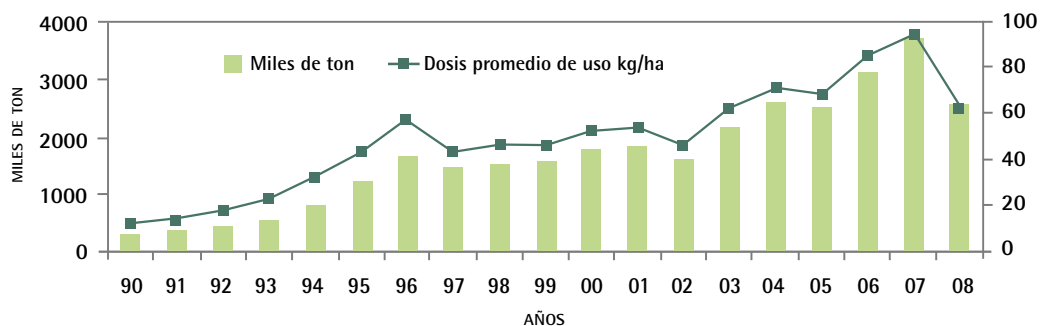


## 2- EVOLUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE LA OFERTA DE FERTILIZANTES EN ARGENTINA (1990- 2009) - (Análisis Cualitativo).

El *Gráfico N° 1* refleja el Consumo Anual Aparente de fertilizantes en Argentina, destacándose un incremento

notable en el uso de nutrientes en las últimas dos décadas.

**Gráfico N° 1:** Evolución del Consumo Aparente de fertilizantes en Argentina y dosis promedio de uso en las últimas dos décadas. (Período 1990-2009).

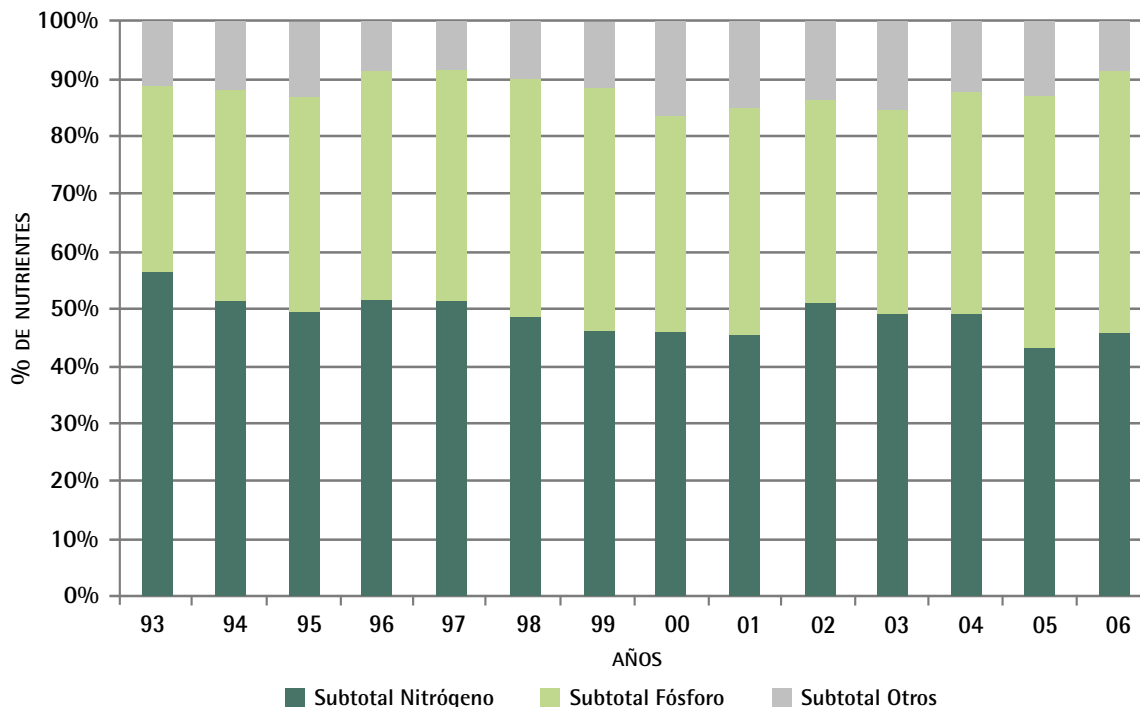


Fuente: Elaborado por CIAFA, en base a datos suministrados por FERTILIZAR. Oct. 09. I&D- Profertil.

El *Gráfico N° 2* muestra la Evolución del Consumo Relativo de nutrientes en el Mercado Argentino, observándose el crecimiento de fertilizantes fosfatados

en los últimos años, traccionado ésto por la incipiente fertilización en el Cultivo de Soja.

**Gráfico N° 2:** Evolución del Consumo Relativo de fertilizantes por Grupos de Nutrientes (1993-2006).



Fuente: Elaboración propia de I&D-Profertil, en base a datos suministrados por CIAFA y FERTILIZAR AC. Oct. 09.

La mayor tasa de incremento del consumo durante la década 1990-2000, está referida al sub-grupo de fertilizantes denominados "otros" (potásicos y azufrados), junto con los fertilizantes complejos que proporcionan, en diverso grado relativo, el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) y Azufre (S) (ver *Tabla N° 1*).

