



Jornada de Cosecha Gruesa
Región CREA Mar y Sierras
Tres Arroyos, 22 de Agosto de 2008

Mejores prácticas de manejo de la nutrición y de los fertilizantes en cultivos de cosecha gruesa

Fernando O. Garcia
IPNI Cono Sur
fgarcia@ipni.net
www.ipni.net/lasc

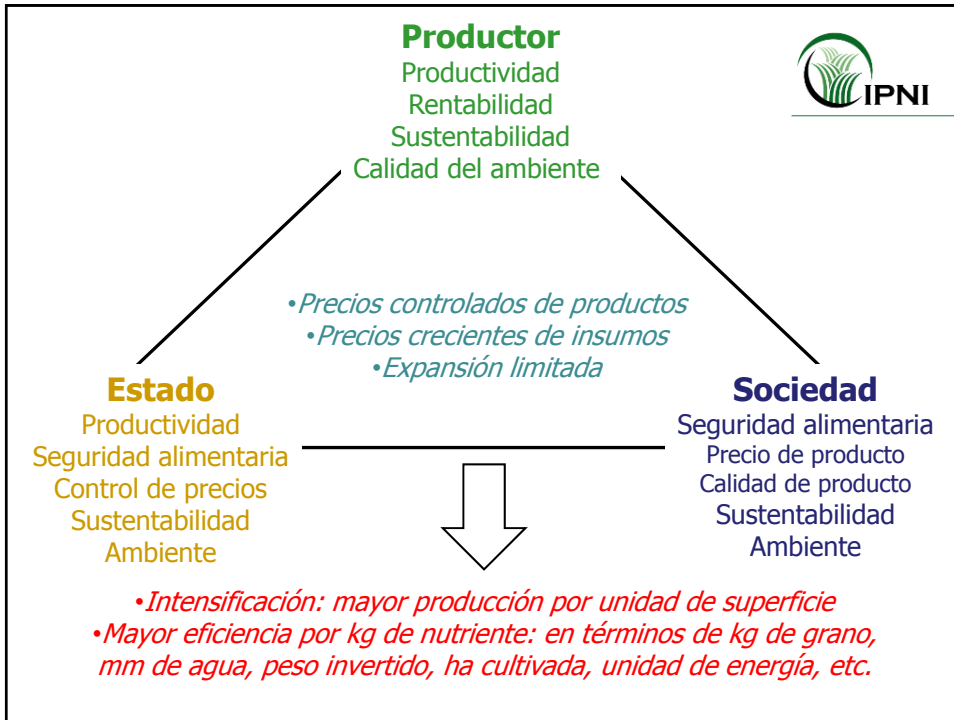


Escenario actual

Demanda creciente de alimentos, forrajes, fibras y biocombustibles

Desafío actual

- ***Lograr altos rendimientos en suelos aptos para el cultivo y reducir la expansión agrícola hacia tierras menos aptas buscando:***
 - ***Satisfacer la demanda de granos a nivel mundial,***
 - ***Maximizar la eficiencia productiva y económica del uso de recursos e insumos,***
 - ***Preservar y/o mejorar la calidad del ambiente***

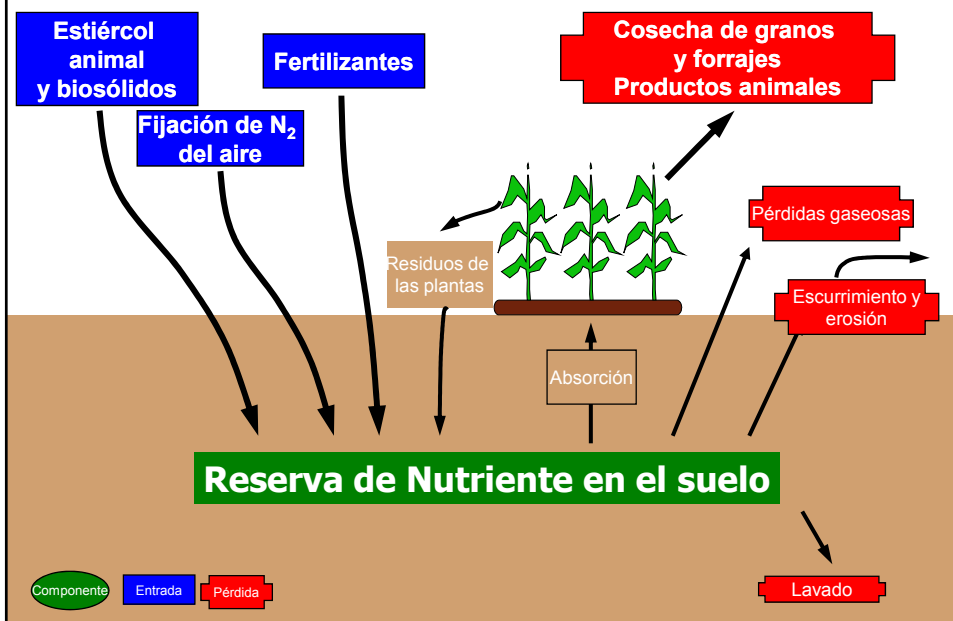


¿Qué es el balance de nutrientes?

Es la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y que se pierden de un sistema definido en el espacio y en el tiempo.

En general, los balances de nutrientes en sistemas agrícolas se consideran para la capa de suelo explorada por las raíces en períodos anuales.

