



**Jornada SOJA + MAIZ**  
**Soja con Sustentabilidad 2008**



## Las mejores prácticas de manejo de fertilizantes *Desafíos para soja y maíz en la campaña 2008/09*

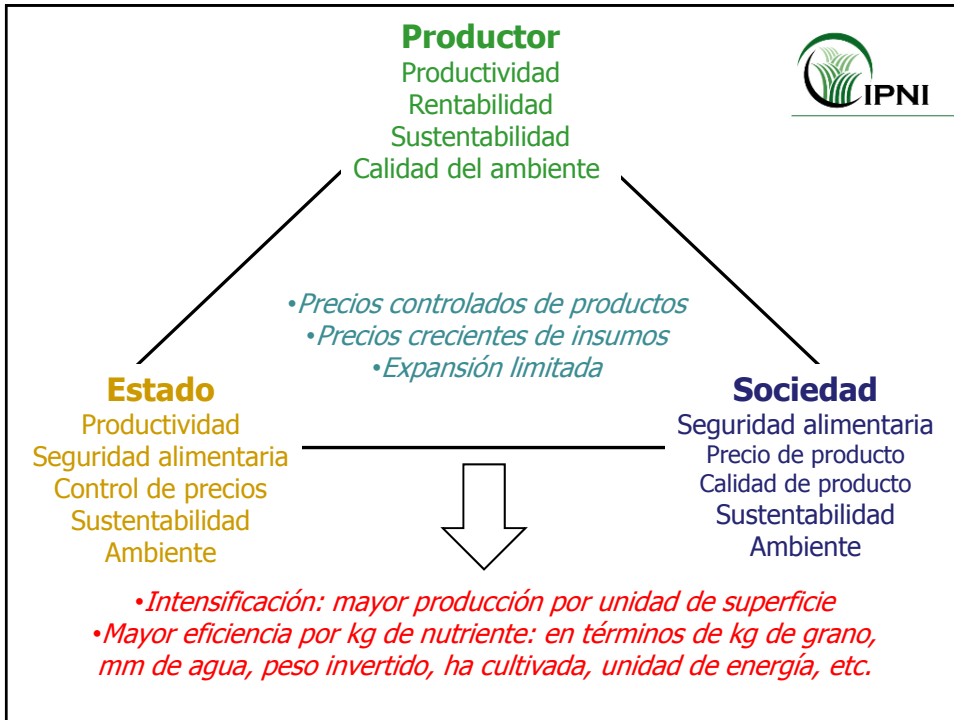
**Fernando O. Garcia**  
**IPNI Cono Sur**  
**[fgarcia@ipni.net](mailto:fgarcia@ipni.net)**  
**[www.ipni.net/lasc](http://www.ipni.net/lasc)**

### 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***

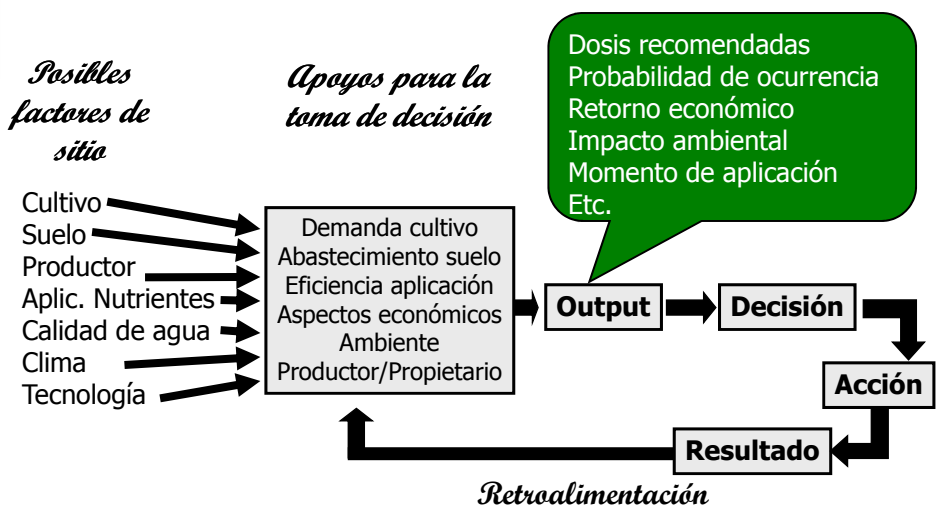


## Las Mejores Prácticas de Manejo de Fertilizantes (MPMF)



- 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](http://www.ipni.net/lasc)*