**Tabla N° 1:** Comparación Promedio de Consumo por Grupos de Nutrientes (nitrogenados-fosfatados-potásicos) en las dos últimas décadas. (Expresado en miles de ton y %).

SUBGRUPOS	DÉCADA DEL '90 (Exp. en miles de ton)	DÉCADA DEL '00 (Exp. en miles de ton)	INCREMENTO (Exp. en %)
Promedio Nitrogenados	476	1041	119%
Promedio Fosfatados	381	887	133%
Promedio Otros	97	281	190%

Fuente: Elaboración propia de I&D-Profertil, en base a datos suministrados por CIAFA y FERTILIZAR AC. Oct. 09.

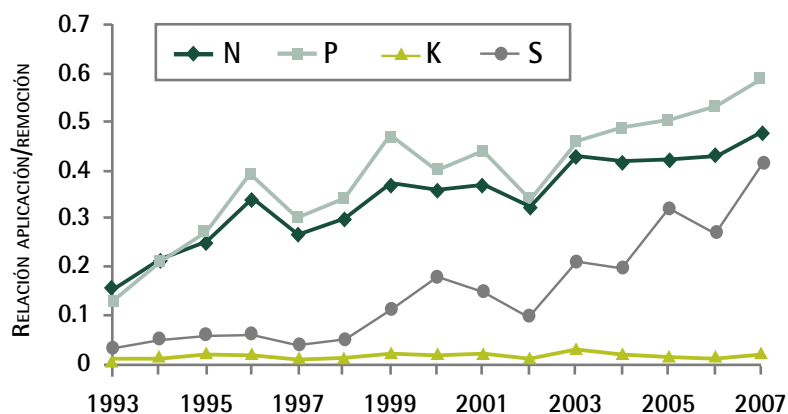


Durante el período 1993-2006, se refleja la evolución promedio de consumos para los tres sub-grupos de fuentes (nitrogenados-fosfatados-potásicos), y su correspondiente tasa de incremento (Ver Gráfico N° 2).

No obstante ello se puede apreciar que la relación aplicación/remoción de nutrientes muestra un balance

negativo para la serie de años 1993/2007, representando en 2007 una reposición en promedio del 48% del Nitrógeno (N) total extraído, 42% del Azufre (S) total extraído y 59% del Fósforo (P) total extraído en grano, en los 4 principales cultivos: Soja, Maíz, Trigo y Girasol (Ver Gráfico N° 3).

**Gráfico N° 3:** Evolución de la relación aplicación/remoción de N, P, K y S en Argentina en los principales cultivos: Trigo, Maíz, Girasol y Soja. Período 1993-2007.



Fuente: Elaboración propia de I&D-Profertil, en base a datos suministrados por CIAFA y FERTILIZAR AC y FPC. Oct. 09.

Podemos apreciar en el Gráfico N° 3, cuando la relación insumo/producto es favorable, el productor agropecuario invierte en nutrición, apuntando hacia una estrategia de fertilización balanceada en pos de una mejora de su sistema productivo.

Como bien manifiesta el Ing. Agr. N. Darwich, hay que considerar lo siguiente:



**“La planificación de las actividades agropecuarias requiere de un análisis del sistema de producción en su conjunto, incluyendo al suelo como componente del mismo, en lugar de analizar cada cultivo o actividad productiva en forma aislada. Este enfoque tiene muchas ventajas y beneficios, principalmente en cuanto al manejo de la fertilización”.**

*(Ing. Néstor Darwich - Asesor Privado).*

**Tabla N° 2:** Balance de Extracción y Reposición de Nutrientes en la Región Pampeana Argentina. Campaña 2008/09 - Estimación en ton de producto comercial para su reposición.

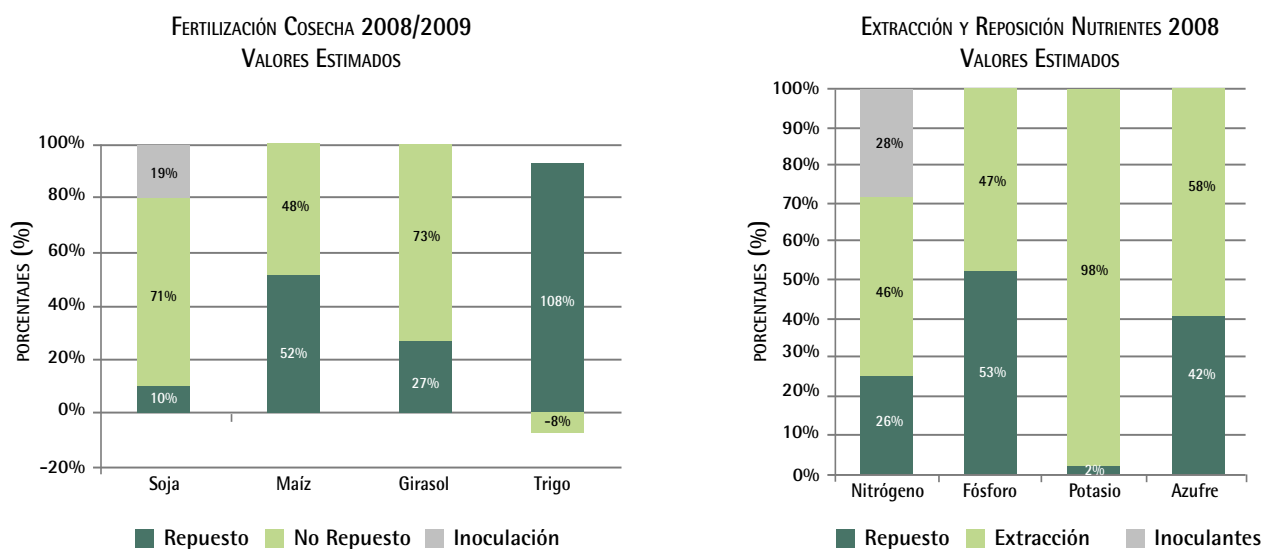
EXP. EN TON	NITRÓGENO	FÓSFORO	POTASIO	AZUFRE
Extracción	1.086.000	622.000	784.000	133.000
Reposición	388.000	328.000	12.000	56.000
Diferencia	698.000	294.000	772.000	77.000
Fertilizantes comerciales	Urea	Superfosfato	Cloruro de Potasio	Súper Simple
Toneladas Totales	1.518.000	639.000	1.287.000	640.000