Balance de nutrientes en el sistema suelo-cultivo



Extracción de nutrientes por cultivos

- Se estiman a partir del rendimiento y del contenido promedio de nutrientes en granos o forrajes cosechados
- En el sitio de Internet de IPNI www.ipni.net/lasc se dispone de una planilla de cálculo Excel que permite estimar las necesidades totales y extracción de nutrientes de cultivos de grano y forrajeras

Extracción de nutrientes de distintos cultivos

Nutriente	kg de nutriente / tonelada de cultivo*					
	Trigo	Maíz	Soja	Girasol	Sorgo	Cebada
Nitrógeno	18	13	49	22	17	13
Fósforo	3.3	2.6	5.3	5.8	3	3
Potasio	3.3	3.5	17	5.6	3	4
Calcio	0.4	0.2	2.7	1.3	1	-
Magnesio	2.3	1.3	3.2	2.7	1	1
Azufre	1.3	1.2	2.5	1.7	2	2

* La extracción está expresada en base a la Humedad Comercial (Hc) de cada cultivo



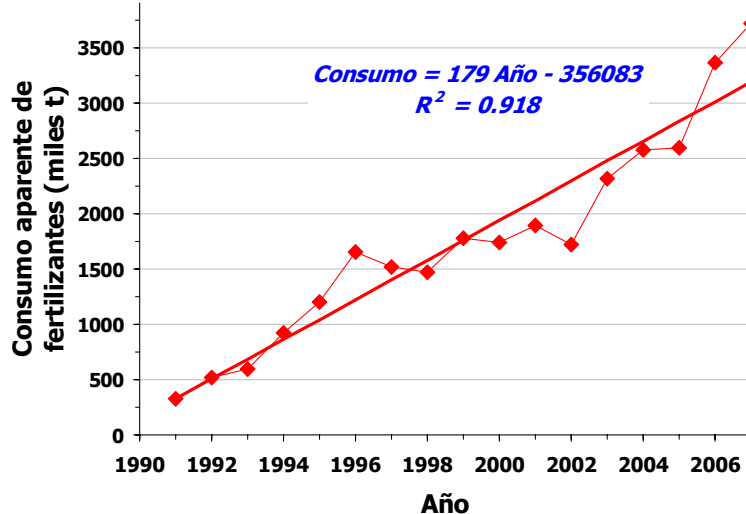
Ingresos de nutrientes al sistema

- Se estiman a partir de la cantidad de abono orgánico o fertilizante que se aplican y su contenido de nutrientes
- En el caso de la fijación biológica de N_2 (simbiótica o asimbiótica), se dispone de información de investigaciones sobre las cantidades de N que aportan los distintos cultivos en distintas condiciones

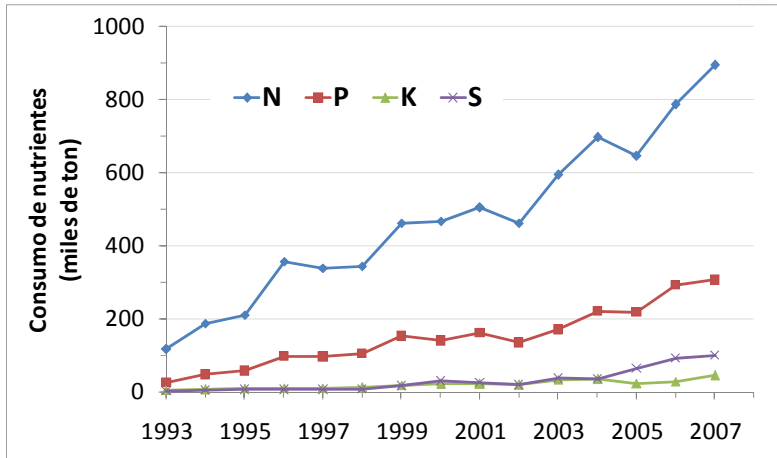
Consumo aparente de fertilizantes en Argentina - 1991-2007



Fuente: SAGPyA y Fundación Producir Conservando

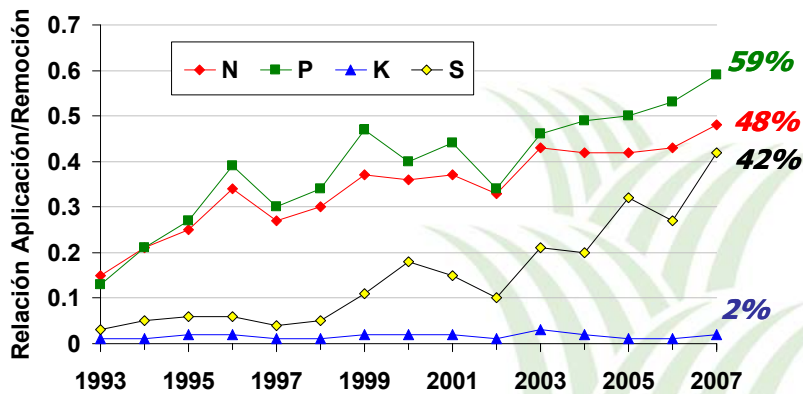


Consumo de nutrientes 1993-2007



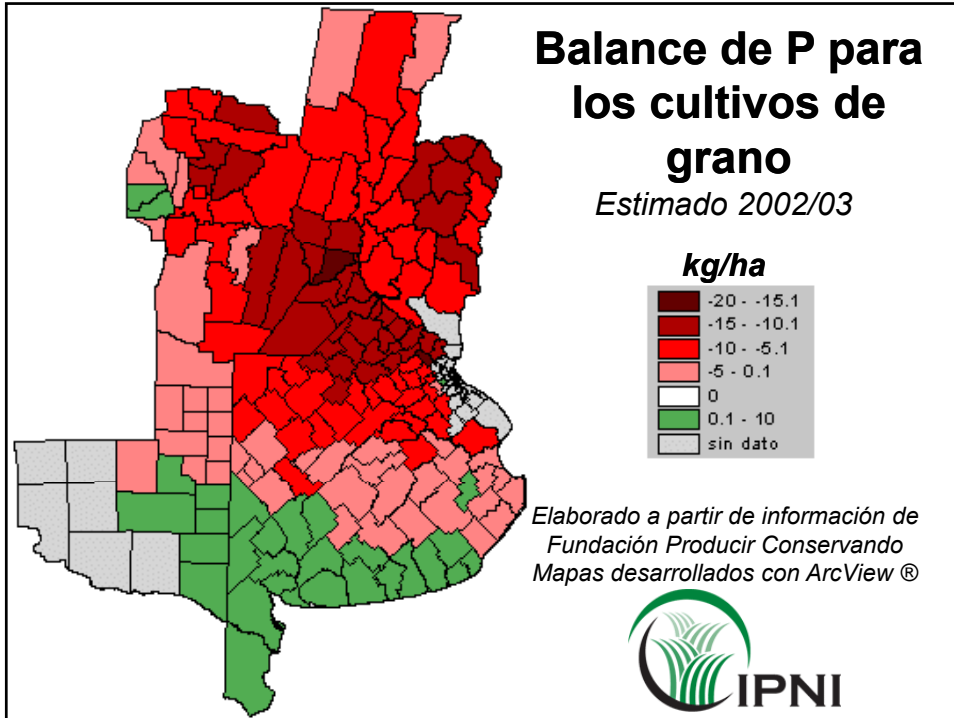
El consumo se incremento en 48.5 mil toneladas de N y 41 mil toneladas de P por año

