



*Curso FUNDACREA*

**La agricultura frente a un nuevo paradigma:  
Equilibrar negocio y sostenibilidad ambiental**

*Buenos Aires, 26 de Junio de 2012*

**La sustentabilidad en los sistemas de cultivos**  
*El manejo de los cultivos y los factores del ambiente:  
Conceptos y puentes entre la teoría y la práctica*

# **El manejo de la nutrición**

**Fernando O. García**

**IPNI Cono Sur**

**fgarcia@ipni.net**

**www.lacs.ipni.net**



# Temario

- ❖ Sustentabilidad de la agricultura y nutrientes
- ❖ Mejores practicas de manejo de la nutrición de suelos y cultivos
- ❖ Buscando mayor eficiencia y efectividad en el manejo
  - ❖ Nitrógeno
  - ❖ Fósforo
  - ❖ Azufre
  - ❖ Otros nutrientes
- ❖ Los sistemas de producción

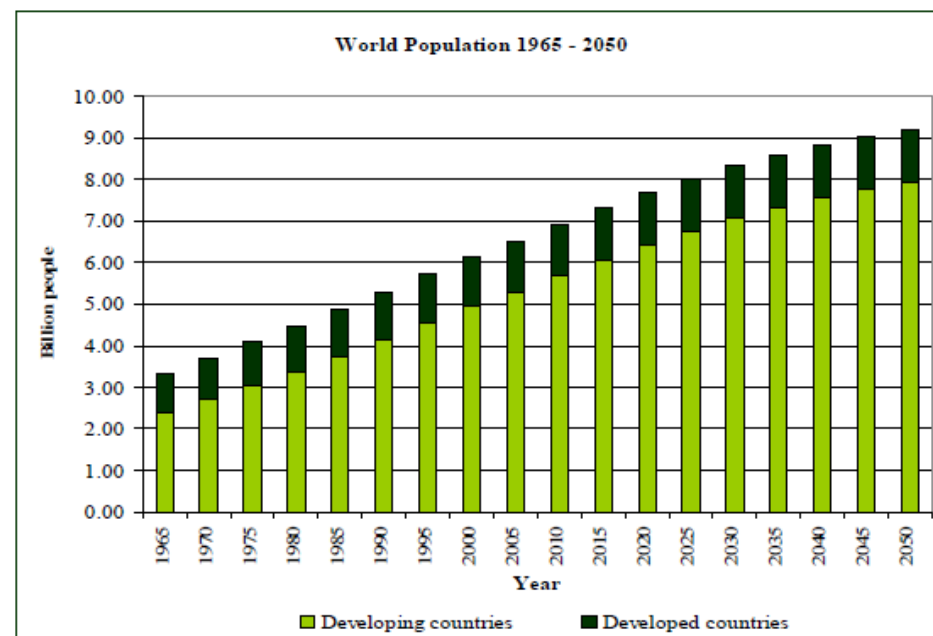
# Objetivos de sustentabilidad



# Demandas, desafíos y oportunidades para la agricultura



- Demandas crecientes de alimentos, biomateriales, fibras y biocombustibles
- Los desafíos para la agricultura
  - Desarrollo humano y económico
  - Seguridad alimentaria
  - Seguridad energética
  - Uso de tierras
  - Efectos sobre el ambiente (externalidades)



*Evolución de la población mundial 1965-2050.*

*Fuente: ONU*

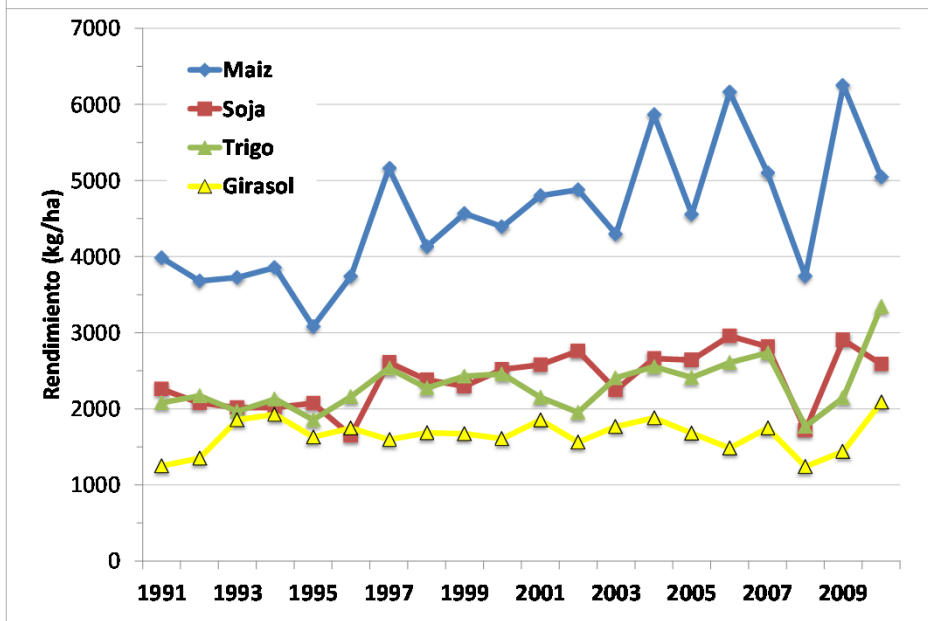
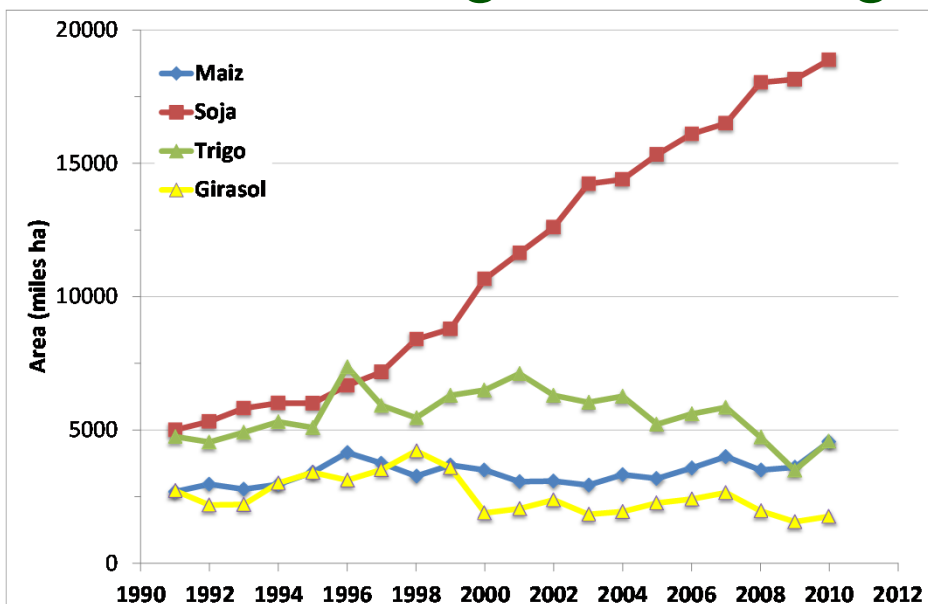


# Area y rendimiento de los principales cultivos de grano en Argentina



*En 2010*

- 55% Soja
- 13% Maíz
- 13% Trigo
- 5% Girasol
- 13% Otros (Cebada, sorgo, etc.)

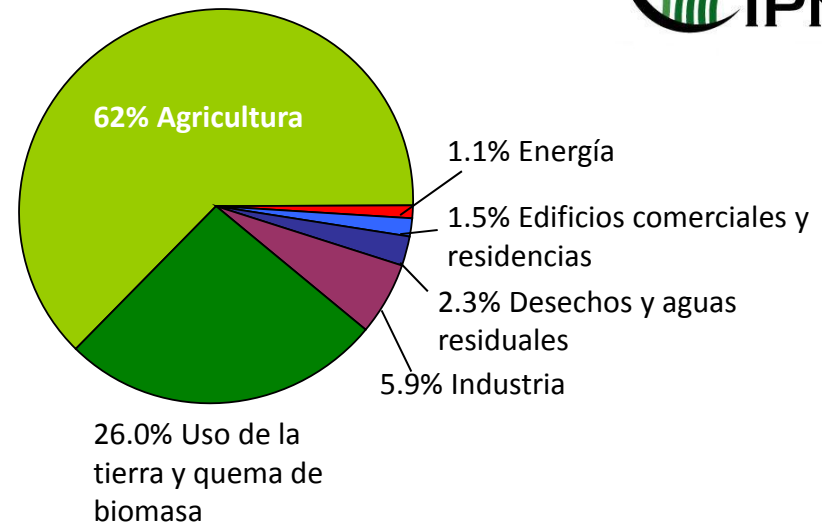


Incremento anual 1991-2010	Rendimiento kg/ha/año	Area ha/año
Maíz	97	43
Soja	35	814
Trigo	29	-
Girasol	-	-62

Elaborado a partir de información de SIIA  
<http://www.sia.gov.ar/>

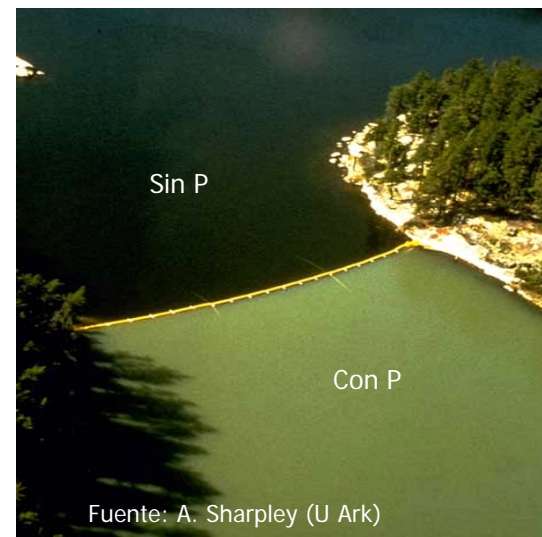
# La agricultura y el ambiente

- Cambio climático: C y GEI
- Contaminación de suelos y aguas
- Erosión de suelos
- Desertificación
- Uso de agua
- Agotamiento de nutrientes en los suelos
- Cambios en biodiversidad
- Reciclado
- Otros



