



Región CREA Centro
Jornada de Actualización Técnica Agrícola
El desafío de la eficiencia
Rio Cuarto, 3 de Septiembre de 2008

La eficiencia en la fertilización

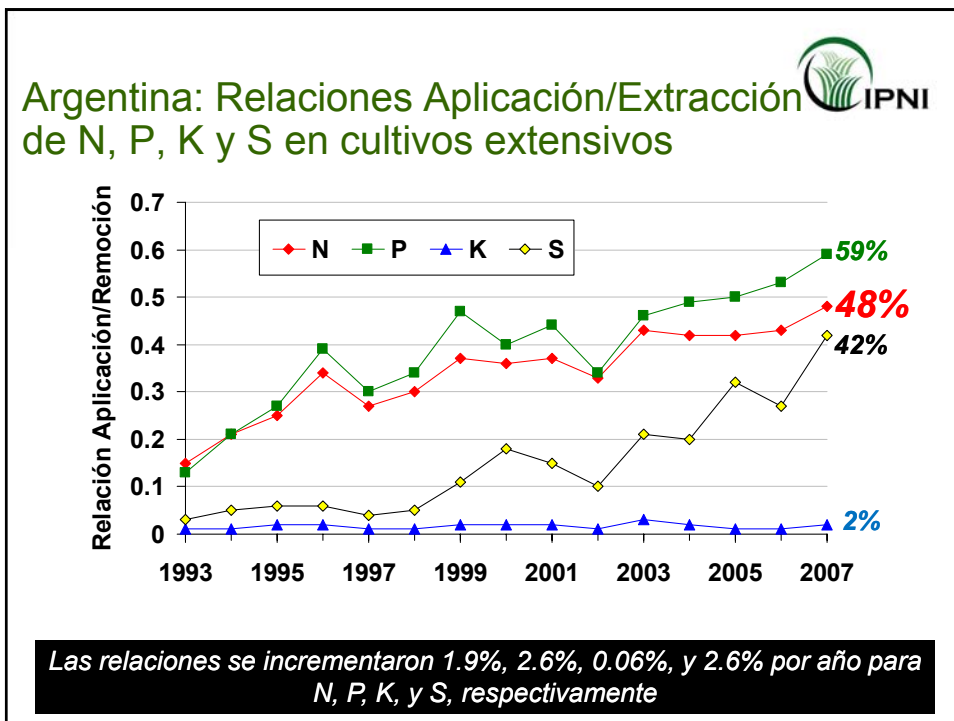
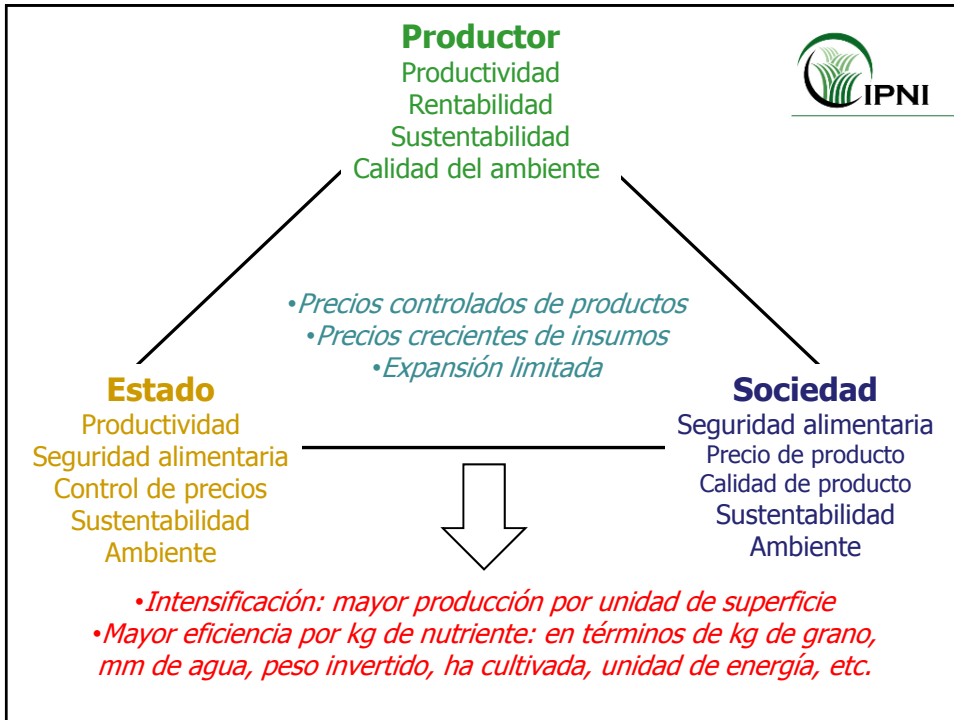
Fernando O. Garcia
IPNI Cono Sur
fgarcia@ipni.net
www.ipni.net/lasc

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***



Indicadores de eficiencia de uso de N en trigo y maíz en Argentina



Nivel	Balance parcial de N (N aplicado / N extraído)	Productividad parcial del factor N (Rendimiento / N aplicado)
Cultivos de grano ¹	0.48	131
Maíz	0.87	87
Trigo	1.04	53

¹Incluye maíz, trigo, soja y girasol. Para soja, se estimó que el 50% del N absorbido provenía de la FBN.