Argentina: Relaciones Aplicación/Extracción de N, P, K y S en cultivos extensivos



Las relaciones se incrementaron 1.9%, 2.6%, 0.06%, y 2.6% por año para N, P, K, y S, respectivamente





Ejemplo de extracciones de P para distintos cultivos de grano

Cultivo	Rendimiento (kg/ha)	P extraído (kg/ha)	Equivalente FMA extraído (kg/ha)
Trigo	5000	16.5	73
Soja	2500	13.2	59
Girasol	2500	14.5	64
Maíz	8000	20.8	92

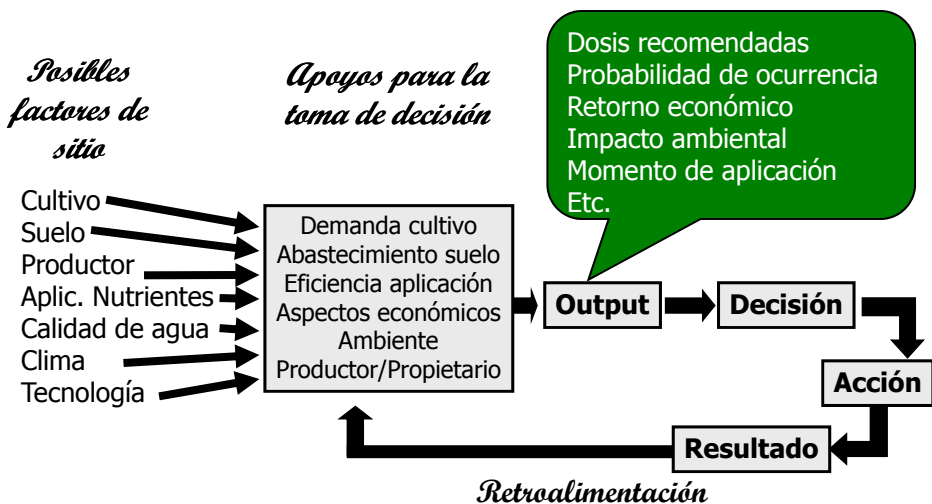
Si la fertilización fosfatada es menor a la indicada, el balance de P del suelo será negativo y el nivel de P Bray del suelo disminuirá

Las Mejores Prácticas de Manejo de Fertilizantes (MPMF)



- Las MPM en el uso de fertilizantes (dosis, fuente, momento y ubicación) interactúan entre ellas, con las condiciones edafoclimáticas y las otras prácticas de manejo de suelo y de cultivo.
- La combinación adecuada de dosis-fuente-momento-ubicación es específica para cada condición de lote y/o sitio.
- Las MPM no solo afectan al cultivo inmediato, sino frecuentemente a los cultivos subsiguientes en la rotación.
- Las decisiones de implementación de las MPM de fertilizantes impactan la productividad y sustentabilidad del suelo, un recurso finito no renovable sobre el que se basa la producción agropecuaria nacional.
- Las interacciones entre los nutrientes son muy importantes debido a que la deficiencia de uno puede restringir la absorción y la utilización de otros: Importancia de la nutrición balanceada de los suelos y los cultivos.

Toma de decisiones en el manejo de nutrientes



Fixen, 2005

El análisis de suelos como herramienta de apoyo para la toma de decisión

- Una herramienta poderosa pero con limitaciones
- Es esencial la calibración (requiere actualización periódica)
- El muestreo



Necesidades nutricionales de maíz



Rendimiento de 10000 kg/ha a 14% de humedad de grano

Nutriente	Requerimiento <i>kg/ton</i>	Indice de Cosecha <i>%</i>	Rendimiento de 10000 kg/ha	
			Necesidad <i>kg</i>	Extracción <i>kg</i>
N	22	0.68	193	132
P	4	0.76	35	27
K	19	0.21	167	35
Ca	3	0.07	26	2
Mg	3	0.53	26	14
S	4	0.35	35	12

Fuente: Ciampitti y García (2007) – Disponible en www.ipni.net/lasc

Necesidades nutricionales de soja



Rendimiento de 5000 kg/ha a 13% de humedad de grano

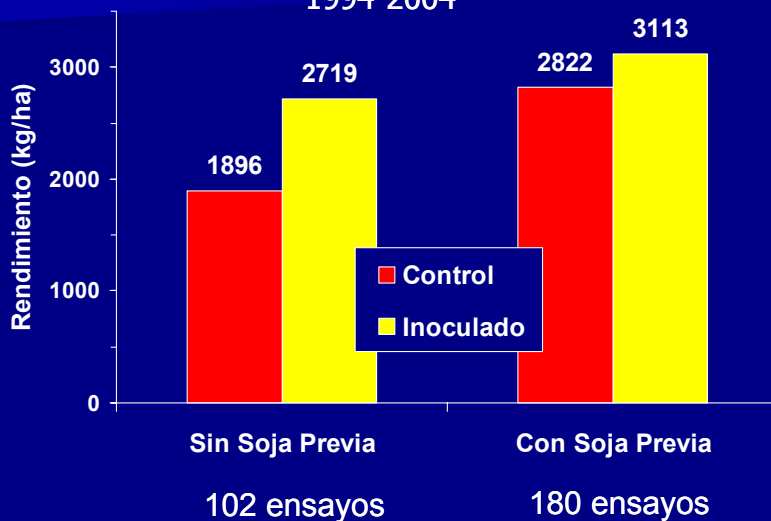
Nutriente	Requerimiento <i>kg/ton</i>	Índice de Cosecha <i>%</i>	Rendimiento de 5000 kg/ha	
			Necesidad <i>kg</i>	Extracción <i>kg</i>
N	75	73	332	242
P	7	85	31	26
K	39	48	173	83
Ca	16	19	71	134
Mg	9	40	40	16
S	4	70	18	12