# Necesidades nutricionales de soja



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

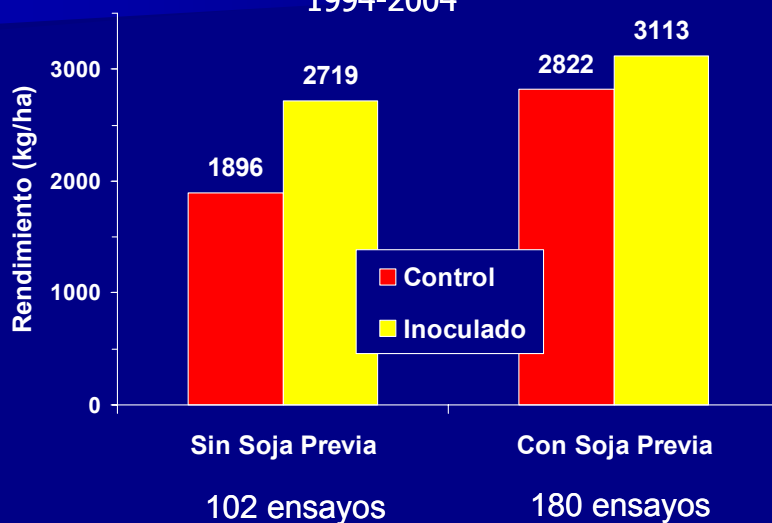
Nutriente	Requerimiento <i>kg/ton</i>	Índice de Cosecha <i>%</i>	Rendimiento de 5000 kg/ha	
			Necesidad <i>kg</i>	Extracción <i>kg</i>
N	75	73	332	242
P	7	85	31	26
K	39	48	173	83
Ca	16	19	71	134
Mg	9	40	40	16
S	4	70	18	12

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

## Inoculación de soja

A. Peticari – INTA Castelar-Inocular

1994-2004

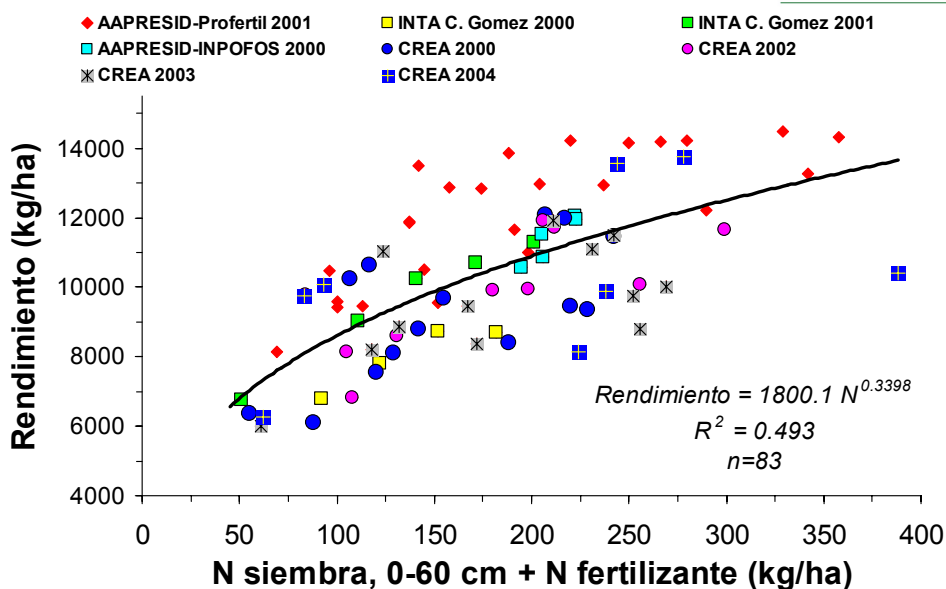


## Diagnóstico de fertilidad nitrogenada para maíz



- *Balance de N*
- **Análisis de suelo en pre-siembra (0-60 cm)**
- *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*