Fuente: I&D-Profertil, sobre elaboración de CIAFA, en base a información provista por IPNI Cono Sur, SAGPyA, CRA y Fertilizar AC. Nov. 09.

En la *Tabla N° 2*, las toneladas totales reflejadas expresan la cantidad necesaria en producto equivalente para cubrir el déficit nutricional, como consecuencia del desbalance de nutrientes.

Este análisis nos lleva a concluir que el Mercado de Fertilizantes debería triplicar el actual nivel de demanda.

**Gráfico N° 4:** Relación porcentual de Extracción y Reposición de Nutrientes (Soja, Maíz, Trigo, Girasol) en la Región Pampeana Argentina. Campaña 2008/09.



Fuente: Elaborado por CIAFA.

La *Tabla N° 2* y el *Gráfico N° 4* en la Campaña 2008/09, con una relación INSUMO/PRODUCTO desfavorable comparado con años anteriores, reflejan que el balance negativo de nutrientes se acentuó, disminuyendo la reposición promedio de los mismos. Se repuso sólo un

26% del Nitrógeno (N) total extraído (sin considerar el efecto de la fijación por el uso de inoculante en Soja), 53% del Fósforo (P) total extraído y 42% del Azufre (S) del total extraído, en los tres casos como granos producidos.

### 3- INTERACCIÓN ENTRE NUTRIENTES

**“La adecuada nutrición de los cultivos permite optimizar la eficiencia de uso de los recursos e insumos utilizados en el sistema productivo.**

**Conocer y solucionar las deficiencias nutricionales de los cultivos permite ajustar las prácticas de manejo, específicamente de fertilización, para alcanzar los rendimientos máximos económicos”. (Ing. Bianchini y García).**

Cuando aplicamos 2 o más macronutrientes, los efectos de los mismos sobre los cultivos suelen ser interactivos, generando beneficios superiores a la aplicación individual de cada uno de ellos. De esta interacción surge el concepto de “Fertilización Balanceada”, siendo ello el suministro simultáneo de todos los nutrientes limitantes, con el objetivo de alcanzar elevados rendimientos (Fuente: Ing. Agr. F. García. IPNI).

En nuestro sistema de producción de granos, los nutrientes que se encuentran como deficientes son el N, P y S, pero también debe evaluarse la posibilidad de deficiencias de otros nutrientes según zona y cultivo.

Se ha comprobado que el Fósforo (P) tiene una interacción positiva con N y S. La fertilización conjunta NPS supera significativamente tanto en rendimiento como en margen neto de ganancia, en comparación a las fertilizaciones con P, NP o NS.

Para optimizar el manejo de los nutrientes Nitrógeno (N) y Azufre (S), se debe considerar llevar los niveles de P Bray-1 (P extractable) del suelo a valores que no sean limitantes para los cultivos. Ello asegurará una correcta



nutrición que permita mejorar la eficiencia de uso de los nutrientes aplicados no sólo a los cultivos, sino a toda la rotación agrícola.

Durante los últimos años, trabajos de investigación realizados por varias instituciones técnicas referentes como AAPRESID, IPNI e INTA, han demostrado claramente los efectos de la Nutrición Balanceada de los cultivos, que contribuyen a mejorar el balance del suelo.

A su vez, la fertilización de los cultivos no sólo permitirá un mayor retorno económico en el corto plazo, sino una planificación racional de la fertilización, incrementando el nivel de nutrientes de más difícil reposición, con el objetivo de asegurar una producción sustentable. (Ing. Agr. Salvagiotti-2004). Para ello, la realización de Análisis de Suelos es de suma importancia, ya que determina la dosis adecuada de fertilizantes para cada lote, de acuerdo al cultivo planificado a sembrar. (Fuente: Manual de Buenas Prácticas Agrícolas).

Cuando se diagnostican las necesidades de fertilización de los cultivos, es importante conocer la necesidad de nutrientes requerida para alcanzar un determinado rendimiento objetivo (*ver Tabla N° 3*).