Indicadores de eficiencia de uso de N en trigo y maíz en Argentina

Ejemplo de ensayos



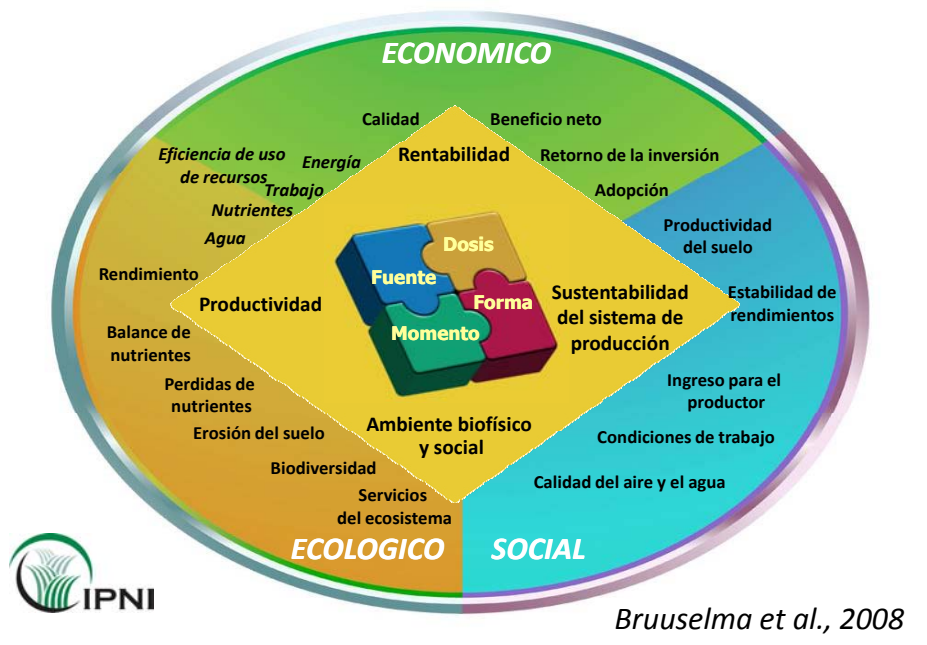
Indicador	Maíz (Rillo y Richmond, 2006 - INTA 9 de Julio)	Trigo (García y Fabrizio, 1998 - INTA/FCA Balcarce)
Eficiencia agronómica (Respuesta / N aplicado)	28-32	23-44
Eficiencia de recuperación (N absorbido / N aplicado)	0.70-0.80	0.62-0.85
Productividad parcial de N (Rendimiento / N aplicado)	65-91	38-91
Balance parcial de N (N extraído / N aplicado)	0.9-1.2	0.70-1.33



Indicadores de eficiencia de uso de N en maíz en la Región Centro

Nivel	Balance parcial de N (N aplicado / N extraído)	Productividad parcial del factor N (Rendimiento / N aplicado)
Promedio	0.65	117
10% Superior	0.62	122
Cuartil superior	0.60	127

Las Mejores Prácticas de Manejo de Fertilizantes (MPMF)

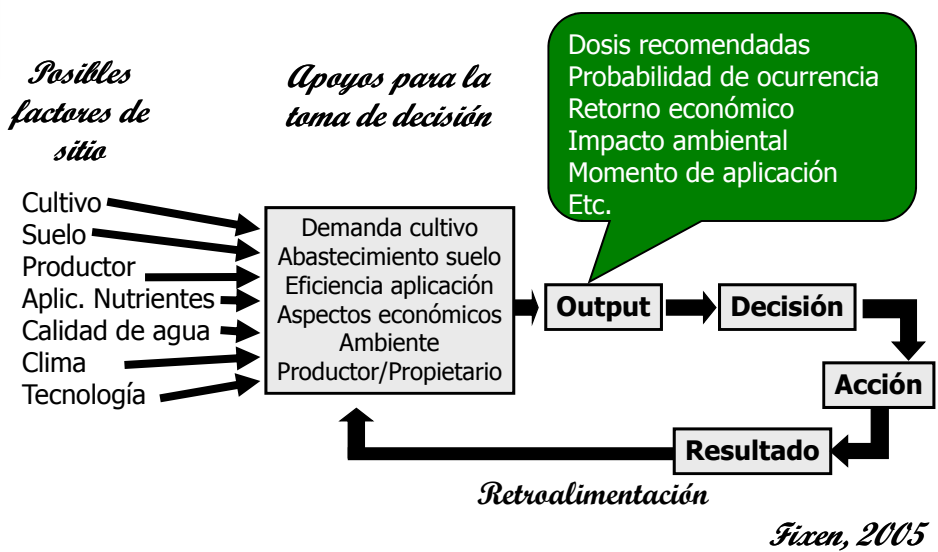


Las Mejores Prácticas de Manejo de Fertilizantes (MPMF)



- 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



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

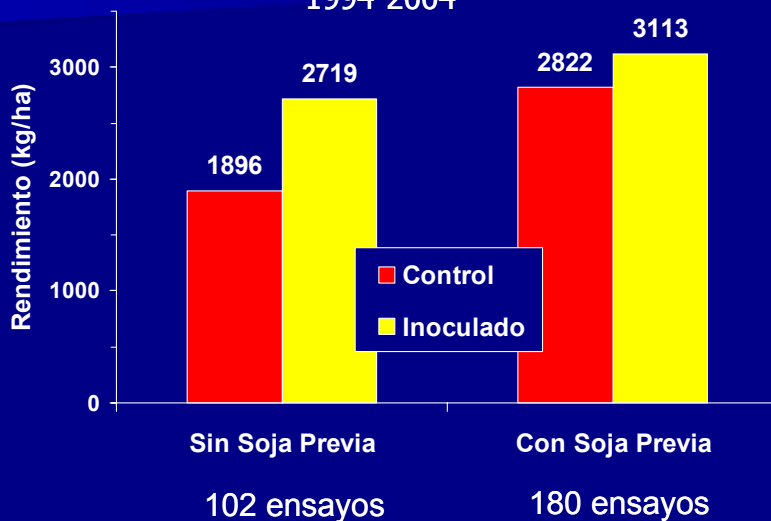
Nutriente	Requerimiento <i>kg/ton</i>	Índice de Cosecha <i>%</i>	Rendimiento de 5000 kg/ha	
			Necesidad <i>kg</i>	Extracción <i>kg</i>
N	75	73	332	242
P	7	85	31	26
K	39	48	173	83
Ca	16	19	71	134
Mg	9	40	40	16
S	4	70	18	12