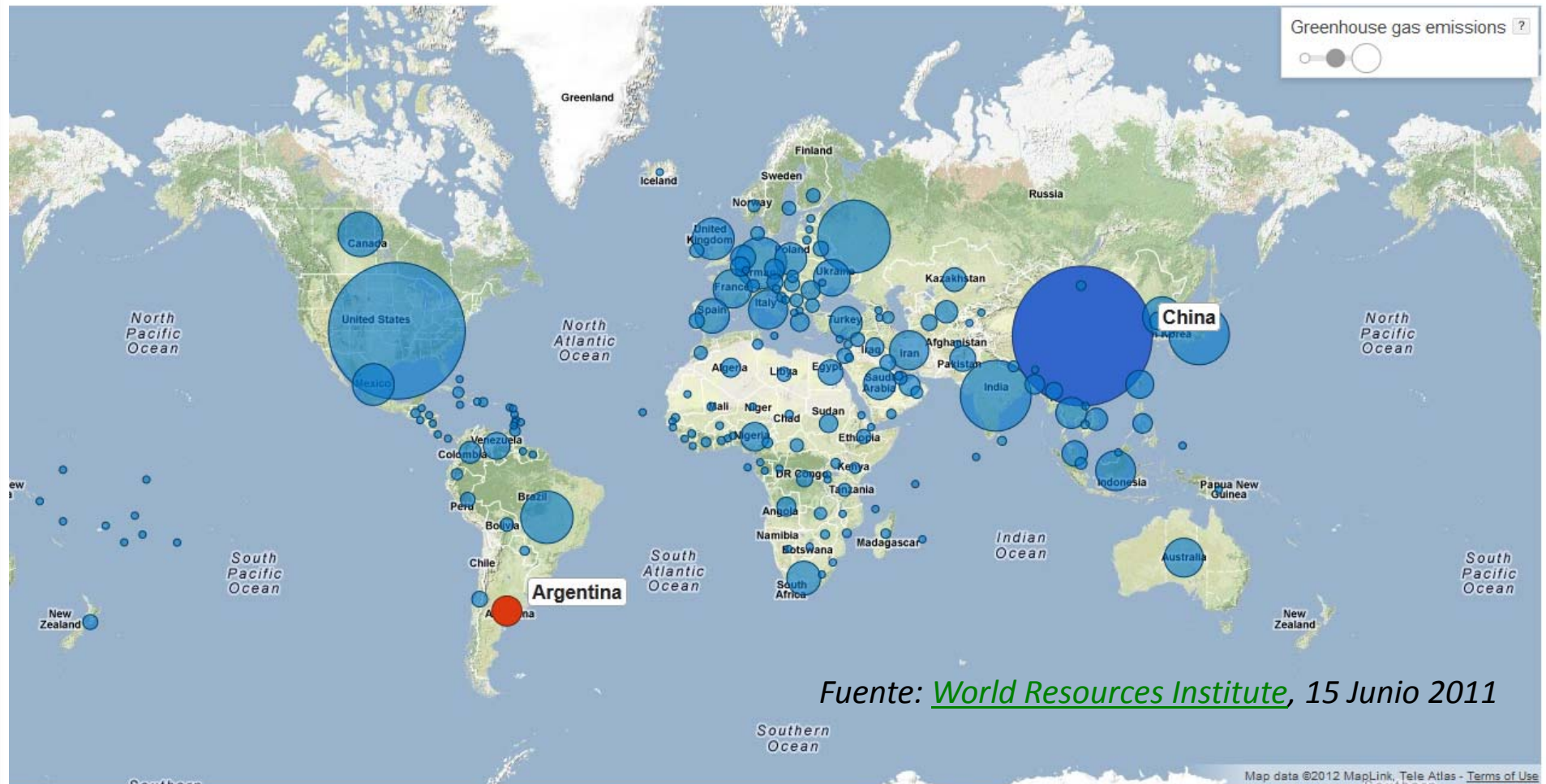
## Fuentes globales antropogénicas de N<sub>2</sub>O

Fuente: IPCC 4th Reporte de Evaluación: Cambio climático 2007



Fuente: A. Sharpley (U Ark)

# Emisiones de N<sub>2</sub>O de la actividad agrícola

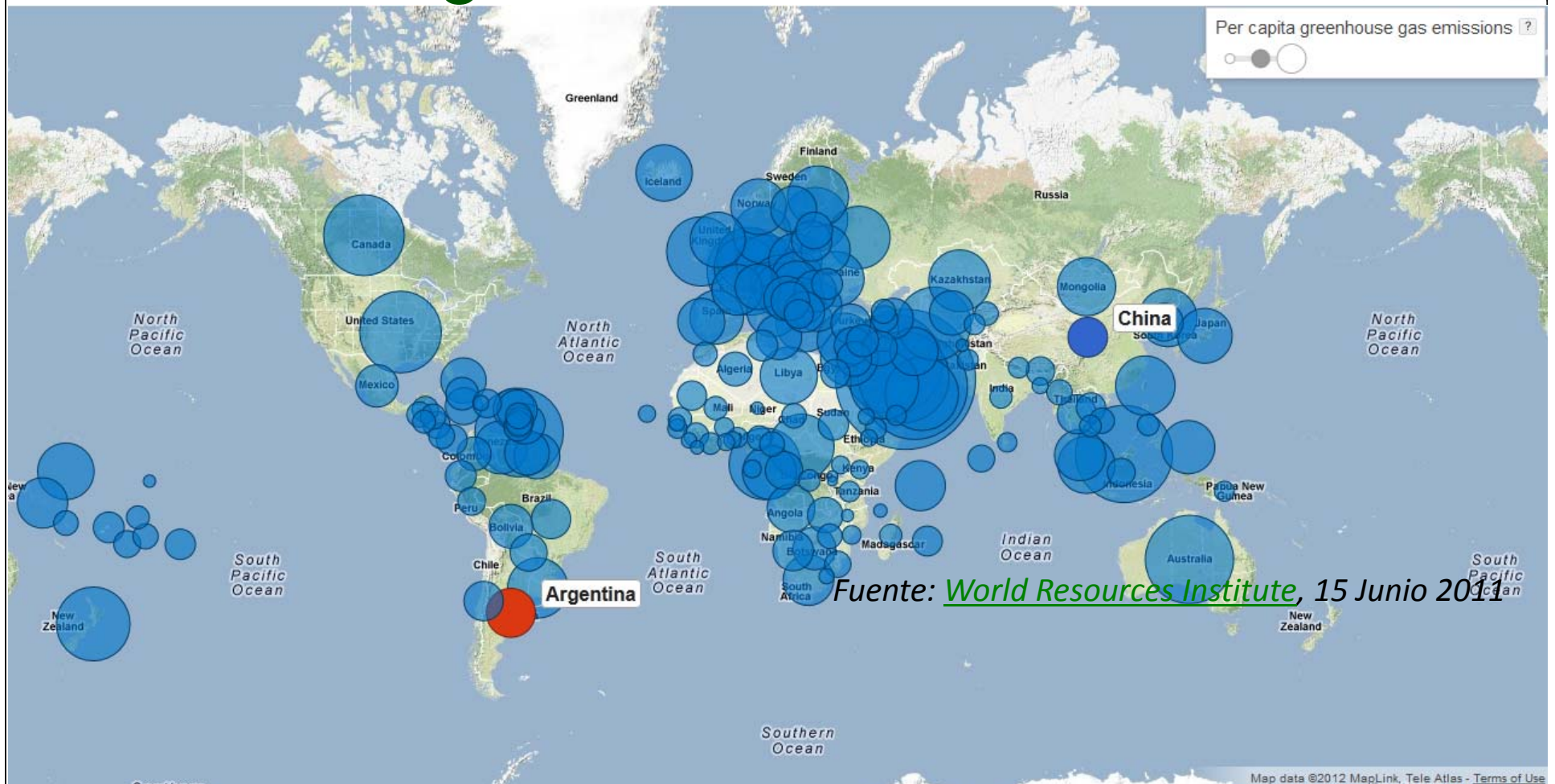


Fuente: [World Resources Institute](#), 15 Junio 2011

Emisiones totales de N<sub>2</sub>O de actividad agrícola en toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> (tCO<sub>2</sub>e)

<b>Argentina</b>	<b>71.9</b>
<b>China</b>	<b>606.1</b>

# Emisiones de N<sub>2</sub>O de la actividad agrícola



*Emisiones totales de N<sub>2</sub>O de actividad agrícola per cápita (tCO<sub>2</sub>e/habitante)*

**Argentina 1.9**

**China 0.5**



# Pico de fósforo (Peak Phosphorus)



Peak Phosphorus curve

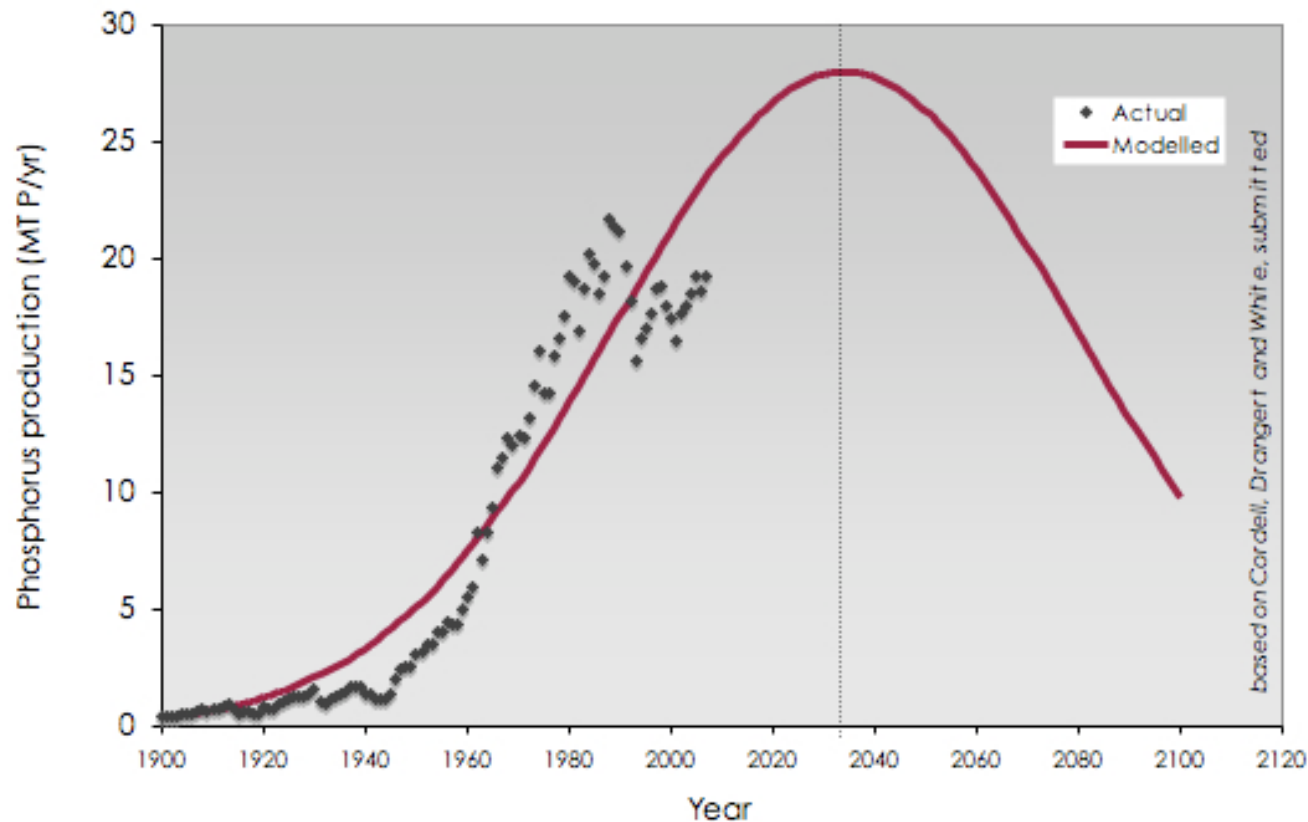
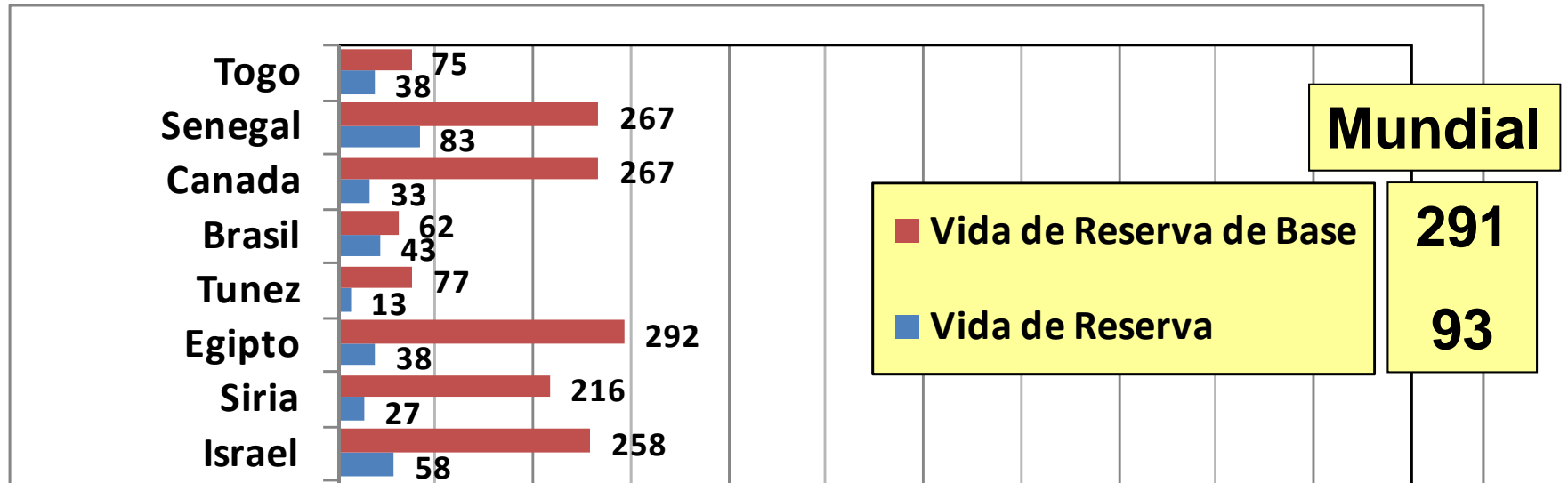