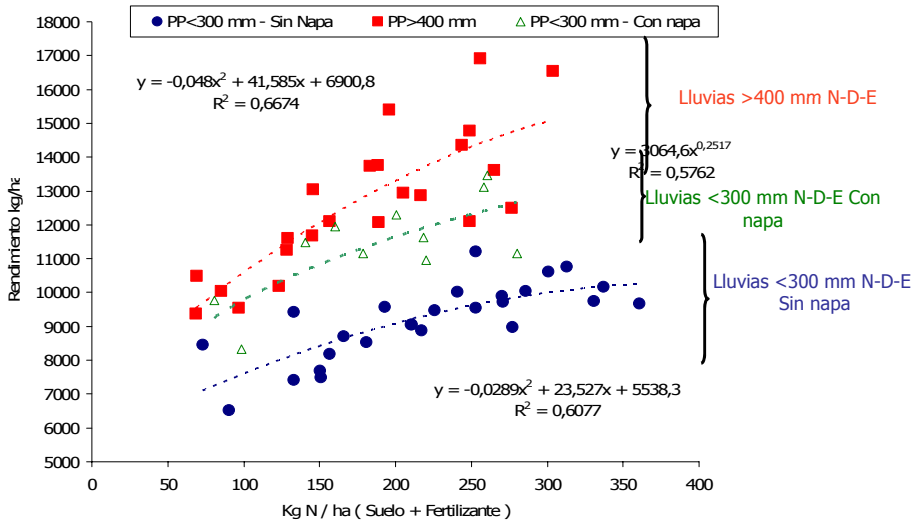
## N disponible a la siembra y Rendimiento de Maíz



## 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



## 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?

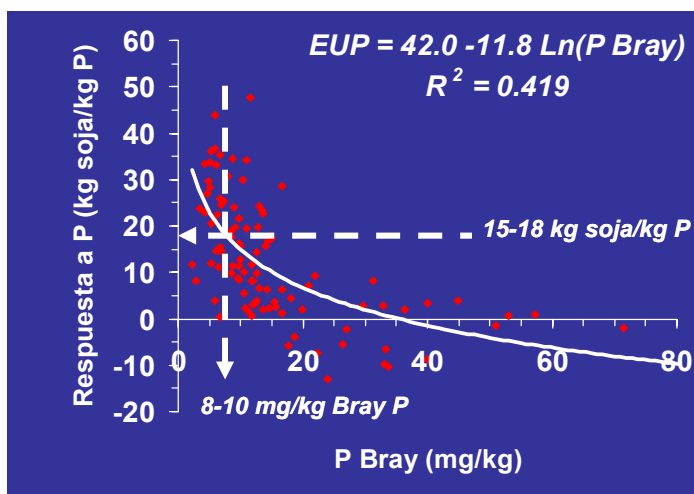
- Conocer el nivel de P Bray según análisis de suelo



## Respuesta a P en Soja

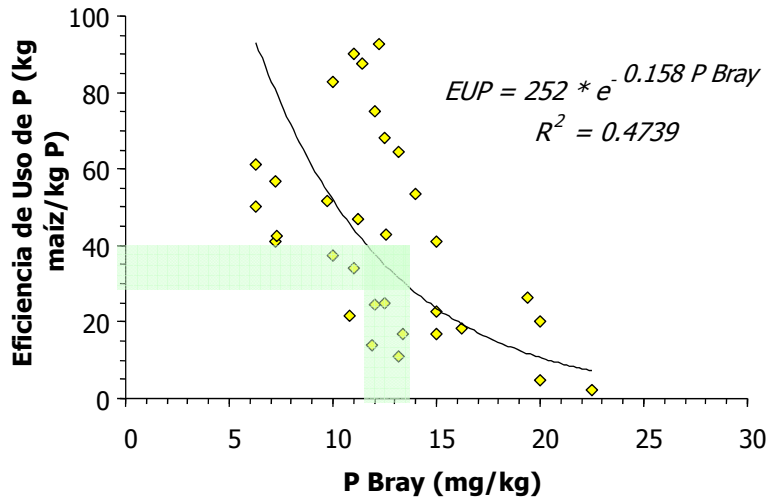
101 ensayos Región Pampeana Argentina (1996-2004)