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 y trigo

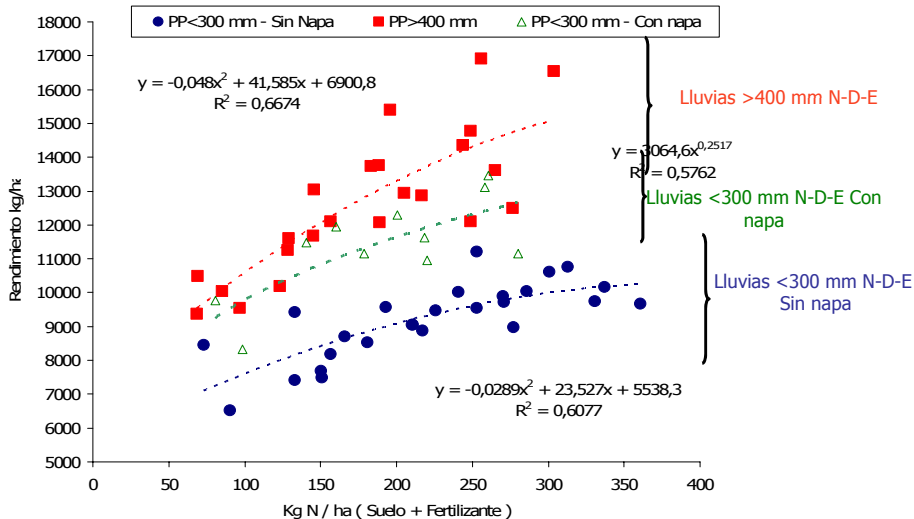


- *Balace de N*
- **Análisis de suelo en pre-siembra (0-60 cm)**
- *Indices de mineralización: N0 o MOP*
- *Uso de modelos de simulación: Sur, Triguero/Maicero*
- *Análisis de suelo en V5-6 (0-20 o 0-30 cm) o en macollaje*
- *Sensores remotos: Green Seeker y otros*

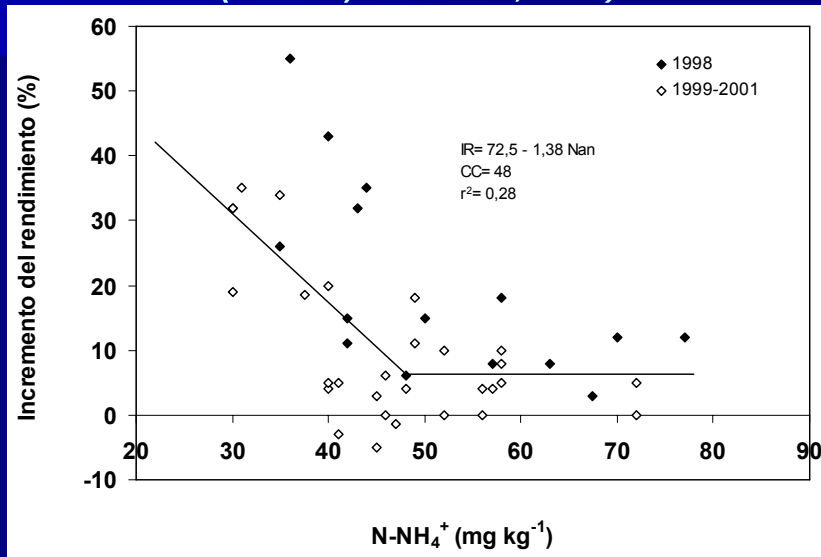
CREA Monte Maíz y Monte Buey-Inrville

Campañas 2003/04, 2004/05 y 2005-06

Respuesta de N en Maíz dependiendo lluvias en el periodo critico

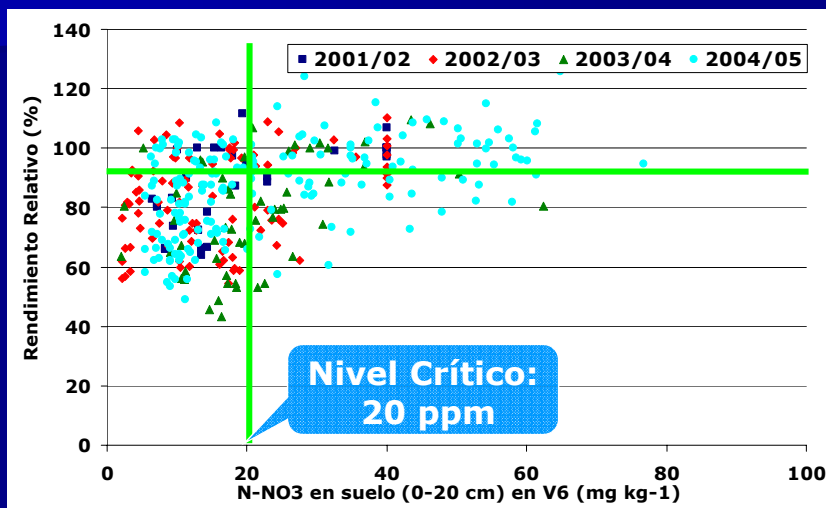


Maíz: Respuesta a N en función del N-amonio acumulado por incubación anaeróbica (Calviño y Echeverría, 2003)