Figure 1: Peak phosphorus 'Hubbert' curve, indicating that production will eventually reach a maximum, after which it will decline (source: Cordell, Drangert and White, 2009) <sup>1</sup>

*Pico de producción de 28 MT P/año en 2034*

# Vida de reserva y vida de reserva de base para las minas de fosfatos



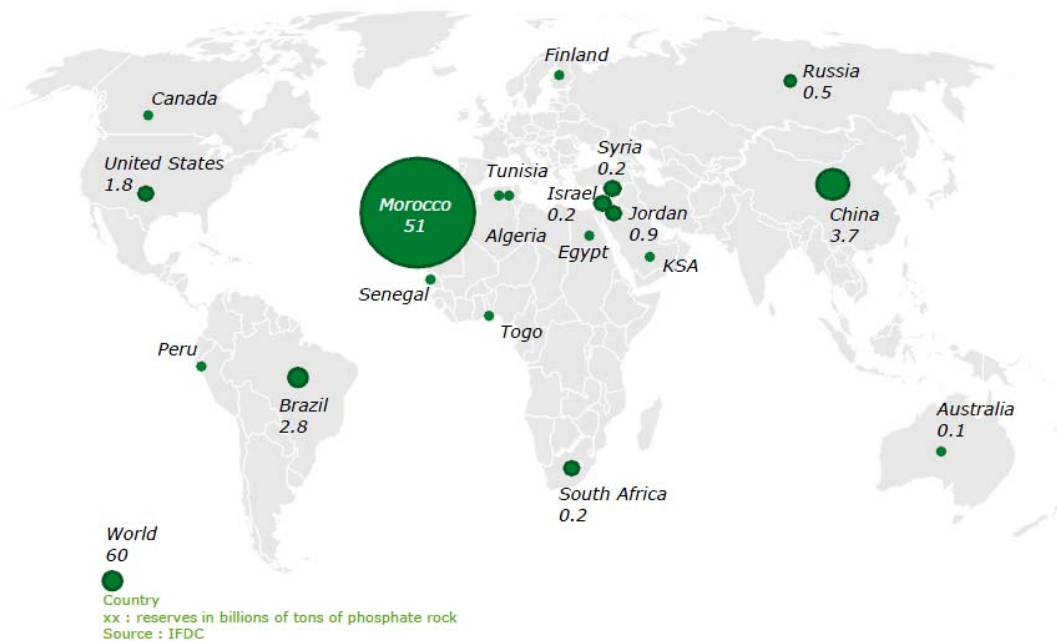
***Un reporte reciente del IFDC concluye que las reservas globales de roca fosfatada cubrirían las demandas actuales de P por 300-400 años (Van Kauwenbergh, 2010)***

# Reservas de P conocidas y de reciente descubrimiento o explotación



**OCP HAS THE RESERVES TO MEET THE GROWING DEMAND**

Phosphate World Reserves in Billion tons



- Namibian Marine Phosphate en costas de Namibia
- Ma'aden en Arabia Saudita
- Irak
- Bayovar (Vale, Mitsui, Mosaic) en Perú
- Cuenca de Georgina en Australia
- Santa Quiteria (CE), Arraias (TO) y Patrocinio (MG) en Brasil

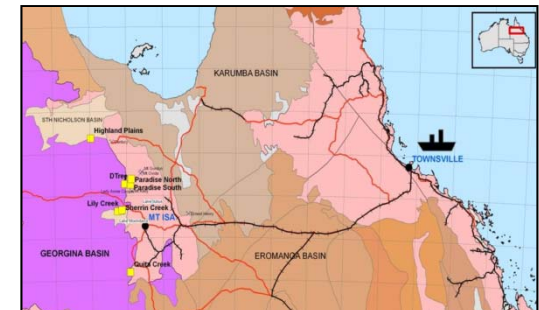
## 5 PRESENTATION OF OCP GROUP

### Dredge Technology now Available



Picture : Jet de Nil TS&C Cristobal Colon

NAMIBIAN MARINE  
PHOSPHATE (PTY) LTD



# UNEP SIDE EVENT



## 'Rio +20'

Essential nutrients, such as nitrogen and phosphorus, are central to improved food security and sustainable development. However, excess use and inefficient nutrient management practices can and do contribute to climate change, nutrient over-enrichment of aquatic systems, soil acidification and groundwater pollution, harmful algal blooms, hypoxic dead zones, loss of coral and sea grass cover and declining fish stocks. The session aims to provide an overview of the main issues concerned with nutrient management, with specific attention to nitrogen and phosphorus.

#### DATE:

SUNDAY, 17 JUNE

#### TIME:

10:00 AM TO 11:45 AM

#### VENUE:

BANCO DE CAIXA AUDITORIUM, AVENIDA ALMIRANTE BARROSO, 25 SUBSOLO, IN THE CENTRE OF RIO DE JANEIRO (METRO: CARIOCA STATION)

#### DESCRIPTION:

Essential nutrients, such as nitrogen and phosphorus, are central to improved food security and sustainable development. However, excess use and inefficient nutrient management practices can and do contribute to climate change, nutrient over-enrichment of aquatic systems, soil acidification and groundwater pollution, harmful algal blooms, hypoxic dead zones, loss of coral and sea grass cover and declining fish stocks. The session aims to provide an overview of the main issues concerned with nutrient management, with specific attention to nitrogen and phosphorus.

#### KEY SPEAKERS:

**JOSEPH ALCAMO**  
Chief Scientist, UNEP

**MARK SUTTON**  
Professor, Centre for Ecology and Hydrology,  
Natural Environment Research Council, UK

#### PANEL MEMBERS:

**GREGORY LEE CROSBY**  
Director, Sustainable Development,  
National Institute of Food and Agriculture,  
US Department of Agriculture

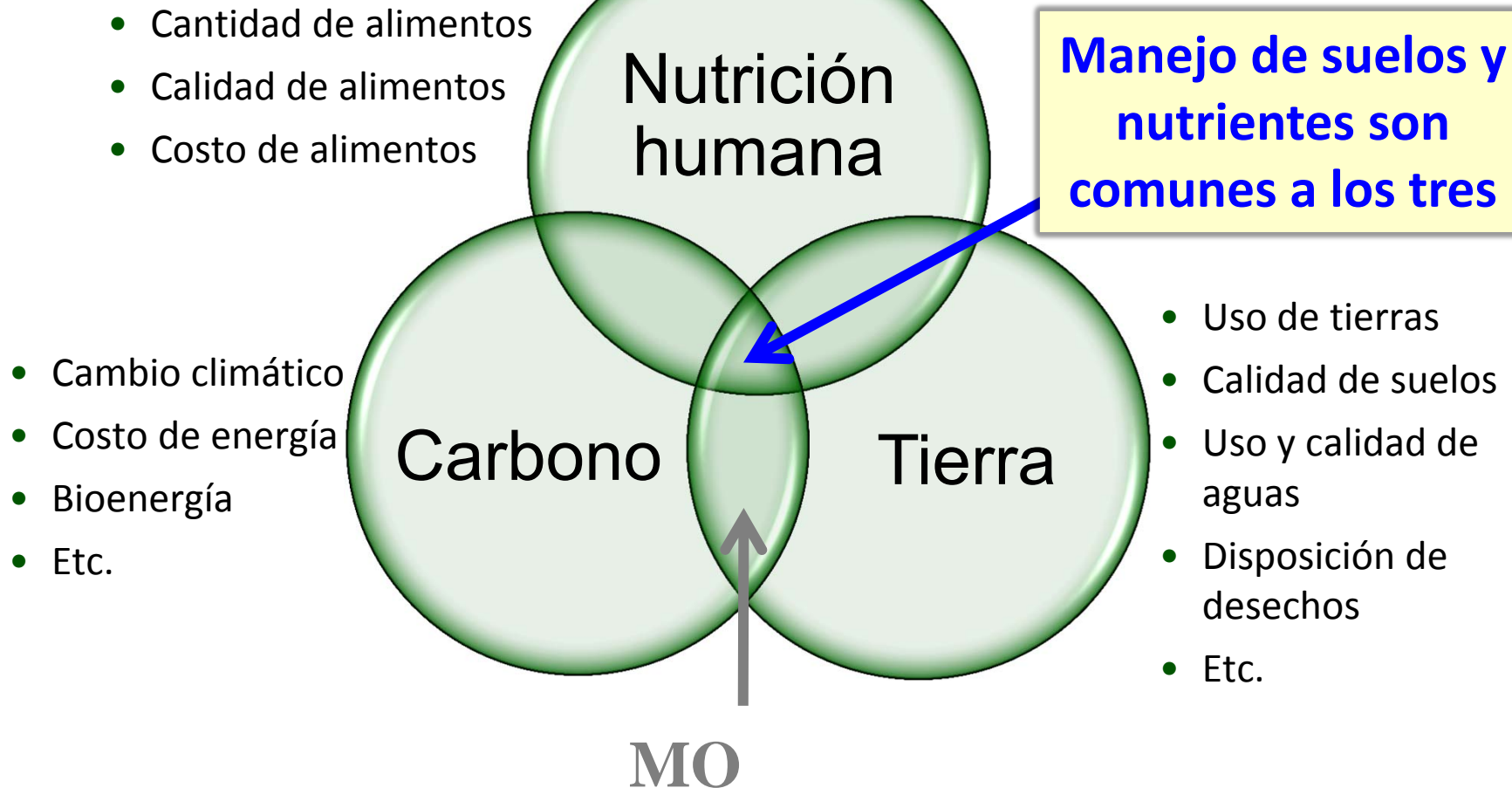
**INGE LARDINOIS**  
Head, International Division,  
Ministry of Infrastructure and Environment, Netherlands