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)**



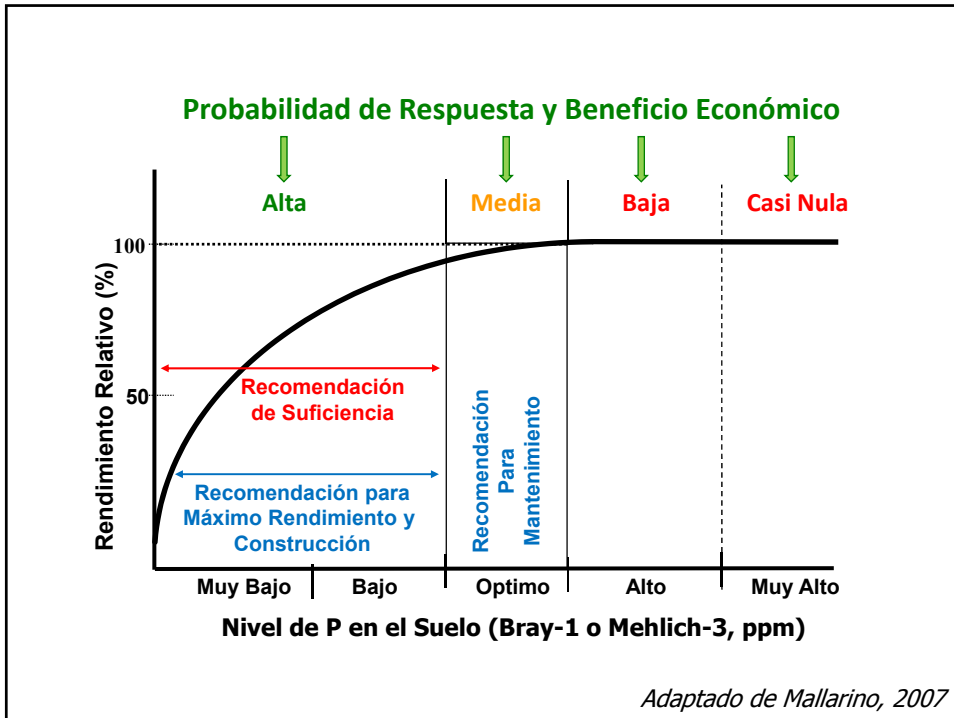
## *Filosofías de Manejo de la Fertilización de nutrientes de baja movilidad*


### **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)**







## Soja

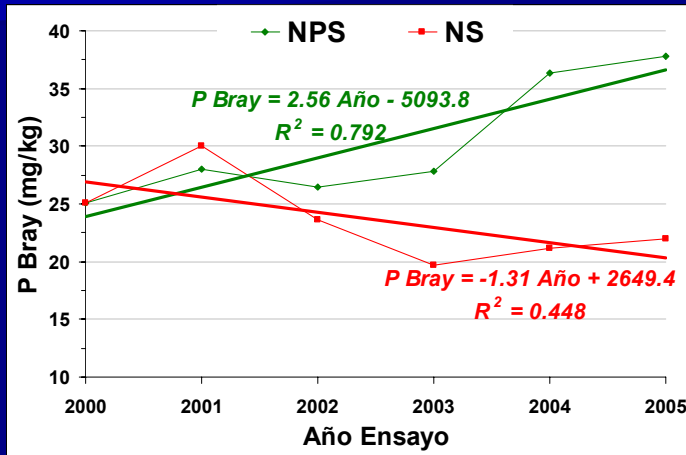
### Recomendación de fertilización fosfatada según criterio de suficiencia