Fertilización N en Maíz

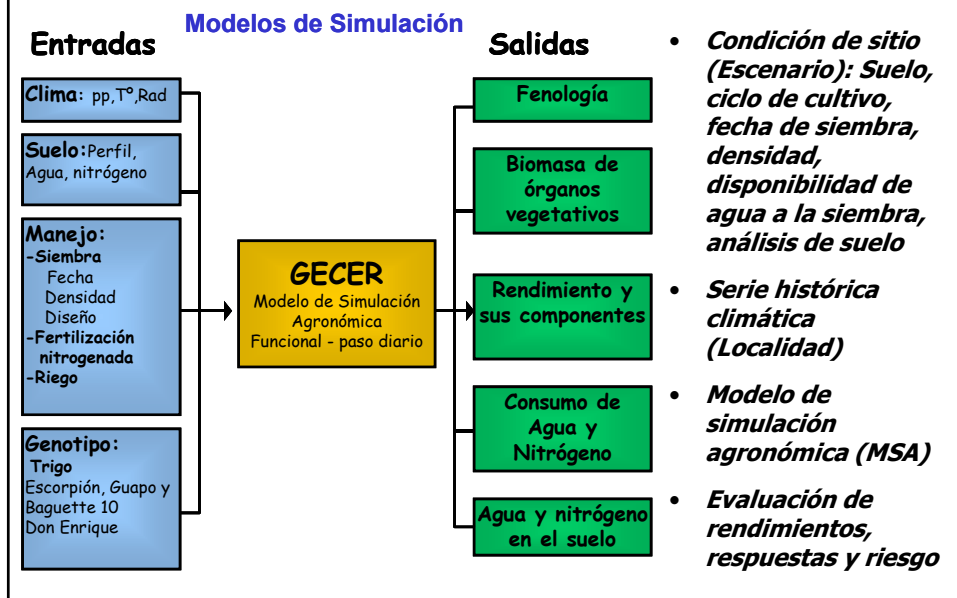
Red de Ensayos AAPRESID-Profertil 2001/02 – 2004/05
23 sitios en Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, y Santa Fé



Bianchini, 2005

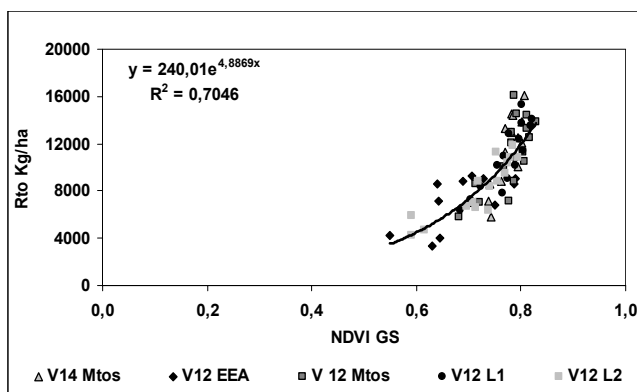
Uso de modelos de simulación para el manejo de la fertilización nitrogenada

E. Satorre y colaboradores - AACREA-Facultad de Agronomía (UBA)



Relación entre el NDVI determinado con un sensor GreenSeeker® en distintos estadios y el rendimiento de maíz

Melchiori y col. 2005 - EEA INTA Paraná



NDVI, Índice normalizado de diferencias de vegetación

Fertilizantes nitrogenados Momento de aplicación

- En trigo, aplicaciones al macollaje o divididas son más eficientes bajo condiciones húmedas entre la siembra y el final del macollaje, pero aplicaciones a la siembra presentan mayores eficiencias en condiciones secas entre la siembra y fin de macollaje
- En maíz, aplicaciones en 5-6 hojas son más eficientes bajo condiciones húmedas entre la siembra y la aplicación, pero aplicaciones a la siembra presentan similares eficiencias con bajas precipitaciones entre la siembra y 5-6 hojas

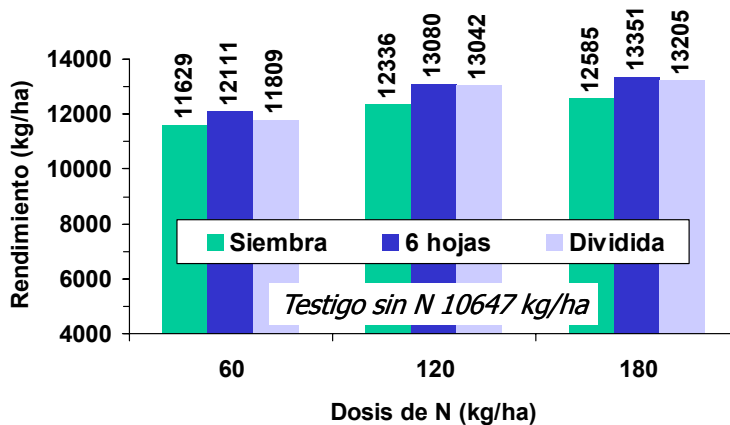
Fertilizantes nitrogenados Formas y Fuentes de aplicación

- La incorporación es la forma de aplicación más eficiente de cualquier fuente nitrogenada.
- Aplicaciones superficiales con temperaturas medias del aire menores de 15°C durante tres días resultan en bajas pérdidas por volatilización de amoníaco a partir de fertilizantes que contengan urea.
- 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.
- Controlar posibles efectos fitotóxicos en aplicaciones junto con la semilla

Maíz: Momentos de Aplicación del N

Gudelj y col. – EEA INTA Marcos Juárez

Promedios de 6 lotes en Marcos Juárez - 2000/01



Diferencias significativas Siembra vs. 6 hojas en 3 de los 6 lotes

- Siembras del 7 al 11/10/00 – Precipitaciones Siembra-6 hojas de 256 mm
- Aplicación de N como urea: al voleo a la siembra e incorporada a las 6 hojas
- 66 mm de precipitación inmediatamente después de la aplicación a la siembra

Inhibidores de la ureasa

Maíz de primera en Rafaela (Santa Fe)