**Tabla N° 3: Cereales: Cantidad Total de Nutrientes absorbidos y extraídos en grano, expresado en kg de nutriente/ton de grano base seca.**

CULTIVOS	NOMBRE CIENTÍFICO	ABSORCIÓN TOTAL (KG/TON)						EXTRACCIÓN EN GRANO (KG/TON)					
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
Trigo	<i>Triticum aestivum L.</i>	30	5	19	3	4	5	21	4	4	0.4	3	2
Maíz	<i>Zea mays L.</i>	22	4	19	3	3	4	15	3	4	0.2	2	1
Arroz	<i>Oryza sativa L.</i>	22	4	26	3	2	1	15	3	3	0.1	1	0.6
Cebada	<i>Hordeum vulgare L.</i>	26	4	20	-	3	4	15	3	5	-	1	2
Sorgo granífero	<i>Sorghum bicolor L.</i>	30	4	21	-	5	4	20	4	4	0.9	1	2
Centeno	<i>Secale cereale L.</i>	26	4	18	-	-	-	15	3	5	-	-	-
Avena	<i>Avena sativa L.</i>	34	5	20	-	6	6	20	3	3	-	1	1.8

Fuente: IPNI – Archivo Agronómico N° 11 (2007).

**La Nutrición Balanceada de los cultivos resulta en la Fertilización Balanceada del suelo (García, F., 2006).**

#### 4- MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO (MPM) PARA LA FERTILIZACIÓN

El concepto de las Mejores Prácticas de Manejo agronómico (MPM) fue introducido hace unos 20 años (PPI, 1989; Griffith y Murphy, 1991). Más recientemente, Roberts (2007) delineó las bases de las MPM para la fertilización de cultivos mediante un enfoque simple, y al mismo tiempo contundente:

**"...aplicar el nutriente correcto en la cantidad necesaria, y en el momento y localización apropiados para satisfacer la demanda del cultivo..."**

Ésto contribuye a su vez a cumplir con 4 objetivos fundamentales del manejo de los sistemas de producción: (Brulsema et al, 2008).

1. PRODUCTIVIDAD.
2. RENTABILIDAD.
3. SUSTENTABILIDAD.
4. SALUD AMBIENTAL.

Estos 4 objetivos de las MPM para el uso de fertilizantes pueden ser reagrupados para asociarlos a las 2 etapas o pasos reconocibles dentro del proceso de toma de decisiones, con relación a la fertilización de cultivos, y orientada a un manejo eficiente de esta práctica.

##### » 1ER PASO:

El diagnóstico de las deficiencias o requerimientos del nutriente y la consecuente recomendación de fertilización, definirá la dosis correcta de nutriente a aplicar.

##### » 2DO PASO:

La tecnología con la cual se realizará la aplicación del fertilizante, de acuerdo a la dosis recomendada en el paso anterior, definirá el momento, localización y fuente de nutriente apropiada para efectuar la fertilización. (M. Ferrari).



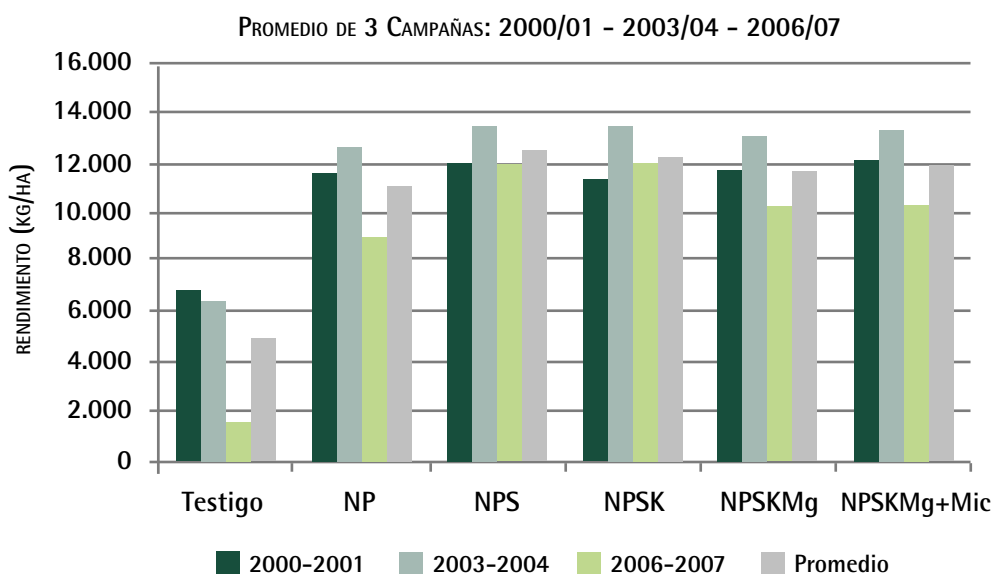
## 5- RESULTADOS DE ENSAYOS

A continuación se presentan resultados de algunos ensayos que confirman la necesidad de aplicar una Fertilización Balanceada, para obtener resultados más sustentables en los sistemas productivos.