Fuente: Ciampitti y García (2007) – Disponible en www.ipni.net/lasc

Inoculación de soja

A. Peticari – INTA Castelar-Inocular

1994-2004



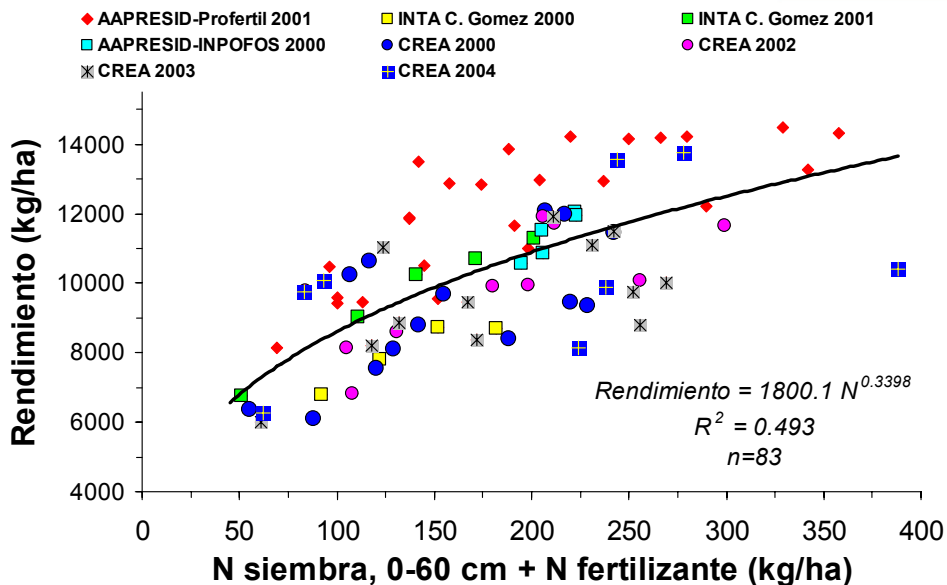
Diagnóstico de fertilidad nitrogenada para maíz



- *Balance de N*
- **Análisis de suelo en pre-siembra (0-60 cm)**
- *Indices de mineralización: N0 o MOP*
- *Uso de modelos de simulación: Sur, Maicero*
- *Análisis de suelo en V5-6 (0-20 o 0-30 cm)*
- *Sensores remotos: Green Seeker y otros*



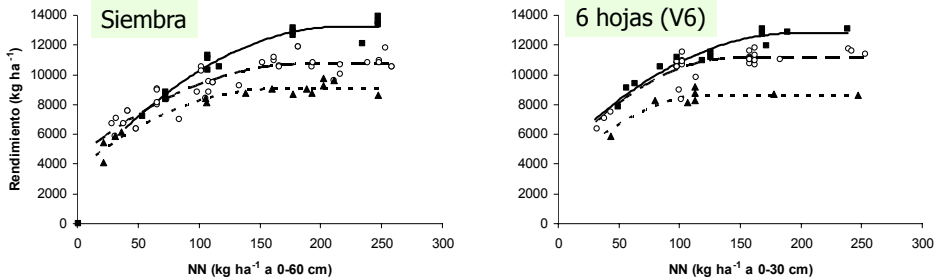
N disponible a la siembra y Rendimiento de Maíz



N disponible a la siembra y en V6 y rendimiento de maíz



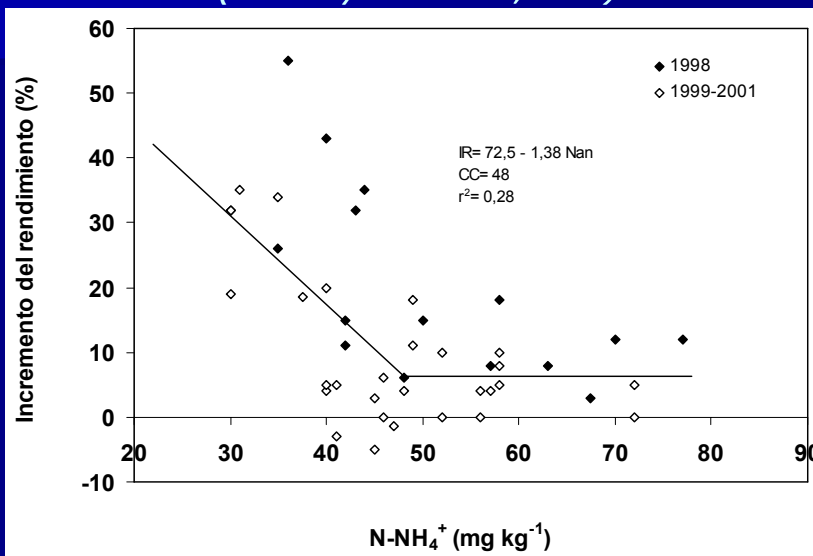
Pagani et al. (2008) – EEA INTA/FCA Balcarce



Condición	Siembra (0-60 cm)		V6 (0-30 cm)	
	N óptimo (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	N óptimo (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)
Favorable	209	13239	198	12825
Promedio	194	10713	145	11163
Poco favorable	160	9021	113	8664

Maíz: Respuesta a N en función del N-amonio acumulado por incubación anaeróbica

(Calviño y Echeverría, 2003)



Fertilizantes nitrogenados

Momento, Formas y Fuentes de aplicación

- Aplicaciones en 5-6 hojas son más eficientes bajo condiciones húmedas entre la siembra y la aplicación
- Aplicaciones a la siembra presentan similares eficiencias con bajas precipitaciones entre la siembra y 5-6 hojas
- La incorporación es la forma de aplicación más eficiente de cualquier fuente nitrogenada.
- Aplicaciones superficiales con temperaturas medias del aire mayores de 15°C durante 3-4 días resultan en pérdidas por volatilización de amoníaco a partir de fertilizantes que contengan urea.
- En aplicaciones superficiales de urea sobre un suelo/rastrojo seco, las pérdidas por volatilización son prácticamente nulas.
- Las pérdidas por volatilización e inmovilización serán potencialmente mayores a mayor cobertura de residuos.
- La aplicación en bandas superficiales concentradas de UAN o urea en superficie reduce el riesgo de volatilización y la inmovilización.