... and more

#### MODERATOR:

**VINCENT SWEENEY**  
Coordinator, Global Programme of Action for the Protection  
of the Marine Environment from Land-based Activities

# Desafíos para las próximas décadas



*Adaptado del concepto de carbono y tierras de Henry Janzen, 2009*

**Siembra Directa**

**Rotaciones**

**Fertilidad**



**Residuos: Cobertura, cantidad y calidad**



**Materia orgánica**



**Suelo "vivo"**



**Sustentabilidad**



# Los cuatro fundamentos básicos de la nutrición (4Cs/4Rs)



OBJETIVOS DE LA SOCIEDAD

Biodiversidad

AMBIENTAL

Eficiencia de uso  
de recursos: Energía,

Perdidas de  
nutrientes

Decidir la dosis, fuentes, forma  
y momento de aplicación  
correctos

Retorno de la  
inversión

Calidad  
Estabilidad de  
rendimientos

Condiciones de  
trabajo



**Fuente Correcta a la Dosis Correcta, en el Momento Correcto, y de la Forma Correcta**

# La fuente correcta aplicada a la dosis correcta en el momento y formas correctos



*Principios científicos del sistema 4Cs/4Rs: Ejemplos*

1. Abastecer formas disponibles
2. Ajustar a las condiciones del suelo
3. Reconocer sinergismos
4. Compatibilidad de mezclas

1. Evaluar abastecimiento de nutrientes del suelo
2. Evaluar todas las fuentes de nutrientes del suelo y del aire
3. Evaluar la demanda de los cultivos
4. Predecir la eficiencia de uso del fertilizante



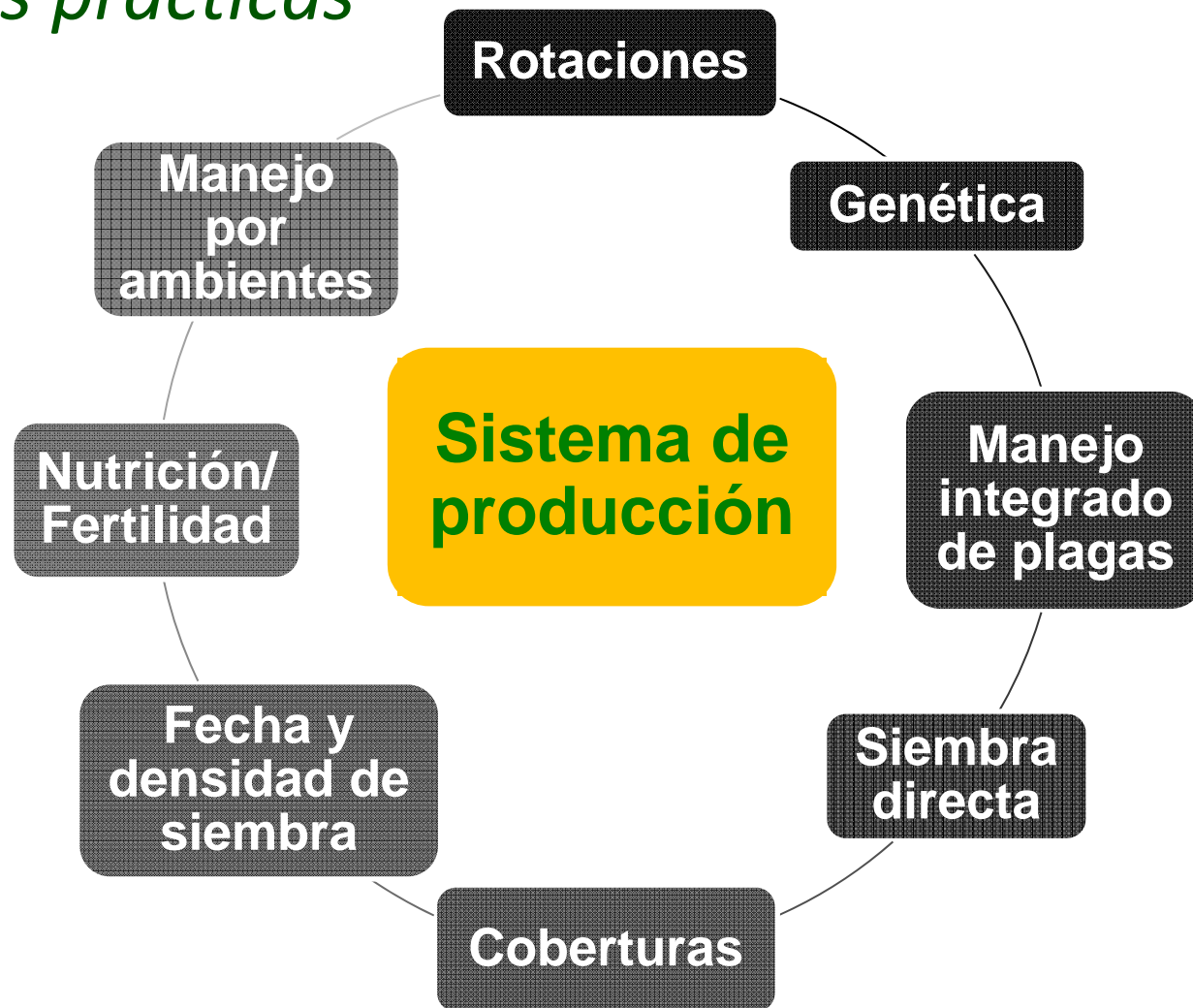
1. Evaluar los momentos de demanda nutricional del cultivo
2. Evaluar la dinámica de abastecimiento de nutrientes del suelo
3. Reconocer los efectos de factores climáticos
4. Evaluar la logística de operaciones

1. Reconocer la dinámica suelo-raíz
2. Manejar la variabilidad espacial
3. Ajustar las necesidades del sistema de labranzas
4. Limitar el transporte potencial fuera del campo





*Trabajamos en sistemas de producción en los que las practicas interactúan y modifican la eficiencia y efectividad de uso de otras practicas*



# Intensificación productiva sustentable

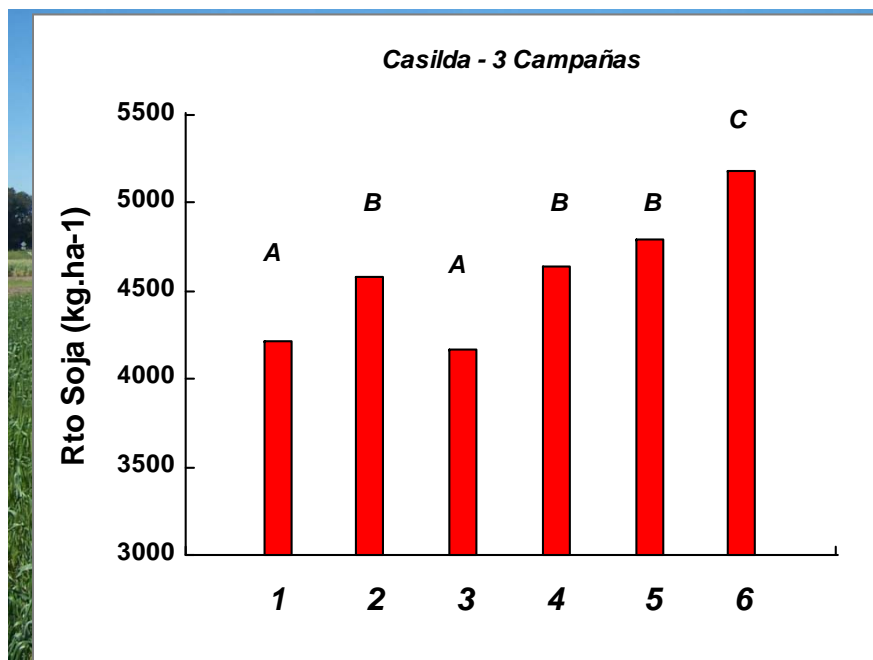
- *Mayor producción por unidad de recurso y/o insumo involucrado en el espacio y el tiempo (kg/ha/año)*
- *Mejorar eficiencias en términos agronómicos, económicos y ambientales*
- *Involucra sistemas y no solamente cultivos*

- ***Balance de nutrientes, Nutrición adecuada de cultivos y suelos***
- *Rotaciones*
- *Siembra directa*
- *Genética*
- *Manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas*
- *Prácticas de manejo como cultivos de cobertura*

# Cultivos de cobertura

## Gramíneas en Soja

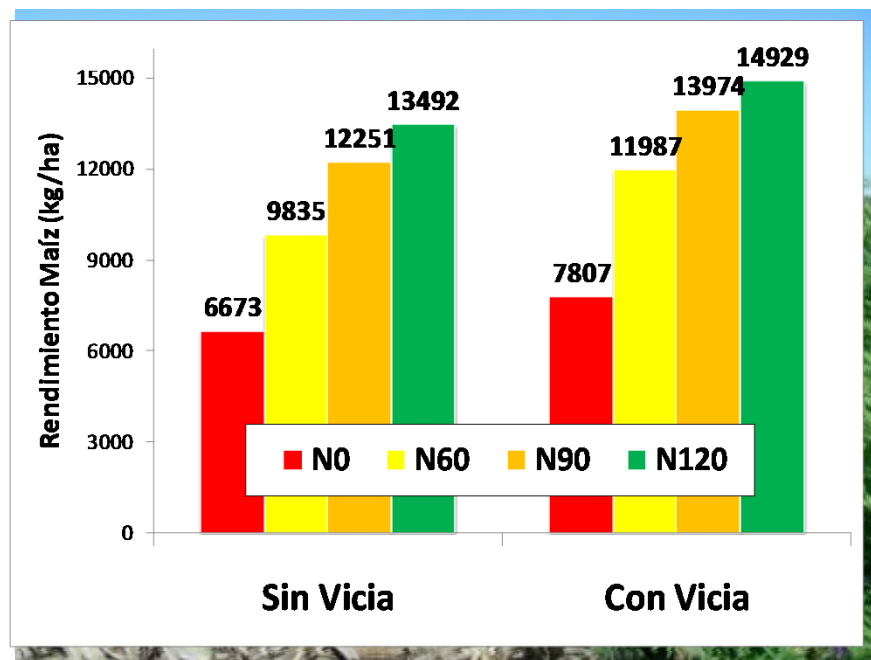
Cordone et al. (2011) – AER INTA Casilda - Campañas 2007/08 a 2009/10



1= Soja sin fert., 2= Soja PS, 3= CC/Soja,  
4= CC/Soja PS, 5= CCN/Soja PS, 6= Soja en secuencia