En las Campañas 2000/01, 2003/04 y 2006/07 AAPRESID-IPNI en Convenio con Profertil llevaron a cabo una serie de ensayos ubicados en lotes de producción en Siembra

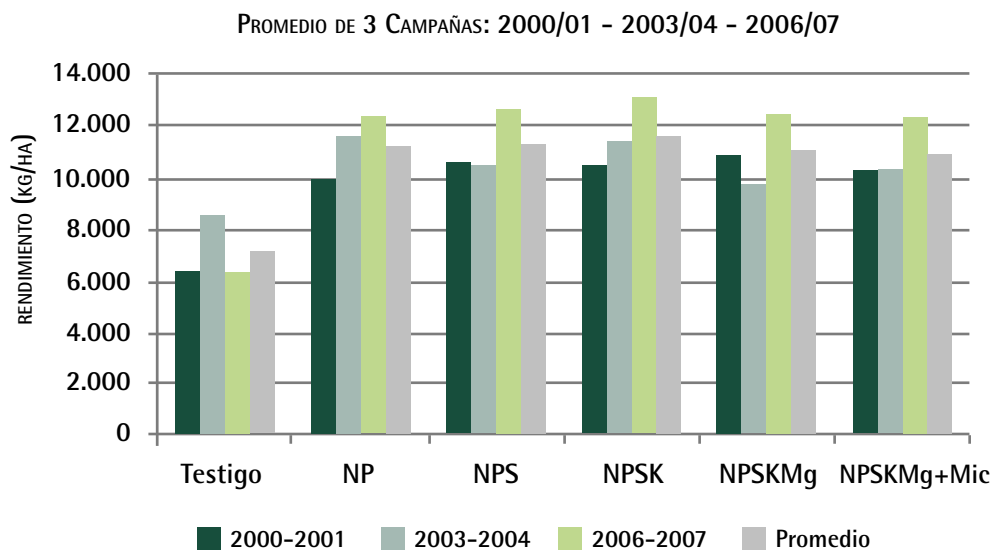
Directa, en las Pcias. de Buenos Aires, Córdoba, Chaco y Santa Fe, con distintos años de antigüedad. La rotación en estos lotes fue Maíz-Soja-Trigo/Soja 2a. Las parcelas fertilizadas anualmente se mantuvieron en los mismos sectores del lote. El tamaño de las mismas fue en promedio de 1 ha por tratamiento.

**Gráfico N° 5:** Evolución del rendimiento del Cultivo de Maíz. Localidad: Monte Buey (Prov. de Córdoba).



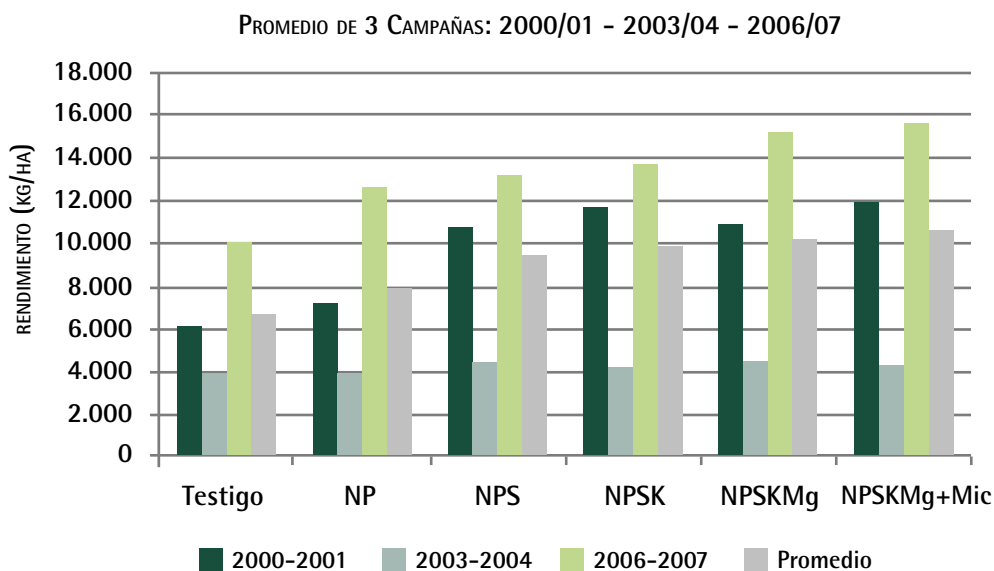
Fuente: Elaboración propia en base a la Red de ensayos de Dpto. I&D - Profertil - Convenio AAPRESID-IPNI. Nov. 09.