¿Cómo deberíamos manejar fósforo?

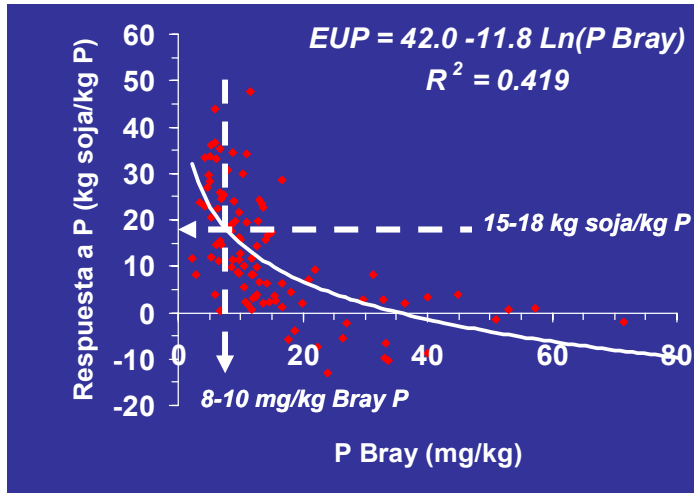
- Conocer el nivel de P Bray según análisis de suelo



Respuesta a P en Soja

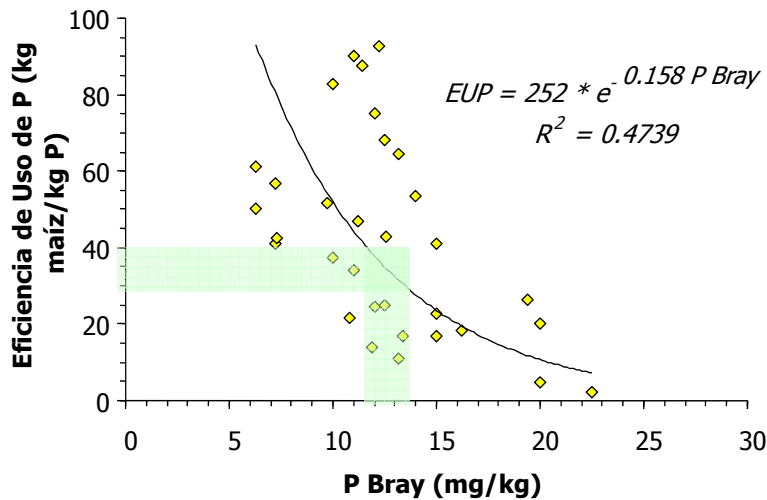
101 ensayos Región Pampeana Argentina (1996-2004)

Fuente: INTA, Proyecto INTA Fertilizar, FA-UBA, FCA-UNER y CREA Sur de Santa Fe



Eficiencia de uso del P aplicado en maíz

Recopilado de información de 35 ensayos de Región Pampeana
INTA, FA-UBA y CREA Sur de Santa Fe (1997-2004)



Para una eficiencia de indiferencia de 30-40 kg maíz/kg P,
el nivel crítico de P Bray sería de 11-14 mg/kg



¿Cómo deberíamos manejar fósforo?

- Conocer el nivel de P Bray según análisis de suelo
- Decidir
 - Fertilización para el cultivo (Suficiencia), o
 - Fertilización de “construcción y mantenimiento”: Implica mantener y/o mejorar el nivel de P Bray del suelo (Reposición)



Filosofías de Manejo de la Fertilización de nutrientes de baja movilidad

1. Suficiencia o Respuesta Estricta

- Se fertiliza solamente por debajo del nivel crítico.
- Para cada nivel debajo del nivel crítico distintas dosis determinan el óptimo rendimiento físico o económico.
- No consideran efectos de la fertilización en los niveles de nutriente en el suelo.
- Requiere buen conocimiento de las dosis óptimas para cada cultivo, y del nivel inicial y precisión en el análisis de suelo.
- Aumenta el retorno por kg de nutriente y también el riesgo de perder respuesta total y retorno a la producción.
- Requiere atención y cuidado, muestreo frecuente y formas de aplicación costosas.
- Buena opción para suelos “fijadores”, *lotes en arrendamiento anual*.



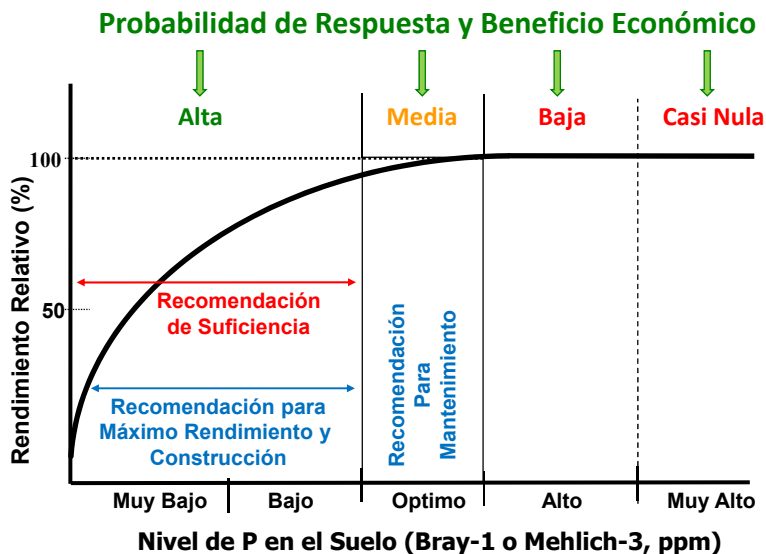
Adaptado de Mallarino (2006 y 2007)