## Vicia en Maíz

Capurro et al. (2010) – AER INTA Cañada de Gómez - Campaña 2009/10

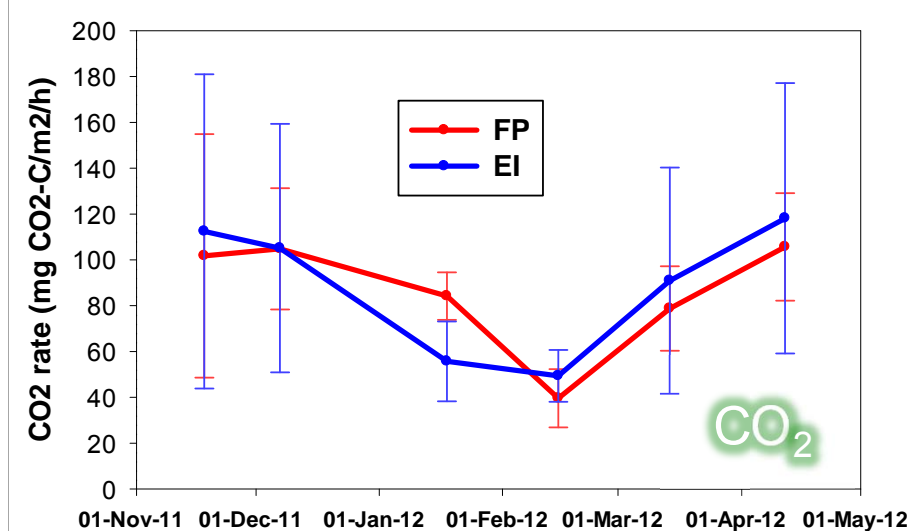
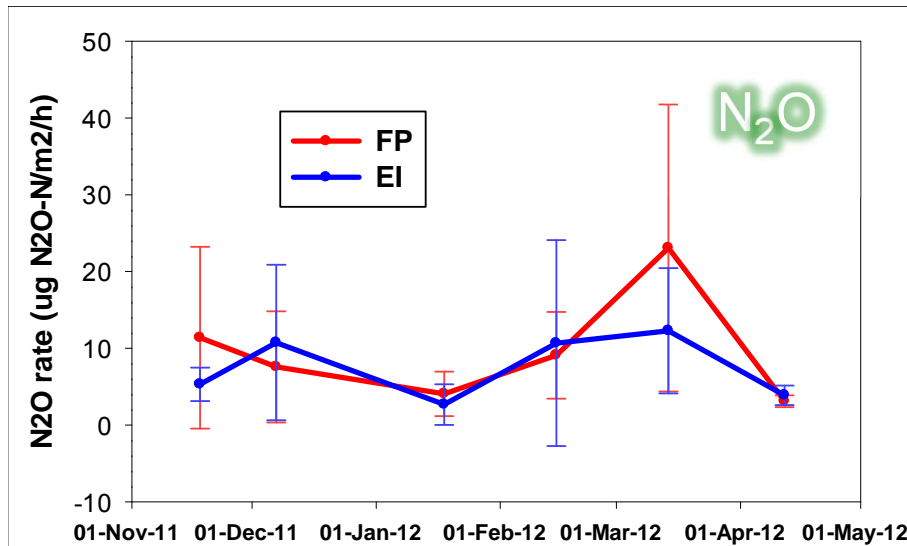


**Los cultivos de cobertura aportan C, N, raíces, actividad microbiana**

# Datos preliminares de emisiones de N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>

## Maíz 2011/12 – UIB INTA-FCA Balcarce

*Picone, Videla and Bayer, inédito*



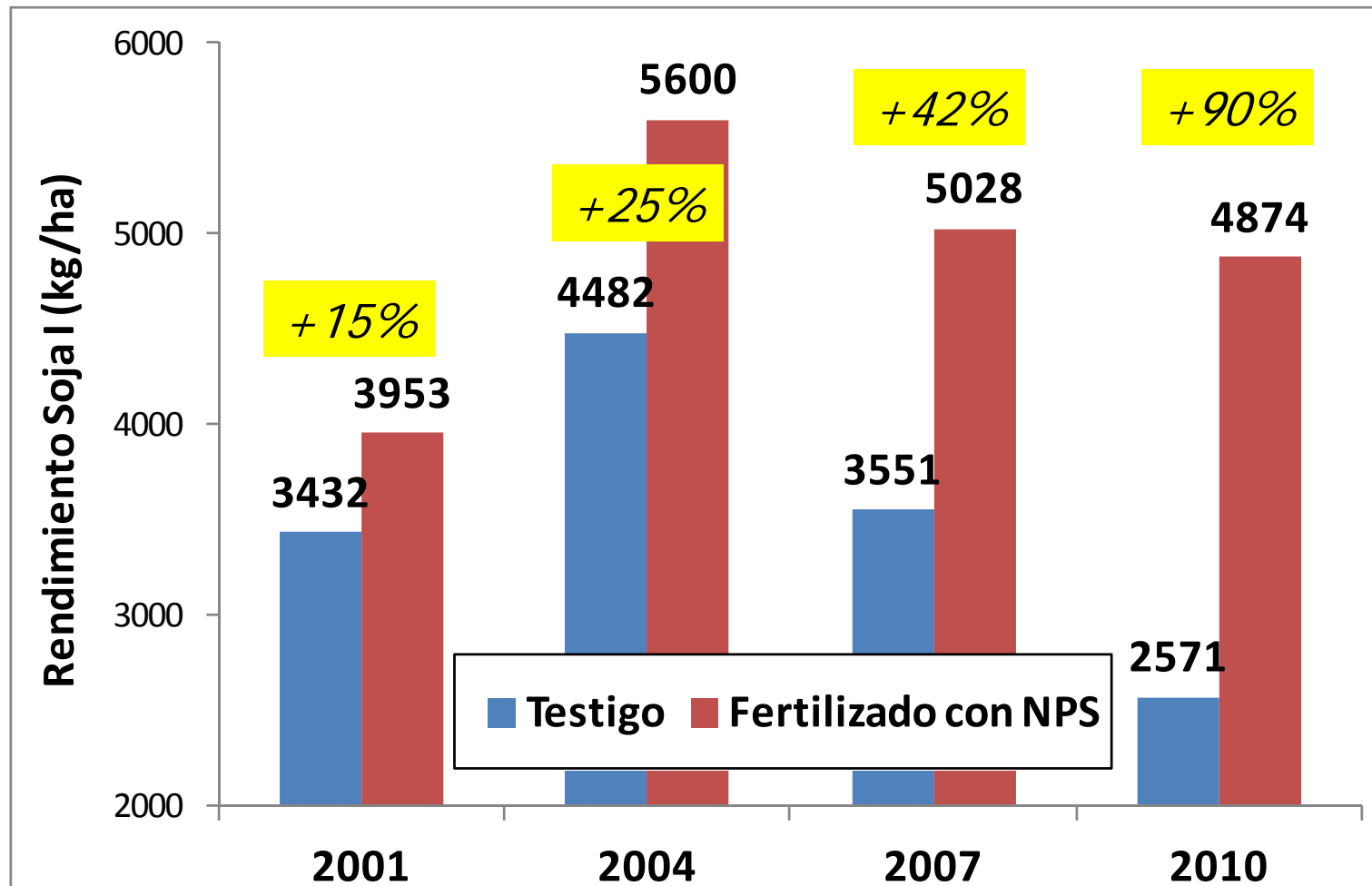
- *Flujo de N<sub>2</sub>O flux en  $\mu\text{g N}_2\text{O-N/m}^2/\text{h}$*
- *Flujo de CO<sub>2</sub> en  $\text{mg CO}_2\text{-C/m}^2/\text{h}$*
- *Los datos incluyen una cámara por repetición en determinaciones mensuales en la campaña 2011/12*
- *Los datos completos incluirán un segundo set de cámaras en determinaciones semanales*



# Soja de primera

## Evolución de rendimientos sin y con fertilización NPS

*Ensayo La Blanca – Alejo Ledesma (Córdoba) - Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe*