**Gráfico N° 6:** Evolución del rendimiento del Cultivo de Maíz. Localidad: Noetinger (Prov. de Córdoba).



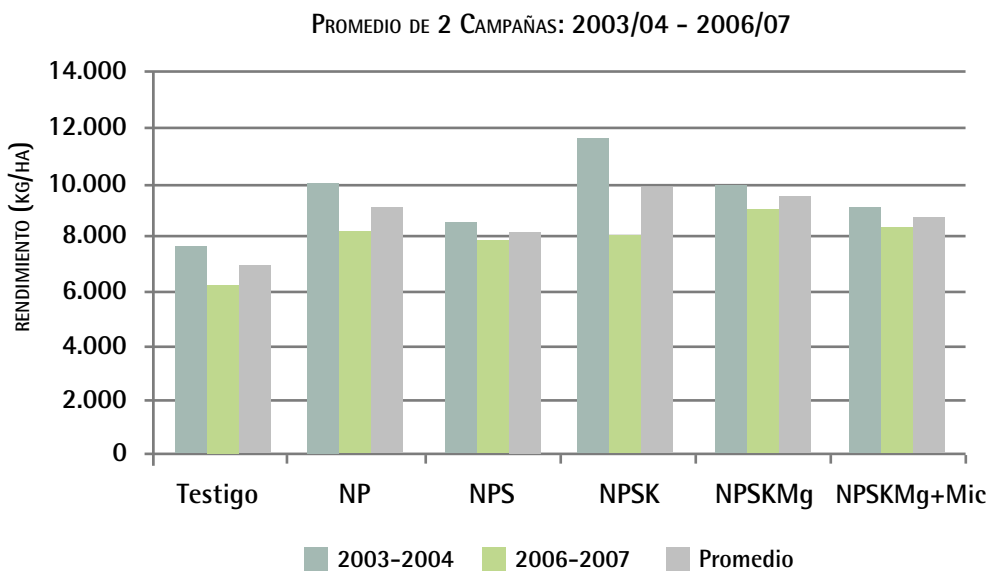
Fuente: Elaboración propia en base a la Red de ensayos de Dpto. I&D - Profertil - Convenio AAPRESID-IPNI. Nov. 09.

**Gráfico N° 7:** Evolución del rendimiento del Cultivo de Maíz. Localidad: Caferata (Prov. de Santa Fe).



Fuente: Elaboración propia en base a la Red de ensayos de Dpto. I&D - Profertil - Convenio AAPRESID-IPNI. Nov. 09.

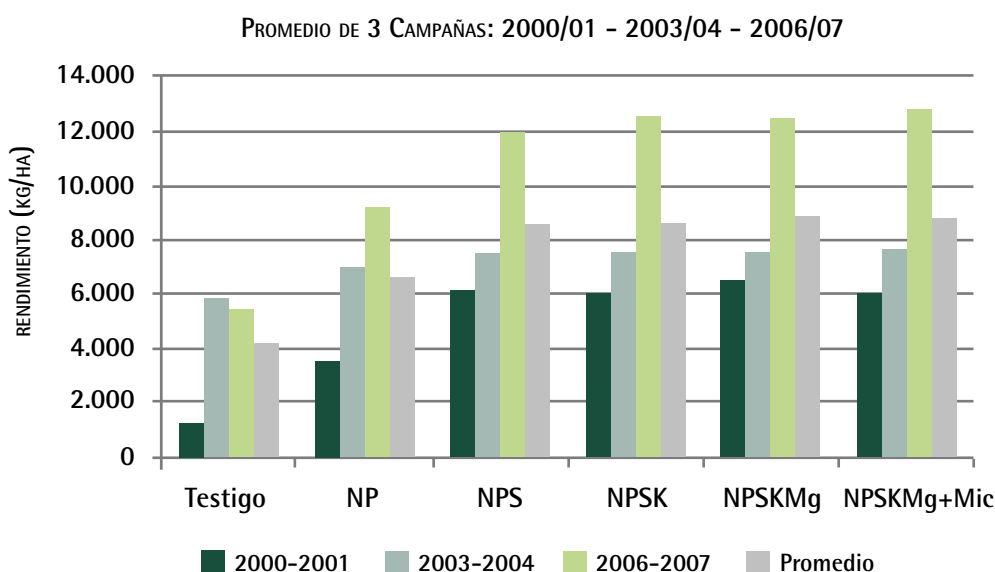
**Gráfico N° 8:** Evolución del rendimiento del Cultivo de Maíz. Localidad: Trenque Lauquen (Prov. de Bs. As.).



Fuente: Elaboración propia en base a la Red de ensayos de Dpto. I&D - Profertil - Convenio AAPRESID-IPNI. Nov. 09.



**Gráfico N° 9:** Evolución del rendimiento del Cultivo de Maíz. Localidad: San Justo (Prov. de Santa Fe).



Fuente: Elaboración propia en base a la Red de ensayos de Dpto. I&D - Profertil - Convenio AAPRESID-IPNI. Nov. 09.

Como se observa en la mayoría de las localidades (*Gráficos N° 5, 6, 7, 8, y 9*), el rendimiento del testigo siempre fue significativamente menor que el rendimiento de los otros tratamientos, repitiéndose este comportamiento en todas las campañas.

Por otra parte los tratamientos con una fertilización balanceada (NP vs NPS vs NPSK) lograron los mejores rendimientos. A la fertilización con macronutrientes se le agregaron algunos micronutrientes, y sólo en algunas localidades se encontró una mejor respuesta NPSKMg y NPSKMg+Micro.