Filosofías de Manejo de la Fertilización de nutrientes de baja movilidad

2. Construir al Nivel Deseado y Mantenerlo

- No se debe trabajar en la zona de deficiencia grave y probable.
- Si el nivel de P es bajo, se fertiliza no solo para alcanzar el máximo rendimiento, sino para asegurar que se sube el nivel inicial.
- Llegar al óptimo nivel en 4 a 6 años y mantenerlo, generalmente basado en la remoción de nutriente con las cosechas. Sencilla, fácil de implementar.
- Puede reducir el retorno por kg de nutriente pero también reduce el riesgo de disminuir el retorno a la producción.
- Menor impacto de errores de calibración de análisis de suelo, recomendaciones y de muestreo.
- No requiere muestreos frecuentes ni métodos de aplicaciones costosas.
- Razonable en suelos poco o no "fijadores", *lotes de propiedad*.

Adaptado de Mallarino (2006 y 2007)



Adaptado de Mallarino, 2007



Soja

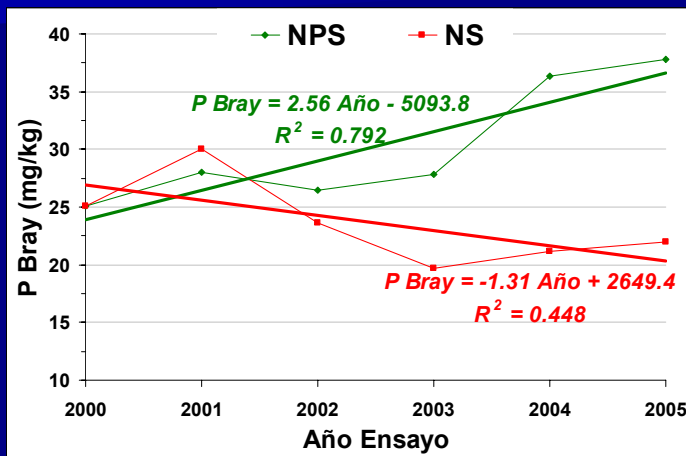
Recomendación de fertilización fosfatada según criterio de suficiencia

Categoría de P extractable	Rendimiento (kg/ha)		
	< 3000	3000-5000	>5000
Dosis de P (kg P/ha)			
Muy Bajo	20	30	30+
Bajo	10	15	20
Medio	0	0	10
Alto	0	0	0
Muy Alto	0	0	0

García et al., 2008

Evolución de P Bray según manejo de la fertilización

Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe
Promedios para rotación Maíz-Soja-Trigo/Soja (6 años)



Fuente: CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP

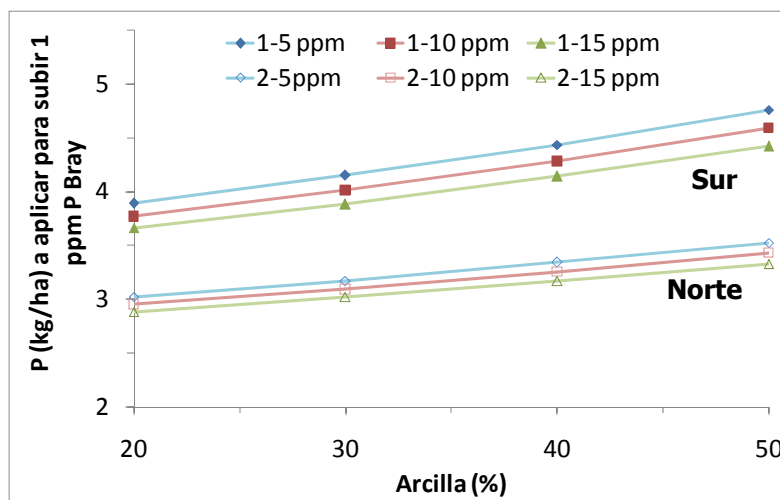
¿Cuánto kg de P debo aplicar para subir 1 ppm de P Bray?

Factores: Nivel P Bray 1 inicial, Textura, Tiempo que se considera,
Extracción de P por granos o forrajes

Referencia	Necesidad de P kg P/ppm P Bray	Comentarios
Grattone y Berardo (2000)	6.7	SE Buenos Aires, 1 año, extracción incluida
Berardo et al., com. pers.	9.1	7 años, sin extracción
Ventimiglia et al., com.pers.	10	7 años, sin extracción
Bianchini et al., com. pers.	5.5	1 año, sin extracción, P Bray inicial 22.5 ppm
Rubio et al. (2007)	2.9-6.0	45 días, sin extracción, según P Bray inicial, Arcilla, y Zona
Red CREA Sur de Santa Fe (2006)	6.4-6.8 10.1-13.3	7 años, sin extracción P Bray inicial > 25 ppm P Bray inicial < 25 ppm

¿Cuánto kg de P debo aplicar para subir 1 ppm de P Bray en Región Pampeana? Dosis según P Bray inicial, % de Arcilla y Zona

Rubio et al. (2007) - FAUBA



Asume densidad aparente de 1.1 t/m³ y profundidad de 0-20 cm

Soja: Eficiencia agronómica y balance parcial de P en 15 ensayos realizados en la región pampeana norte

Campaña 2003/04

Fuente: Melchiori et al. (2004), Proyecto INTA-IPNI-Mosaic

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Eficiencia Agronomica (kg soja/kg P)	Balance P suelo (kg P en el suelo)
Testigo	3135	-	-16.9
P10	3372	24	-8.2
P20	3557	21	+0.8
P30	3695	19	+10.0