Fontanetto, Bianchini y col., 2007/08



Tratamiento	Perdidas N-NH ₃	Rendimiento	Eficiencia agronómica
	%	kg/ha	kg maíz/kg N
Testigo	-	7334	-
Urea 70N	10	8381	15
Urea 140N	25	9623	16
Urea 70N + NBPT	4	9166	26
Urea 140N + NBPT	6	10368	22

Fertilización nitrogenada de trigo según ambientes de loma y bajo en el centro de Córdoba

Bragachini y col., EEA INTA Manfredi (Córdoba) – Campaña 2003/04

Antecesor	Posición	N a la siembra (kg/ha)	Contenido de agua útil (mm)			Dosis optima económica de N (kg N/ha)	Rendimiento a dosis optima (kg/ha)	Eficiencia agronómica (kg /kg N)
			Siembra	Floración	Madurez			
(kg)								
Soja	Loma	172	200	16	2	77	3600	47
	Bajo	142	303	99	41	77	3800	49
Maíz	Loma	97	223	31	40	28	1800	64
	Bajo	133	434	258	215	112	4300	38

Vicia como cobertura invernal para maíz (J. Romagnoli. Monte Buey, 2007/08)



5000 kg MS → 130 kg/ha de N

¿Cómo deberíamos manejar fósforo?

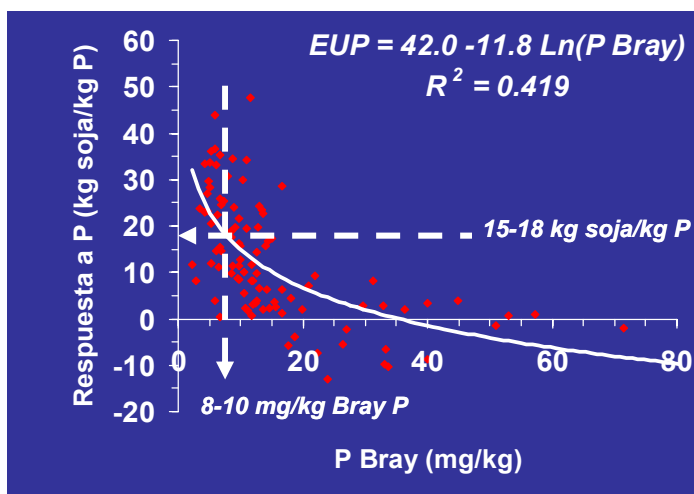
- Conocer el nivel de P Bray según análisis de suelo



Respuesta a P en Soja

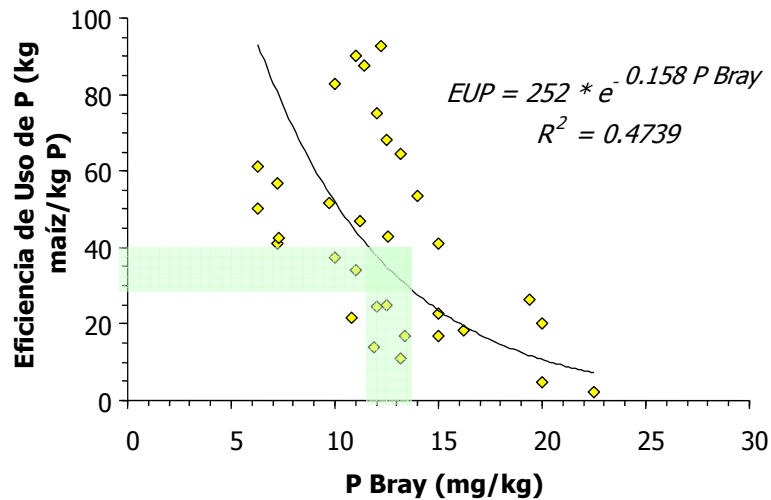
101 ensayos Región Pampeana Argentina (1996-2004)

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)



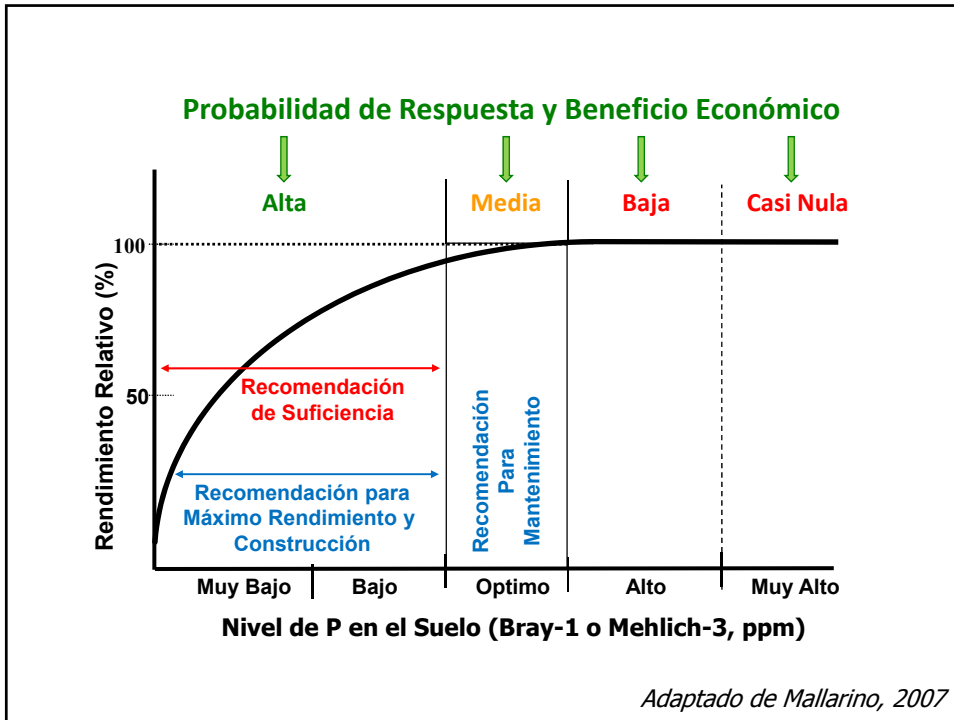
Filosofías de Manejo de la Fertilización de nutrientes de baja movilidad