En la Campaña 2006/07 se firmó un Convenio con Profertil y la EEA INTA Pergamino, para llevar adelante ensayos de larga duración, a cargo de un especialista en fertilización Ing. Agr. Gustavo Ferraris. Los mismos se realizaron en la localidad de Arribeños (Partido de Gral. Arenales), con el objetivo de evaluar distintas estrategias de fertilización:

- » T1: Testigo
- » T2: Tecnología de Uso Actual (TUA)
- » T3: PS reposición y N para 10 ton. (Rep PS)
- » T4: PS reposición y N para 12 ton Alto

Rendimiento. (Rep PS AR)

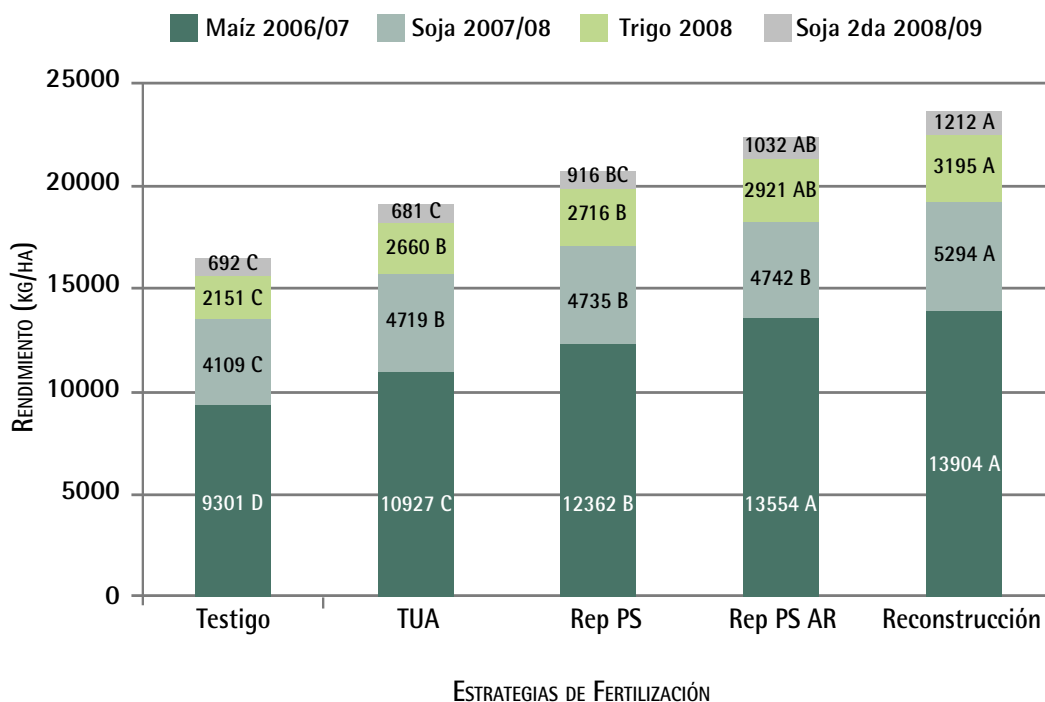
» T5: PS reconstrucción y N para 12 ton. (Reconstrucción)

» Rotación: Maíz - Soja - Trigo/Soja de 2da.

La productividad acumulada de la secuencia de cultivos acompañó la tendencia de dosis e inversión en fertilizantes (*Gráfico N° 10*), incrementando los rendimientos en forma sistemática. Aún la estrategia de recomposición de Fósforo (P) proyectada para mejorar los niveles del nutriente y los rendimientos del cultivo en el mediano y largo plazo, mostró en este breve ciclo analizado una diferenciación en relación a la estrategia anterior.



**Gráfico N° 10:** Producción media (kg ha<sup>-1</sup>) por cultivo acumulada en una secuencia Maíz – Soja – Trigo/Soja con diferentes estrategias de fertilización. Localidad: Arribeños, General Arenales. Campaña 2008/09.



Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos. Las barras verticales representan la desviación standard de la media.  
Fuente: Elaboración propia en base a la Red de ensayos de Dpto. I&D – Profertil. Nov. 09.

A partir de las dosis de NPS agregadas y la extracción de nutrientes cuantificada en base a los rendimientos y la concentración en grano, se puede establecer el Balance de Nutrientes.

- » El mismo fue, como en todos los años, negativo para Nitrógeno (N), si no se contemplan los aportes por FBN.
- » En el caso de Azufre (S), las estrategias confirmaron la tendencia observada en años previos de balance negativo en T1 y T2, y positivo en T3, T4 y T5.
- » Para el caso de Fósforo (P), sólo el testigo reflejó un balance negativo, dada la escasa extracción realizada por los cultivos durante esta campaña. (Ver Tabla N° 4).



**Tabla N° 4: Balance de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Azufre (S) (kg ha<sup>-1</sup>) para los diferentes tratamientos. Campaña 2008/09**

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 Trigo-Soja. Los datos de rendimiento y concentración de nutrientes en grano fueron ajustados a 13 % de humedad.

TRATAMIENTOS	AGREGADO (KG/HA <sup>-1</sup> )			EXTRACCIÓN (KG/HA <sup>-1</sup> )			BALANCE (KG/HA <sup>-1</sup> )		
	N	P	S	N	P	S	N	P	S
T1 Testigo	0,0	0,0	0,0	84,9	8,3	4,1	-84,9	-8,3	-4,1
T2 TUA	46,0	16,0	0,0	93,1	10,6	4,6	-47,1	5,4	-4,6
T3 PS rep - PS rep - N diag 10 ton	77,6	31,4	14,9	109,5	11,1	5,6	-31,9	20,3	9,3
T4 PS rep - N diag 12 ton	102,6	41,6	19,8	122,6	11,9	6,0	-20,0	29,6	13,9
T5 PS reconstr - N diag 12 ton	102,6	57,6	19,8	141,5	14,6	7,2	-38,9	43,0	12,7

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos. Las barras verticales representan la desviación standard de la media. Fuente: Elaboración propia en base a la Red de ensayos de Dpto. I&D - Profertil. Nov. 09.