Deficiencia y Respuesta a Azufre en Soja

Don Osvaldo – Camilo Aldao, Córdoba – 2006/07

Situaciones de deficiencia de azufre

- Suelos con bajo contenido de materia orgánica, suelos arenosos
- Sistemas de cultivo mas intensivos, disminución del contenido de materia orgánica

Diagnóstico de deficiencia de azufre

- Caracterización del ambiente
- Nivel crítico de 10 ppm de S-sulfatos (en algunas situaciones)
- Balances de S en el sistema



Maíz y Soja: Respuesta a S en el Sudeste de Buenos Aires

L. Boga (Mosaic) – Campañas 2005/06 y 2007/08

Soja Variedad	Sin S	10 kg S
3901	2624 b	2919 a
3100	2970 b	3253 a
3700	3154 b	3473 a
3702	2722	2844

Respuesta a S promedio de 255 kg/ha
Promedios de 8 localidades

Maíz Localidad	Sin S	10 kg S
Yraizos	7648	8205
Necochea	8801	10132
Bellocoq	6931	7250

Tendencia de respuesta a S de 736 kg/ha
Promedios de 3 localidades

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE APLICACIÓN DE P Y S



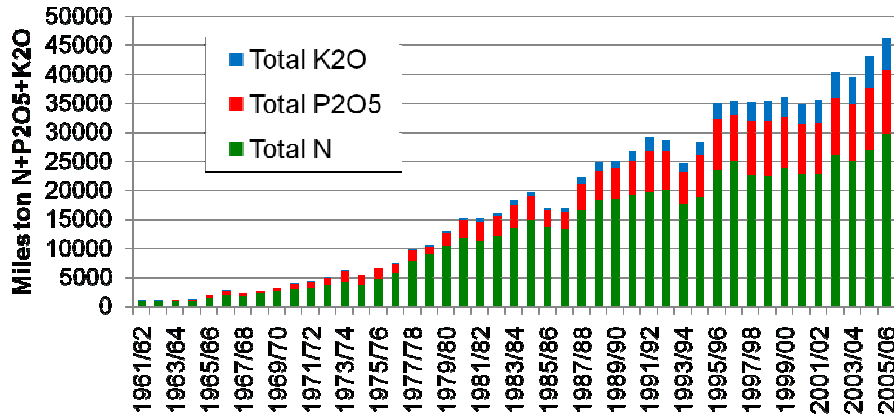
- Alternativa de P al voleo bajo siembra directa en aplicaciones anticipadas al menos 60 días a la siembra del cultivo
- Las aplicaciones de S pueden realizarse al voleo o en línea.
- Las fuentes fosfatadas solubles presentan similares eficiencias de uso (FDA, FMA, SFT o SFS)
- Las fuentes azufradas que contienen sulfatos presentan similares eficiencias de uso. El yeso, de menor solubilidad, debe aplicarse en partículas de tamaño pequeño para permitir un buen contacto con el suelo y facilitar su disolución
- Considerar la calidad del yeso a utilizar

Fertilizantes azufrados



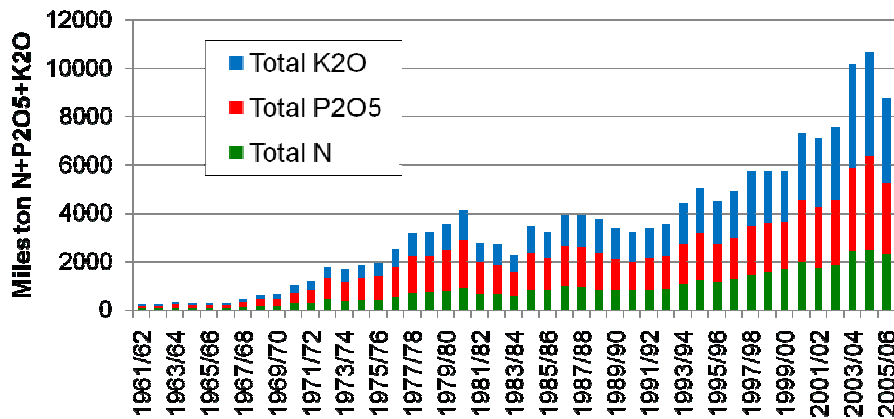
Fertilizante	Azufre	Otros elementos
	%	%
S elemental	85-100	
Sulfato de calcio (Yeso)	15-19	
Sulfato de amonio	24	21 N
Sulfato de magnesio y potasio	22	11 Mg 22 K ₂ O
Sulfonitrato de amonio	14	26 N
Sulfato de magnesio	23	10 Mg
Sulfato de potasio	17-18	50 K ₂ O
Superfosfato simple	12-14	20 P ₂ O ₅
Superfosfato triple	1.5	46 P ₂ O ₅
Tiosulfato de amonio	26	12 N
Mezclas químicas	Variable	Variables

Consumo de fertilizantes de China (1961-2005)



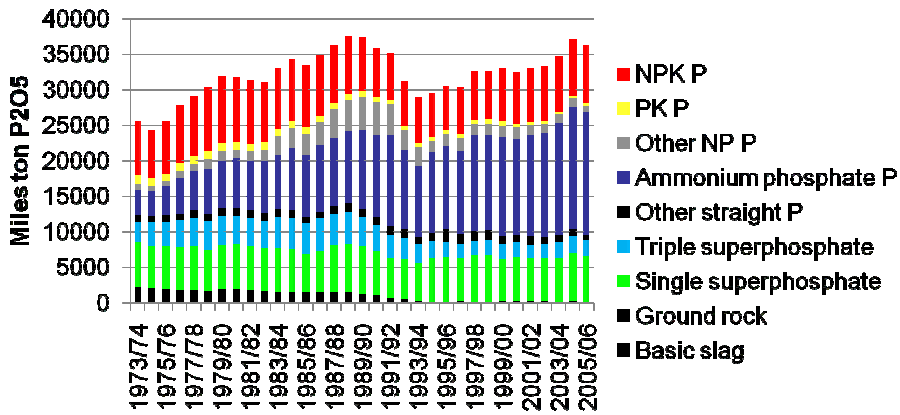
Fuente: IFA, 2007

Consumo de fertilizantes de Brasil (1961-2005)