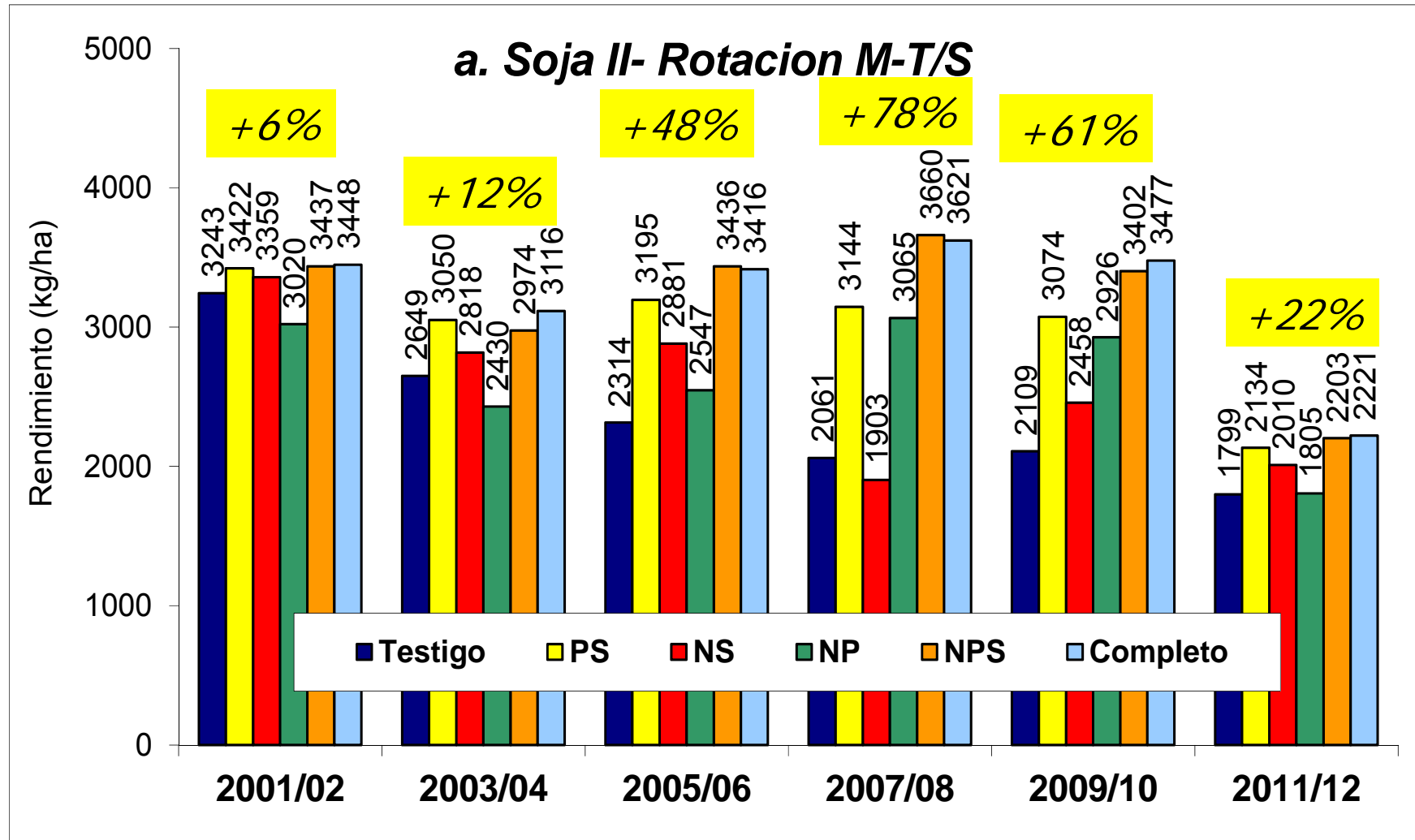


*Fuente: CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP*

# Soja de segunda

## Evolución de rendimientos sin y con fertilización NPS

### Rotación M-T/S

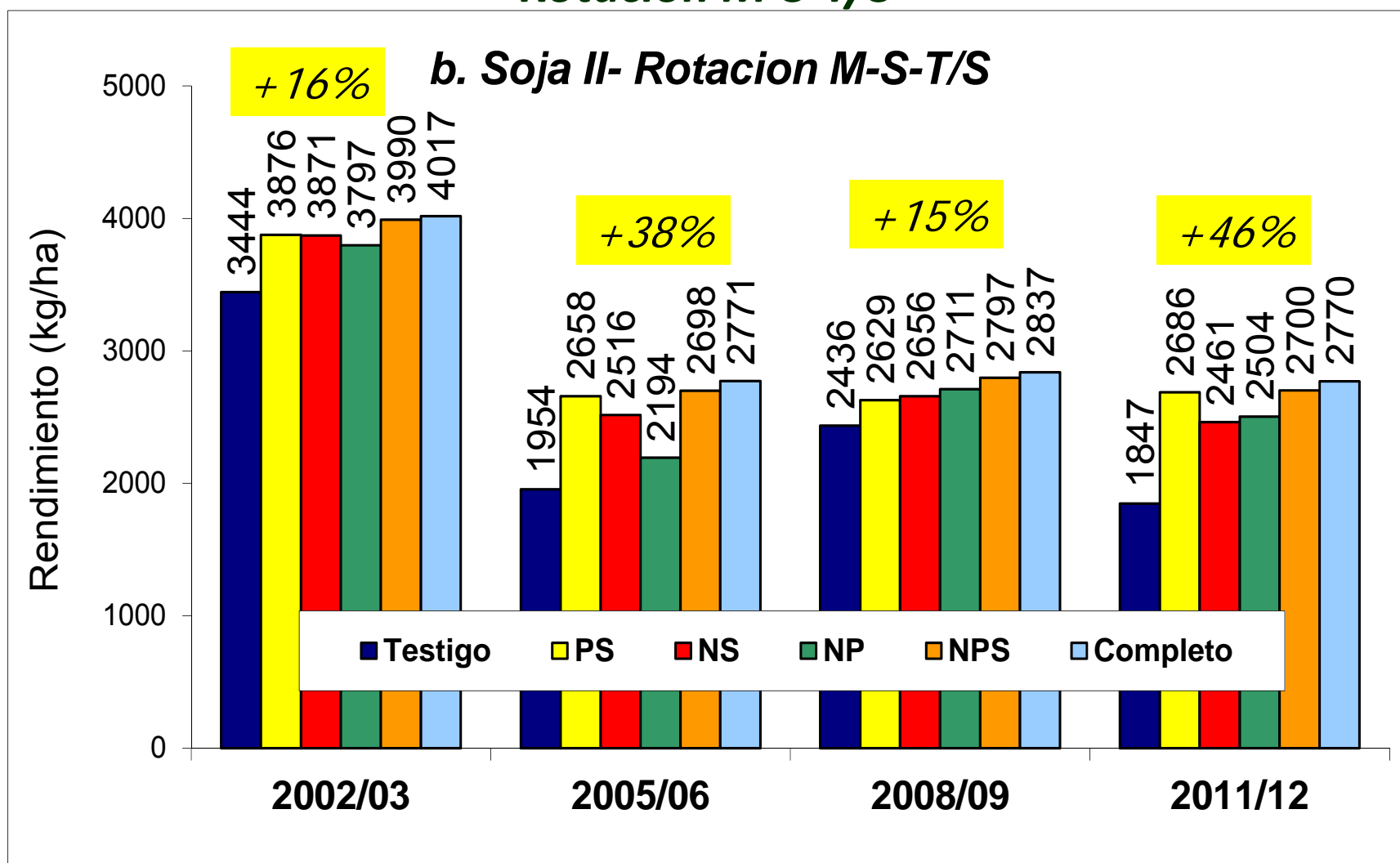


Fuente: CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP

# Soja de segunda

## Evolución de rendimientos sin y con fertilización NPS

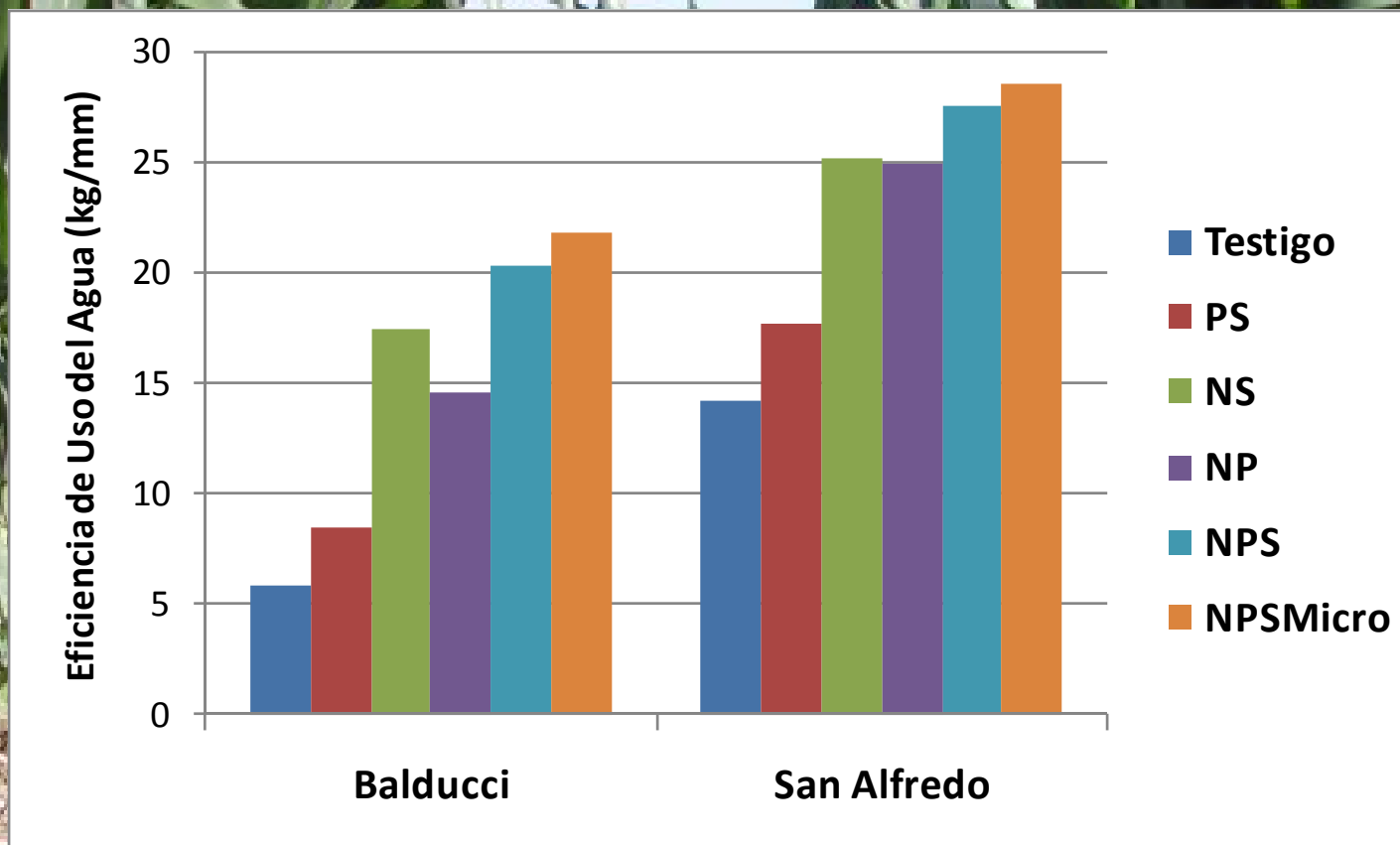
### Rotación M-S-T/S



Fuente: CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP

# Eficiencia de uso de agua en maíz bajo diferentes tratamientos de fertilización

Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe – Campaña 2010/11



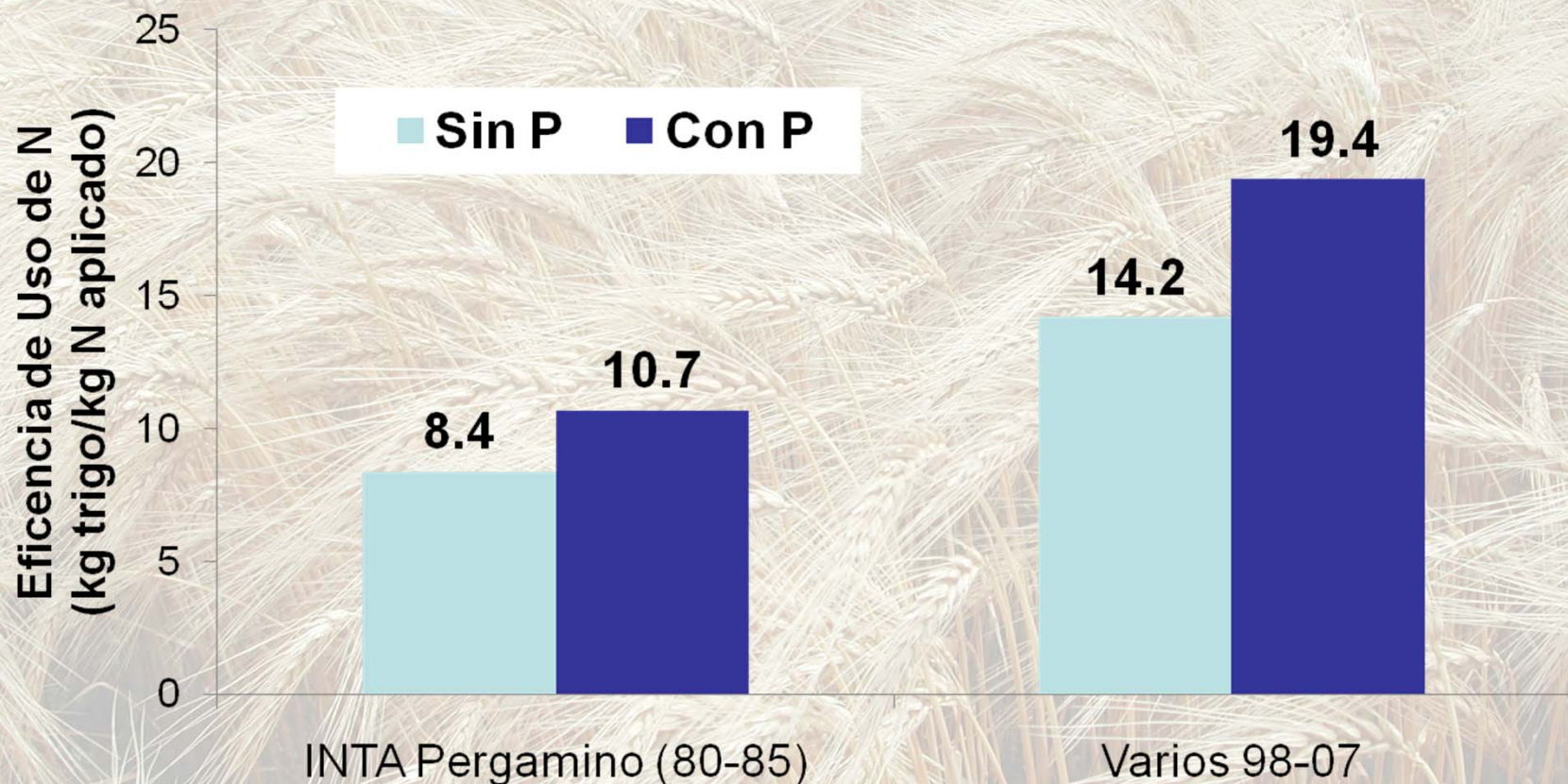
*Precipitaciones siembra a madurez  
Balducci 420 mm y San Alfredo 517 mm*