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

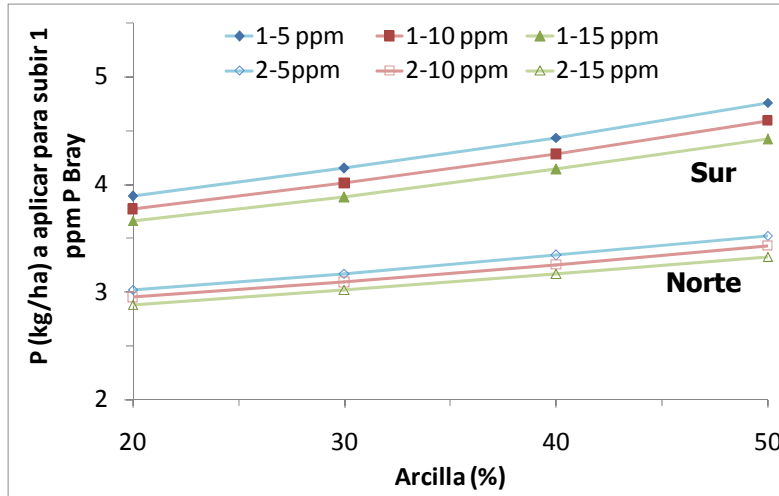
## ¿Cuánto kg de P debo aplicar para subir 1 ppm de P Bray?

**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/m<sup>3</sup> 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





### ***Situaciones de deficiencia de azufre***

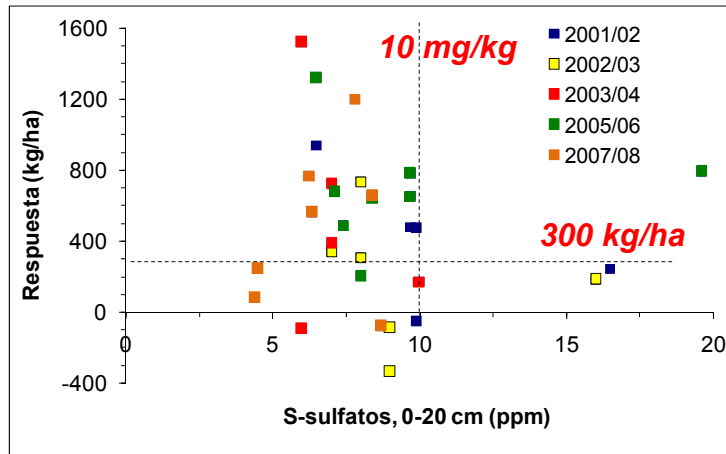
- Suelos con bajo contenido de materia orgánica, suelos arenosos
- Sistemas de cultivo mas intensivos, disminución del contenido de materia orgánica

### ***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

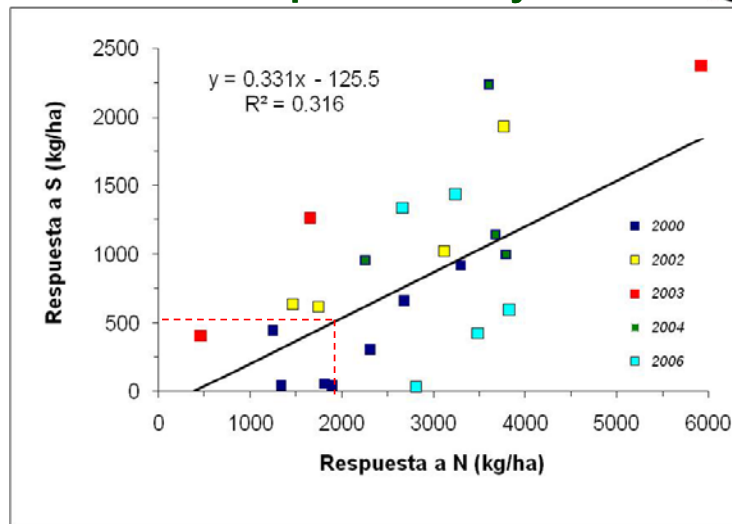


*La probabilidad de respuesta de la soja a la fertilización azufrada fue del 70% cuando la concentración de S-sulfatos a 0-20 cm a la siembra de la soja de primera o del trigo fue inferior a 10 mg/kg*