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)







Soja

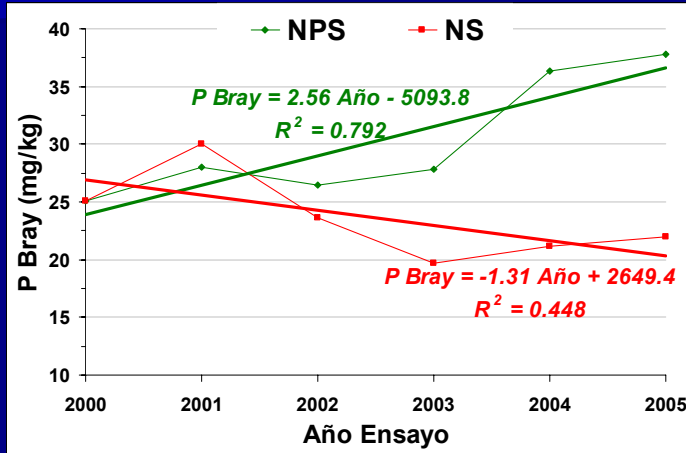
Recomendación de fertilización fosfatada según criterio de suficiencia

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

Garcia 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

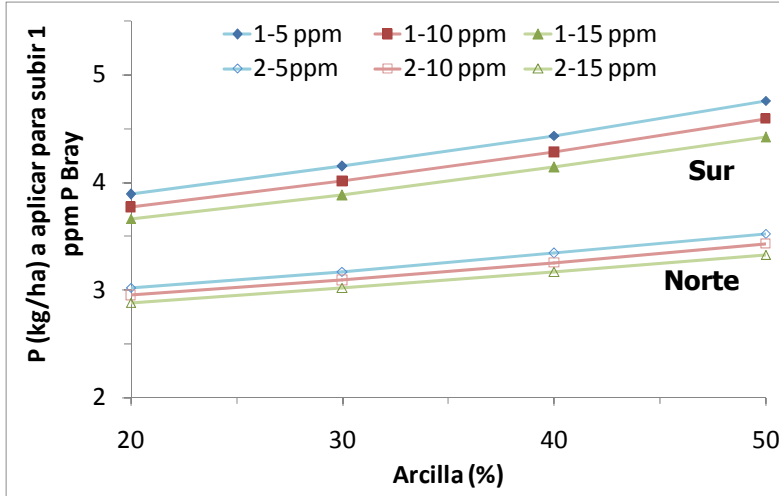
¿Cuánto kg de P debo aplicar para subir 1 ppm de P Bray?

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

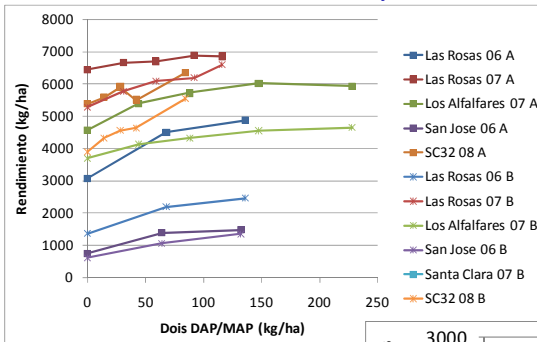
Rubio et al. (2007) - FAUBA



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

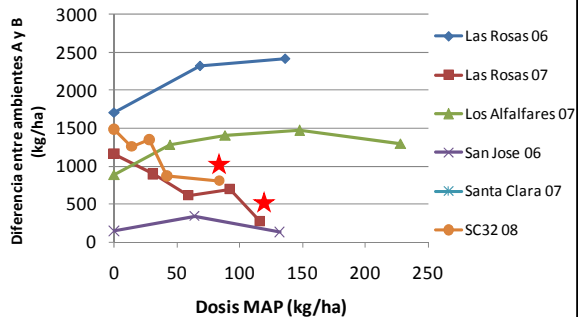
Trigo: Fertilización por ambiente – Sur de Córdoba

G. Telleria y col. – A&T Tecnologías



- Ambientes Alta Producción (A)
- Ambientes Producción Promedio (P)
- Ambientes Baja Producción (B)

•En dos de los seis sitios, la dosis óptima de MAP fue mayor en B que en A (★).
 •En los otros cuatro sitios, las dosis óptimas fueron similares





Deficiencia y Respuesta a Azufre en Soja

Don Osvaldo – Camilo Aldao, Córdoba – 2006/07

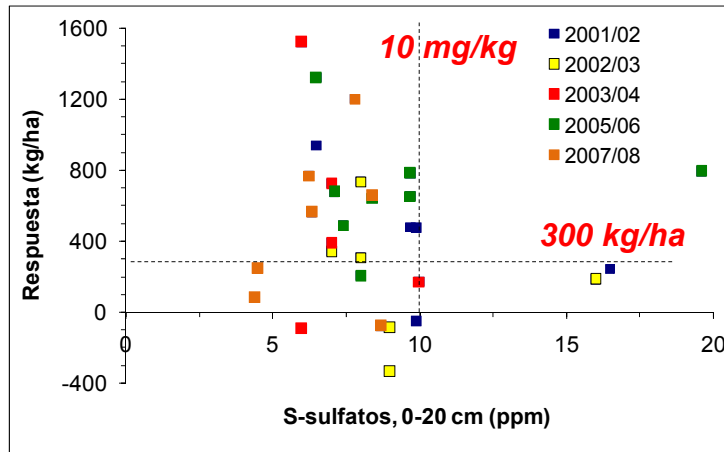
Situaciones de deficiencia de azufre

- 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

Soja I y II Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe



La probabilidad de respuesta de la soja a la fertilización azufrada fue del 70% cuando la concentración de S-sulfatos a 0-20 cm a la siembra de la soja de primera o del trigo fue inferior a 10 mg/kg