*Fuente: CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP*



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

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



- *Evaluar disponibilidad de todos los nutrientes deficientes en el sistema*
- *Existen efectos de interacción y adición entre nutrientes*

Redes CREA Sur de Santa Fe - AAPRESID/IPNI  
Promedios de 34 sitios en 4 años

Trigo

Testigo  
2600 kg/ha

NPS  
3741 kg/ha

Soja II

Testigo  
2911 kg/ha

NPS  
3152 kg/ha

# Requerimientos Nutricionales de los Cultivos

*Absorción y extracción por tonelada de órgano cosechado*



Cultivos	Absorción Total (kg/ton)						Extracción (kg/ton)					
	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
<b>Soja</b>	<b>66</b>	<b>6</b>	<b>35</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>49</b>	<b>5.4</b>	<b>17</b>	<b>2.7</b>	<b>3.1</b>	<b>2.8</b>
<b>Maíz</b>	<b>22</b>	<b>4</b>	<b>19</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>0.2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>Trigo</b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>19</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>21</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0.4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
<b>Cebada</b>	<b>26</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Girasol</b>	<b>40</b>	<b>11</b>	<b>29</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>24</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>1.5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
<b>Sorgo</b>	<b>30</b>	<b>4</b>	<b>21</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

*Fuente: Recopilación de Ciampitti y García (2007 y 2008)  
Disponible en [www.lacs.ipni.net](http://www.lacs.ipni.net)*



# Trigo/Soja

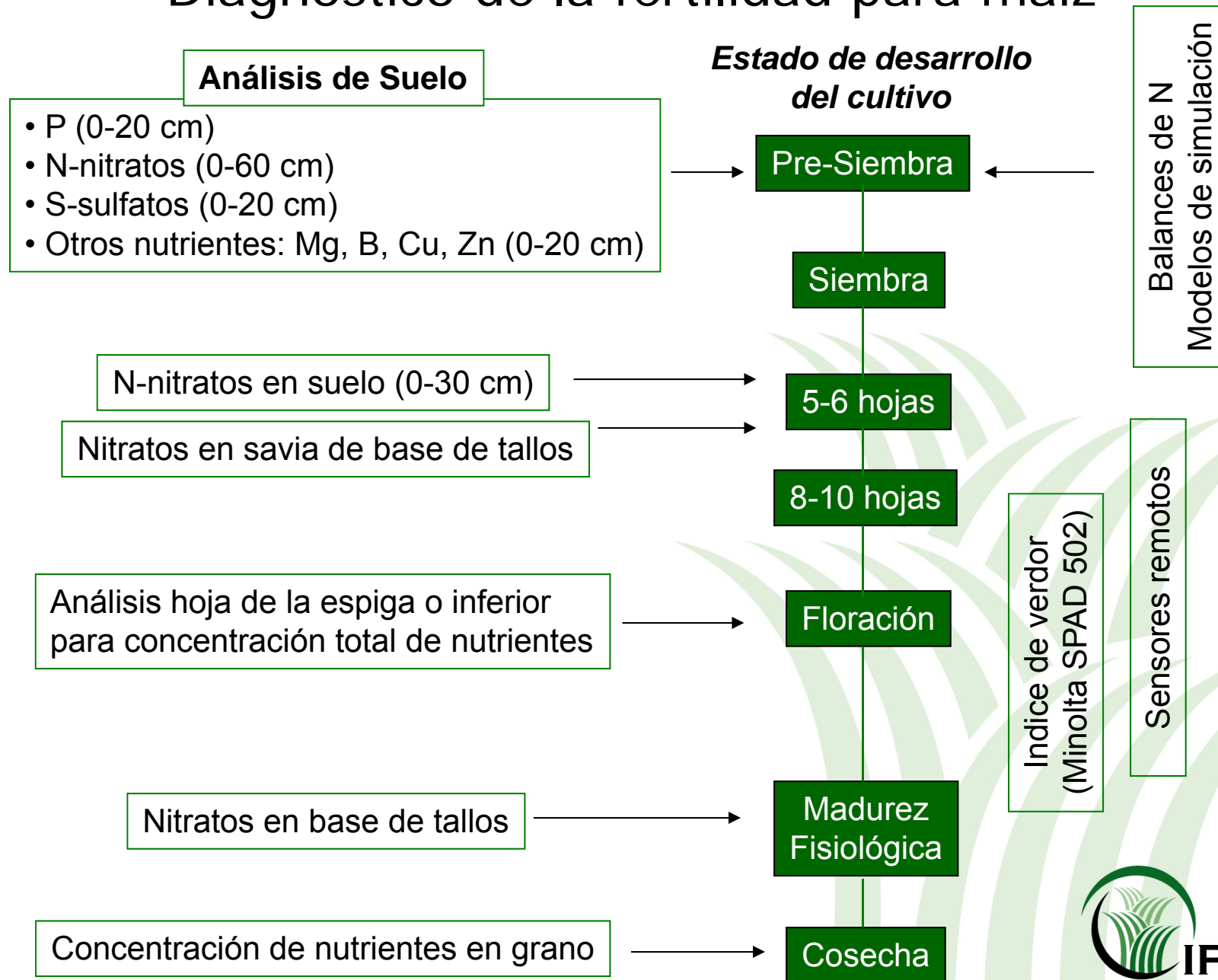
## Requerimientos Nutricionales

Nutriente	Trigo 4000 kg/ha		Soja 3000 kg/ha		Trigo + Soja	
	Necesidad	Extracción	Necesidad	Extracción	Necesidad	Extracción
----- kg/ha -----						
N	106	72	198	146	304	218
P	18	14	18	16	36	30
S	18	6	12	8	30	14

Requerimientos expresados a humedad de recibo de granos (Trigo 13.5% y Soja 13%)

- La fijación simbiótica de N aporta gran parte del N para el cultivo de soja

# Diagnóstico de la fertilidad para maíz



# Objetivos del análisis de suelo con fines de diagnostico



- *Proveer un índice de disponibilidad de nutrientes en el suelo*
- *Predecir la probabilidad de respuesta a la fertilización o encalado*
- *Proveer la base para el desarrollo de recomendaciones de fertilización*
- *Contribuir a la protección ambiental mejorando la eficiencia de uso de los nutrientes y disminuyendo la huella (“footprint”) de la agricultura sobre el medio ambiente*

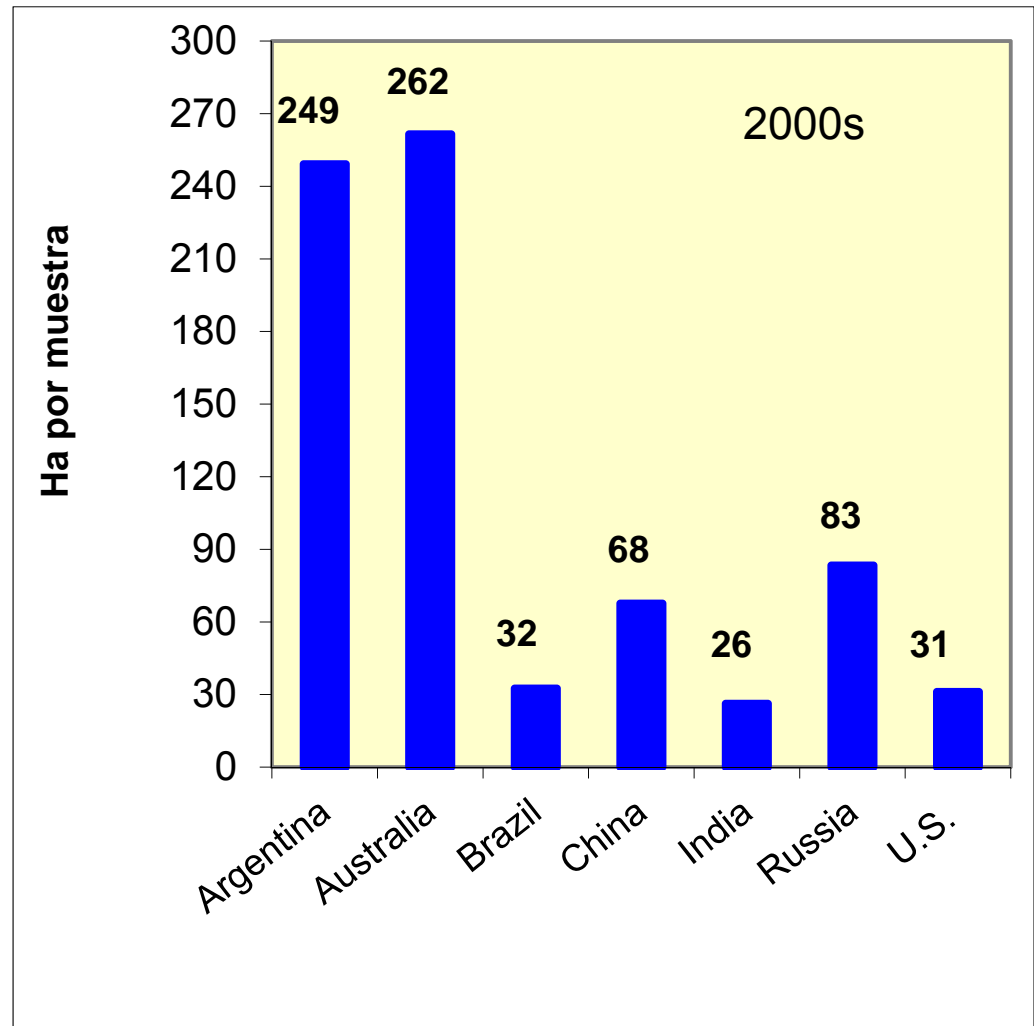
# ¿Sabemos lo que tienen nuestros suelos? Muestreo y análisis de suelos



## *Intensidad de muestreo en algunos países*

***Argentina: Se analizan  
aproximadamente  
140 a 160 mil muestras de suelo por  
año (2009)***

***El número de muestras de  
suelos evaluadas anualmente  
en Argentina es bajo***



## Relaciones de Precio Trigo/Fertilizantes para 2012



*Urea a U\$660 → N a U\$1.45/kg*

*Con trigo a U\$150 → 4.5 kg trigo por kg Urea o 10 kg trigo por kg N*

*En 24 ensayos en Región Pampeana (1998-2007), con probabilidad de respuesta según el análisis de suelo, se obtuvieron 9 kg de trigo por kg Urea, equivalentes a 19 kg de trigo por kg de N*

*FMA a U\$750 → P a U\$3.3/kg*

*Con trigo a U\$150 → 5 kg trigo por kg FMA o 22 kg trigo por kg P*

*En 20 ensayos en Región Pampeana (1998-2007), con probabilidad de respuesta según el análisis de suelo, se obtuvieron 8 kg de trigo por kg FMA, equivalentes a 36 kg de trigo por kg de P*



## Oportunidades y desafíos para el análisis de suelos con fines de diagnóstico



- ... bueno para el monitoreo de la fertilidad de suelos en el tiempo, para determinar la probabilidad de respuesta, y para estimar rendimientos relativos a largo plazo
- ... pero pobre para determinar dosis óptimas y respuesta en rendimiento para un cultivo específico
- Requiere muestreo representativo → muestreos geo-referenciados, ambientes
- Estandarización y calidad de los ensayos de laboratorio → IRAM-SAMLA, PROINSA
- Calibraciones regionales actualizadas
- Interpretación complementada con otros indicadores de suelo, información de manejo del suelo y del cultivo y condición del sitio; e integrada con otras herramientas de diagnóstico como análisis de planta, sensores remotos, modelos de simulación, requerimientos de los cultivos, etc.