Fuente: IFA, 2007

Consumo mundial de P₂O₅ (1974-2005)

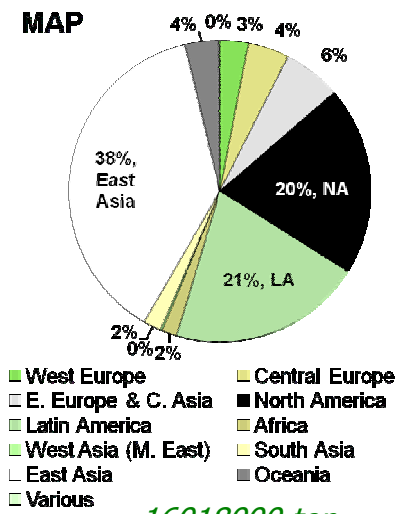


Fuente: IFA, 2007

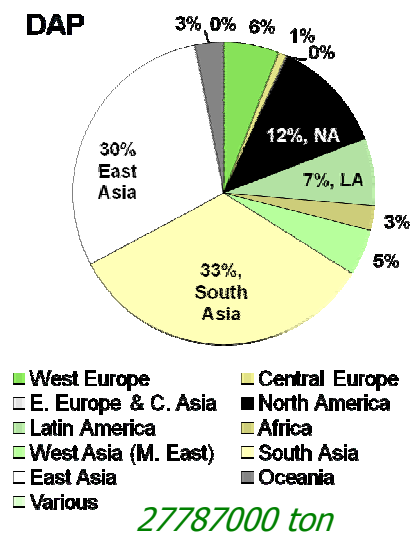
Consumo mundial de P₂O₅



MAP

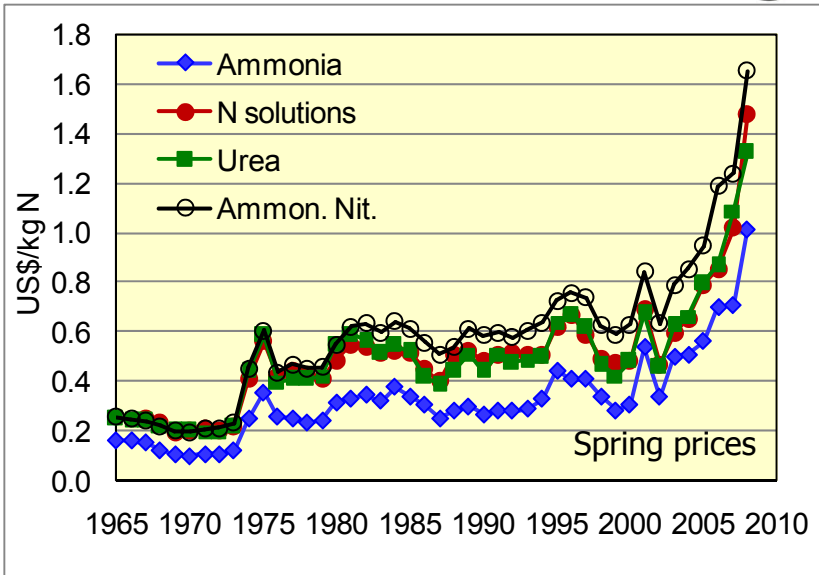


DAP



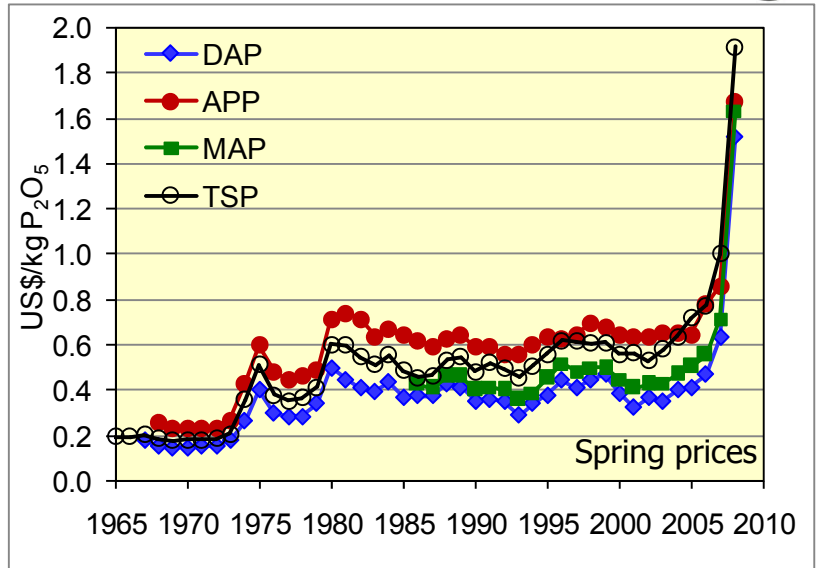
Fuente: IFA, 2007

N: Precios minoristas en EE.UU. 1965-2008



Fuente: USDA-NASS, 2008.

P₂O₅: Precios minoristas en EE.UU. 1965-2008



Fuente: USDA-NASS, 2008.

CONSIDERACIONES FINALES



- Necesidad de intensificar con mayores eficiencias de uso
- La fertilización de cultivos debe manejarse en función de la cuantiosa información experimental
- “El proceso productivo no se reduce a un único ciclo agrícola”
- Aplicar las MPM de fertilizantes: dosis correcta, fuente adecuada, momento correcto y ubicación correcta del fertilizante.
- En una campaña “difícil” como la 2008/09, debemos tener presente las principales MPM:
 - Análisis de suelo como herramienta básica en la toma de decisión de la fertilización.
 - Mantener fertilizaciones balanceadas según las necesidades del lote y el cultivo.
 - El uso de dosis correctas, es decir necesarias para alcanzar máximos rendimientos económicos, resulta en el mayor retorno económico, no solamente de la inversión en fertilizantes, sino también de la tierra, y de otros recursos e insumos.