Fuente: CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP

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

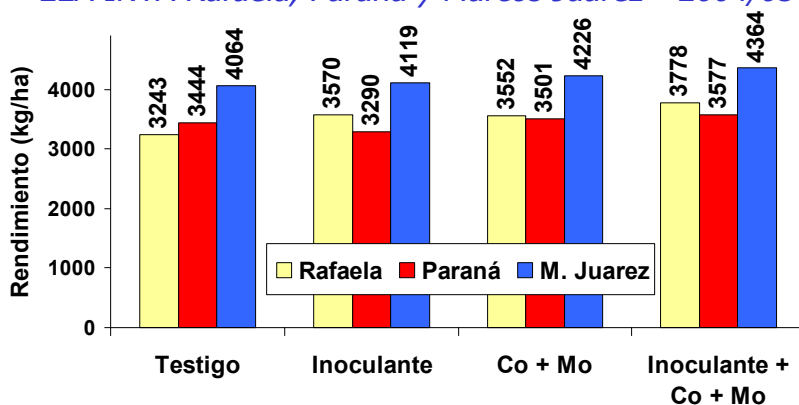
Fertilizantes azufrados



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

Efecto de la inoculación y Co + Mo sobre los rendimientos de soja

EEA INTA Rafaela, Paraná y Marcos Juárez - 2004/05



Respuestas Promedio

Inoculación 76 kg/ha
Co + Mo 176 kg/ha
Inoculación + Co + Mo 323 kg/ha

Deficiencia de Zn en maíz



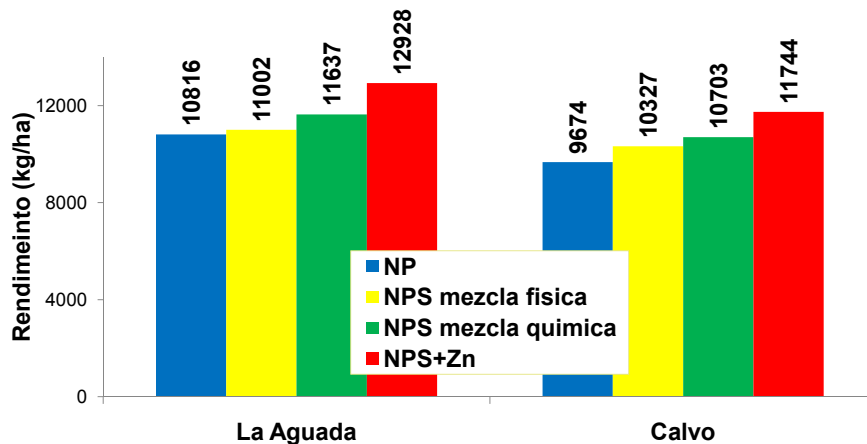
Amarillamiento internerval observable en las hojas más desarrolladas de un cultivo de maíz de tres semanas bajo siembra directa

Fuente: S. Ratto y F. Miguez (2006)

Zinc en Maíz



Universidad Nac. Rio Cuarto/Mosaic – Campaña 2007/08

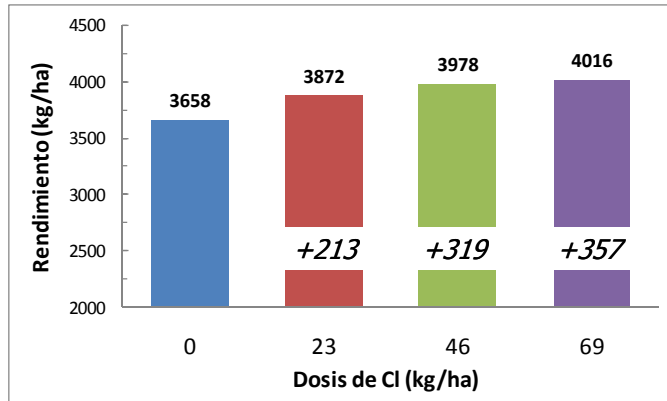


Dosis de 11-21 kg de S y 1 kg de Zn

Cloro en Trigo

Rendimientos promedio para cuatro dosis de Cl, en ensayos con respuesta realizados en la región pampeana argentina entre los años 2001 y 2006

Los rendimientos se promediaron para distintas fuentes de Cl y variedades



- 10 de 26 sitios (38%) con respuesta a Cl
- Cl (0-20 cm) superior a 35 mg Cl/kg o Cl disponible (0-60 cm) superior a 65-70 kg Cl/ha con rendimientos relativos mayores al 90% del rendimiento máximo y respuestas a la aplicación de Cl menores de 250 kg/ha.
- Diferencias en respuesta entre variedades para un mismo ambiente

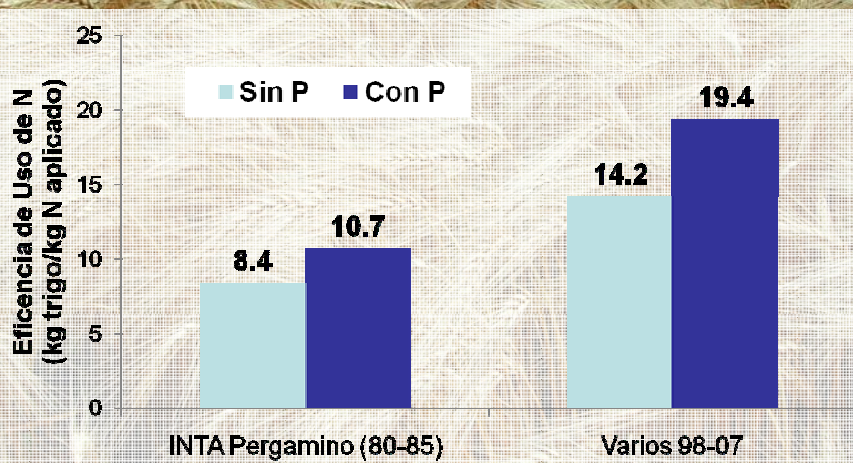
Producción de maíz según tratamientos de semillas con una formulación líquida con *Azospirillum brasilense*. Campañas 2002/03 a 2006/07