Si analizamos la relación entre el nivel de P en suelo a cosecha (mg kg<sup>-1</sup>, 0-20 cm) y el balance de P (aplicado-extraído en kg ha<sup>-1</sup>), podemos determinar la cantidad de P a aplicar, necesaria para aumentar 1 ppm de P-Bray en el suelo.

Cuando se realizó el análisis en las distintas campañas, se observó que luego de tres años de ensayos:

- » La tasa de cambio fue de 1 mg kg<sup>-1</sup> de P Bray (0-20 cm) por cada 12 kg P ha<sup>-1</sup> de diferencia entre

agregado y extracción. Este valor es superior con relación al observado a la cosecha de los cultivos precedentes, después de 1 (10,7 kg P/ha<sup>-1</sup>) o 2 (9,9 kg P/ha<sup>-1</sup>) años de experimentación.

- » Esta diferencia puede ser debida a la ocurrencia de bajas temperaturas y precipitaciones durante la última campaña, llevando al P disponible en el suelo a ser anormalmente bajo. Como consecuencia de ello, la cantidad de P requerida para aumentar 1 ppm será mayor.

En resumen,

» Las estrategias de fertilización modificaron el Balance de Nutrientes, correlacionándose con los niveles finales de Fósforo (P) en suelo.

» El incremento en la dosis de fertilización mejoró la respuesta en rendimiento de la secuencia analizada globalmente.

» El Cultivo de Maíz resultó ser el más apropiado, en base a la estrategia de fertilización aplicada, con el objetivo de mejorar la fertilidad en el sistema de producción.

## 5- CONCLUSIONES

- » Analizando la Evolución del Mercado de Fertilizantes en la Argentina, observamos que tuvo un importante incremento en las últimas dos décadas, asociado al salto tecnológico que experimentó el sector en ese período.
- » El nivel de demanda de nutrientes debería triplicar al actual (2008), al evaluar el balance estimado entre la consecuente extracción de nutrientes por las cosechas y el aún deficitario grado de reposición de los mismos.
- » Un manejo eficiente desde el punto de vista agronómico, económico y ambiental, debe contemplar la Nutrición Balanceada del cultivo. Esto implica evaluar todos los nutrientes esenciales para evitar que la deficiencia de uno de ellos, afecte las eficiencias de uso de los otros para considerar la práctica de fertilización, a fin de asegurar que la misma sea sustentable y medioambientalmente segura en todo el sistema de producción.

### BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA:

- » Bianchini A. y F. García. "La fertilización, uno de los pilares de la sustentabilidad". Diario La Nación. 25 /11/ 2007.
- » Bianchini A.; D. Peruzzi, A. Sylvestre Begnis, S. Lorenzatti, J. Rabasa, M. E. Magnelli, M. Fumagallo, G. Moretti y F. García (IPNI Cono Sur). "Red de Ensayo de Larga Duración AAPRESID-IPNI. Nutrición en la rotación. Resultados de maíz". Campaña 2006-07.
- » Capparelli, C. "Extracción de Nutrientes". C.I.A.F.A. 2009.
- » Darwich N. "Manual de fertilidad de suelos y uso de fertilizantes". 2005.
- » García F. "La nutrición de los cultivos y la nutrición de los suelos". 2005.
- » García F. e I. Ciampitti. "Manejo nutricional del cultivo de trigo: ¿Dónde estamos y dónde vamos?". 2009.
- » García F.; I. Ciampitti, G. Rubio y L. Picote. "La fertilización fosfatada en la Argentina: actualidad, manejo y perspectivas". 2007.
- » Ferrari M. "Las MPM para los cultivos y sistemas de producción. Maíz en la Región Pampeana Central". EEA INTA Pergamino. Trabajo publicado en Simposio Fertilidad 2009. IPNI Cono Sur – Fertilizar.
- » Ferraris G. y L. Couretot. "Soja: Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre su rendimiento, el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos". Desarrollo Rural INTA Pergamino. Convenio INTA-Profertil. Ensayo de larga duración en la secuencia maíz-soja-cebada/soja. Arribeños. Campaña 2007/08.
- » Ferraris G. y L. Couretot. "Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos, el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos". Desarrollo Rural INTA Pergamino. Convenio INTA-Profertil. Ensayo de larga duración en la secuencia maíz-soja-trigo/soja-cebada/soja. Arribeños. Campaña 2008/09.
- » AAPRESID. "Manual de buenas prácticas agrícolas e indicadores de gestión". Agricultura certificada. 2004.

**Por cualquier consulta, diríjase al Asesor Técnico de la Red de Distribuidores de Profertil**  
 Atención al Cliente: 0800-666-7763 | [www.profertilnutrientes.com.ar](http://www.profertilnutrientes.com.ar) | [www.profertil.com.ar](http://www.profertil.com.ar)  
 Consultas Técnicas: [mtoribio@profertil.com.ar](mailto:mtoribio@profertil.com.ar)