Fuente: CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP

# Maíz 2000-2006 CREA Sur de Santa Fe

## Relación entre respuestas a N y S



*Respuesta a S es de 500 kg/ha cuando respuesta a N es 1890 kg/ha*

Fuente: CREA Sur Santa Fe-IPNI-ASP

## Respuesta a S en Soja I

Zona y Campaña	Sitios con respuesta/Total sitios
Centro-Sur de Santa Fe, 2000/01	8/11
Región Pampeana, 2000/01 y 2001/02	10/47

*De un total de 146 ensayos,  
59 sitios mostraron respuestas  
significativas (40%)*

Sur de Sta Fe y SE de Córdoba, 2003/04	17/44
Sur de Sta Fe y SE de Córdoba, 2004/05	2/5
Sur de Sta Fe y SE de Córdoba, 2003/04	2/4

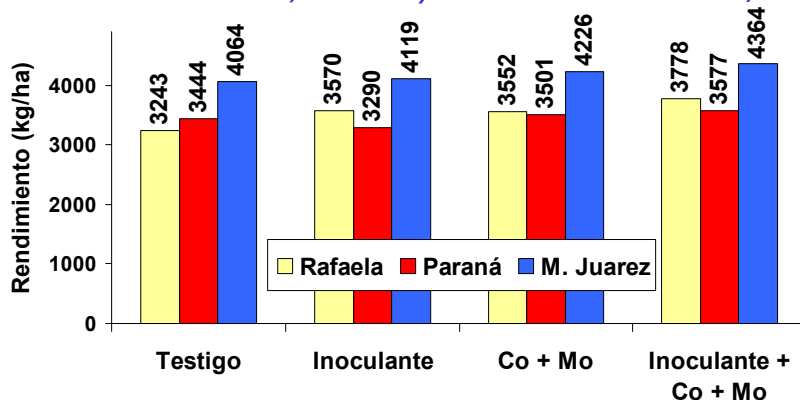
### ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE APLICACIÓN DE P Y S



- 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

## 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



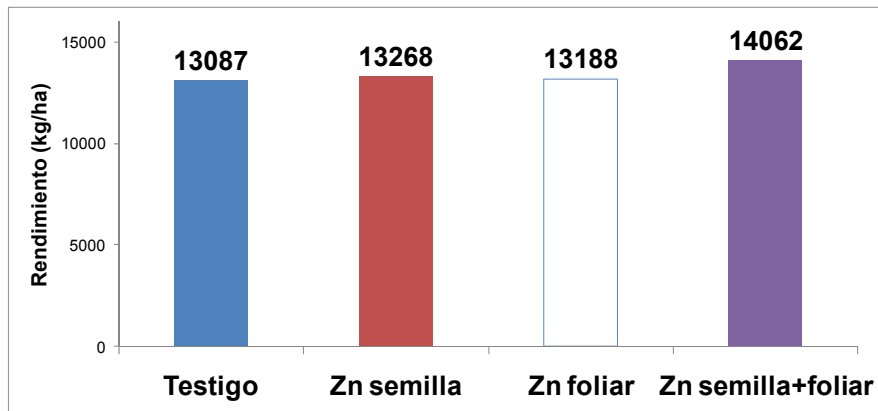
Amarillamiento internerval observable en las hojas más desarrolladas de un cultivo de maíz de tres semanas bajo siembra directa

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

## Zinc en Maíz

Fontanetto et al. (2006) – EEA INTA Rafaela

Promedios de cuatro ensayos: Rafaela, San Vicente, Maria Juana y San Carlos Norte



Zn semilla: 4 L/t - Zn foliar: 700 cc/ha en V6

## 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

## 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.