Rendimiento Alcanzable (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)			Respuesta		Eficiencia Agronómica
	Casos	Control	<i>A. brasilense</i> A. (liq.)	kg/ha	%	
< 6000	13	4811	5130	320	10	62
6001 - 8000	34	6783	7219	436	7	82
8001 - 10000	44	8532	9085	553	7	91
10001 - 12000	43	10290	10881	572	6	86
> 12000	17	12821	13343	522	4	76
Total	151	8801	9305	503	6.5	85%

Fuente: Díaz-Zorita y col. (2008)

Trigo: Eficiencia de uso de N sin y con aplicación de P

Compilado de Senigagliaesi et al. (1987) y varios autores (1998-2007)

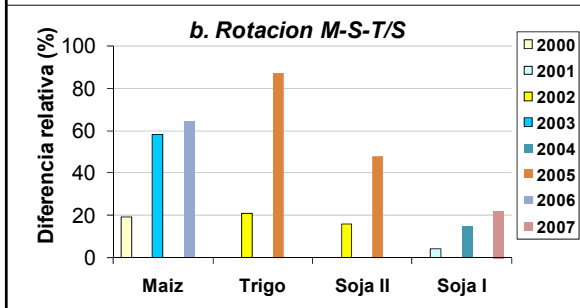
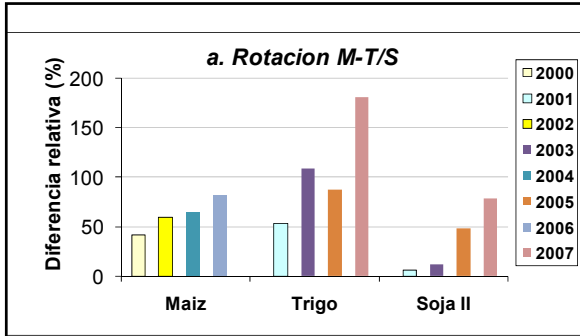


Eficiencia de uso y consumo de agua en maíz bajo diferentes tratamientos de fertilización

Don Osvaldo 2005/06, G. Beltramo y col. (AAPRESID)

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	EUA (kg/mm)	Consumo (mm)	Agua a Madurez (mm)
Testigo	4088	8.9	461	51
NP suficiencia	5211	11.4	452	88
NPS suficiencia	9334	19.6	475	39
NPS reposición	10901	21.9	498	40

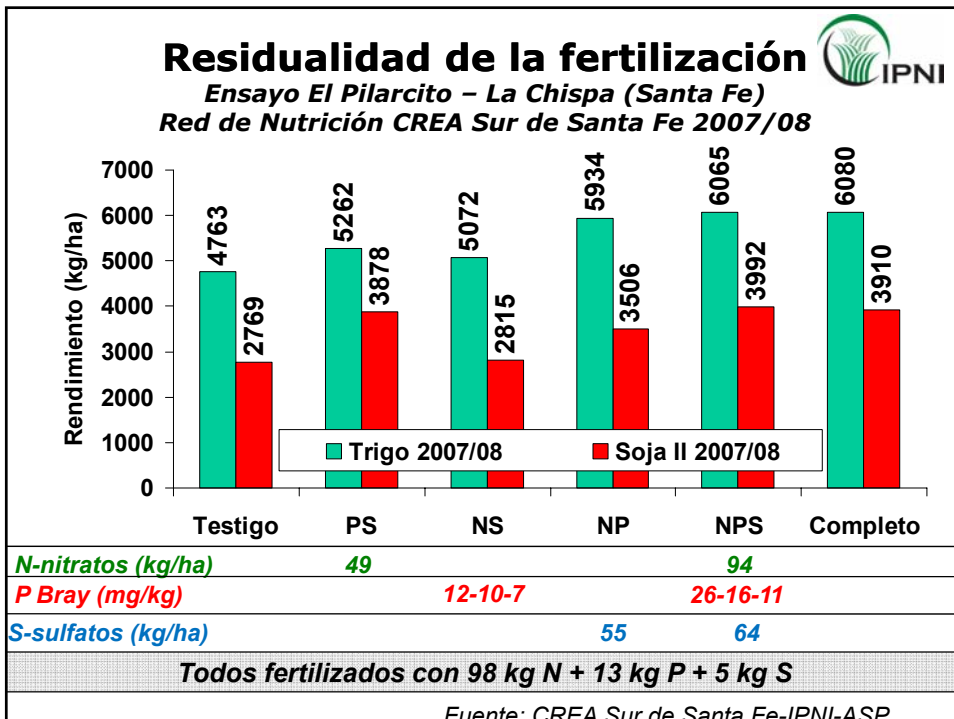
Precipitaciones siembra a madurez
386 mm



Diferencias relativas de los rendimientos en grano promedio entre los tratamientos Testigo y NPS para las rotaciones M-T/S (a) y M-S-T/S (b)

Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe, Campañas 2001/02 a 2007/08

Fuente: CREA Sur Santa Fe-IPNI-ASP



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.

Muchas Gracias!



**Presentación disponible en
WWW.IPNI.NET/LASC**