# Rangos de suficiencia de nutrientes en planta



Cultivo	Trigo		Maíz		Soja		Girasol	Alfalfa
	Momento	Em. – Mac.	Enc. – Flor.	Vegetativo	Floración	Vegetativo	Floración	Floración
<b>N</b>	4.0-5.0	1.75-3.3	3.0-5.0	2.75-3.25	3.5-5.5	3.25-5.5	3.0-5.0	3.0-5.0
<b>P</b>	0.2 - 0.5	0.2-0.5	0.3-0.8	0.25-0.35	0.30-0.60	0.26-0.60	0.3-0.7	0.25-0.70
<b>K</b>	2.5-5.0	1.5-3.0	2-5.0	1.75-2.25	1.7-2.5	1.5-2.5	2.0-4.5	2.0-3.5
<b>S</b>	0.15-0.65	0.4	0.15-0.4	0.15-0.20	sd	0.20-0.60	0.3-0.8	0.25-0.50
<b>Ca</b>	0.2-1.0	0.21-1.4	0.25-1.6	0.25-0.40	1.1-2.2	0.2-2.0	0.8-2.2	1.8-3.0
<b>Mg</b>	0.14-1.0	0.16-1.0	0.3-0.8	0.25-0.40	sd	0.25-1.00	0.3-1.1	0.25-1.0
<b>B</b>	1.5-40	5-20	5-25	15-20	sd	20-60	35-100	20-80
<b>Cu</b>	4.5-15	5-50	5-25	6-20	sd	4-30	10-50	4-30
<b>Fe</b>	30-200	21-200	30-300	50-250	sd	21-350	80-300	30-250
<b>Mn</b>	20-150	16-200	20-160	50-150	sd	20-100	25-600	25-100
<b>Mo</b>	0.1-2.0	0.4-5.0	0.1-2.0	0.15-0.20	sd	0.5-1.0	0.1-0.3	0.35-1.5
<b>Zn</b>	18-70	20-70	20-50	15-50	sd	15-80	30-140	20-70

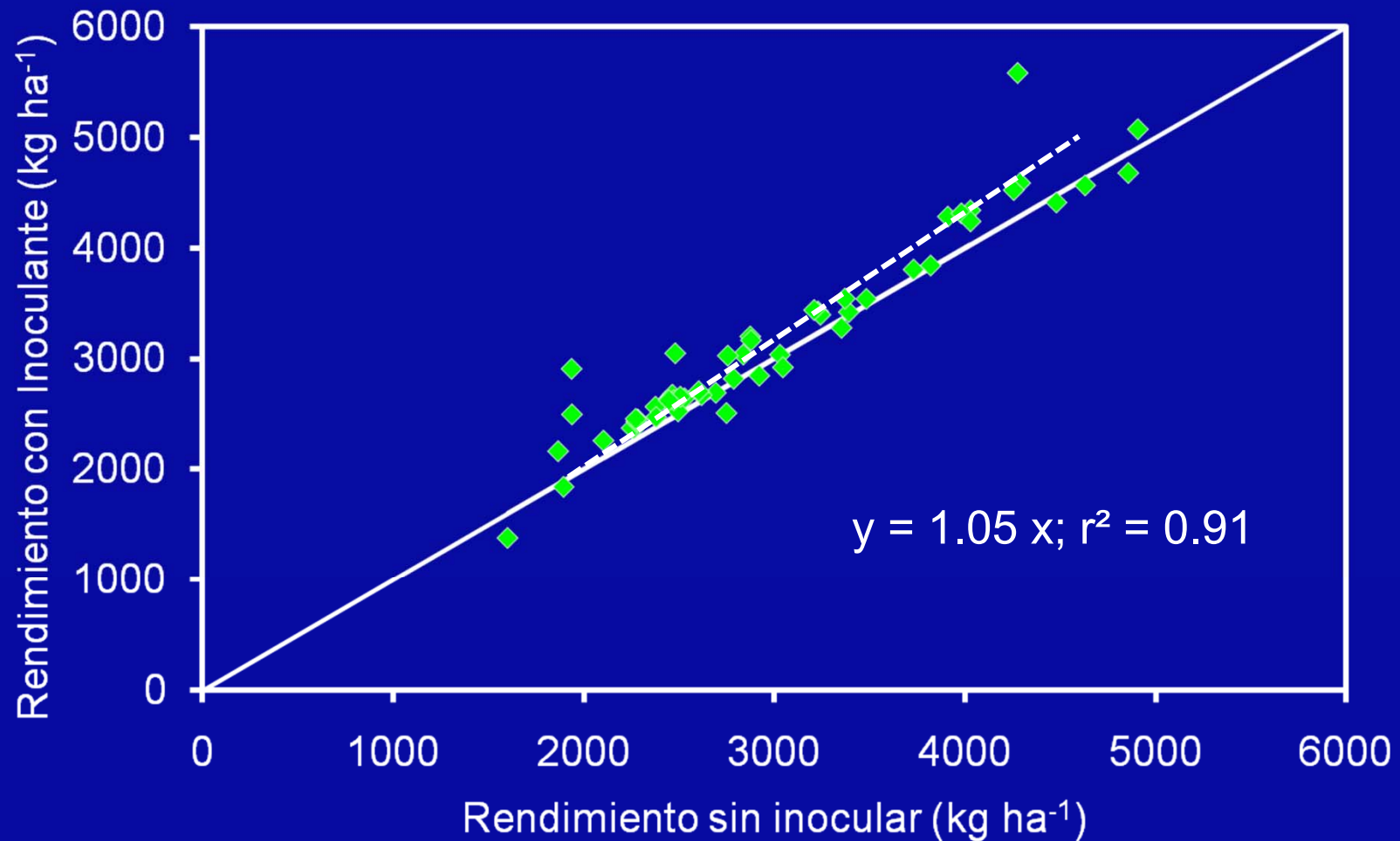
***Mas información en Correndo y García (2012) - AA No. 14 – IAH 5 - Marzo 2012***

# Alternativas para una mayor Eficiencia de Uso de N

- ❖ Mejorar los diagnósticos y las recomendaciones
- ❖ Aplicaciones divididas, ¿adopción? ¿logística? ¿rentabilidad?  
→ Monitoreo durante la estación de crecimiento
  - ❖ Evaluación visual usando parcelas de referencia (*parcelas de omisión*)
  - ❖ Uso de medidor de clorofila
  - ❖ Sensores remotos aéreos y satelitales
  - ❖ Sensores remotos terrestres
  - ❖ Uso de modelos de simulación
- ❖ Manejo sitio-especifico: Aplicaciones variables
- ❖ Tecnologías de fertilización: Nuevos fertilizantes como inhibidores de ureasa y de nitrificación o fertilizantes estabilizados o de liberación lenta
- ❖ Rotaciones y asociaciones de cultivos: Uso de cultivos de cobertura que aporten N al sistema

# Inoculación

Respuesta a la inoculación en lotes con historia sojera



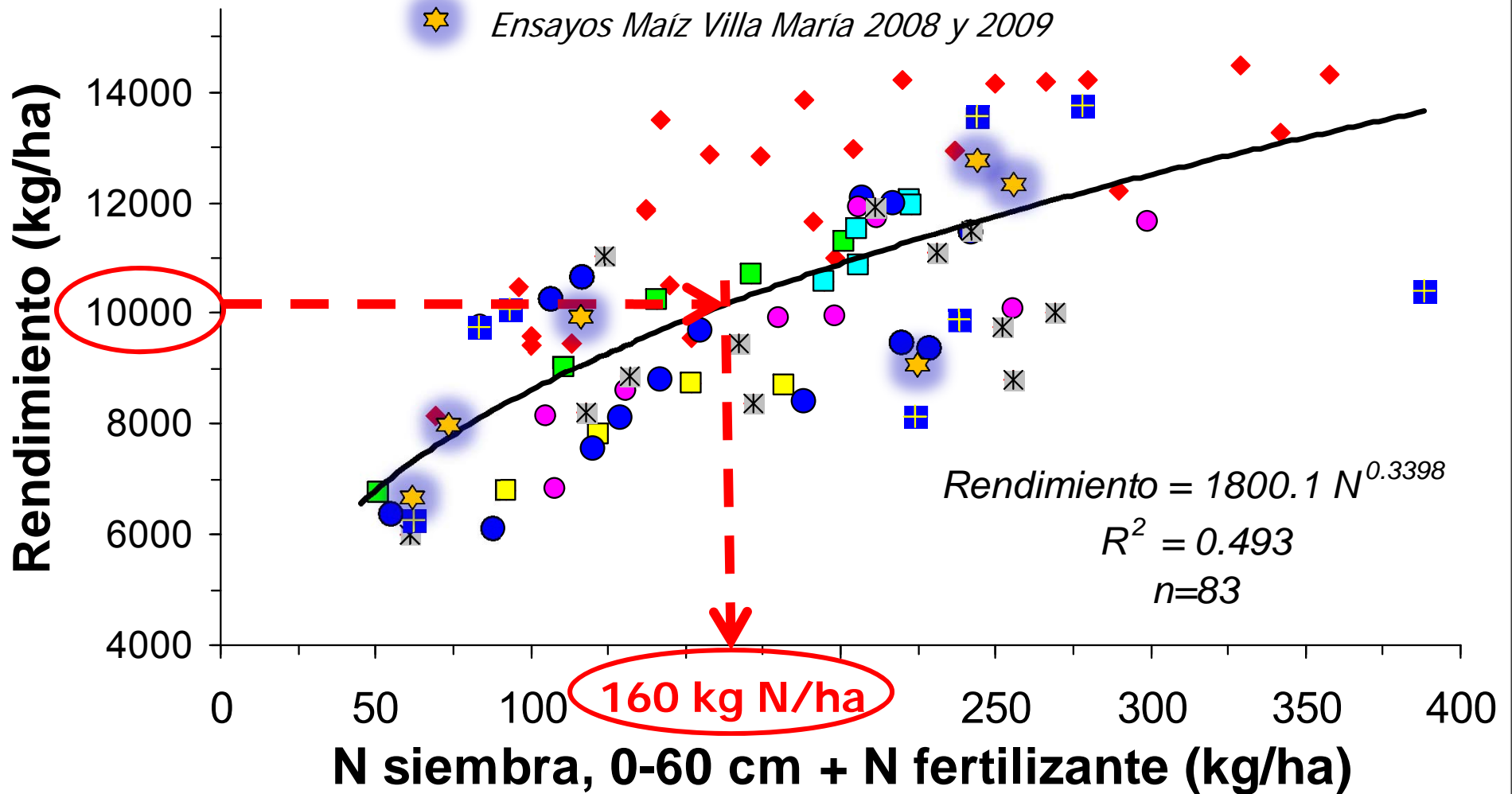
Enrico y Capurro, 2009. Sobre base de datos Proyecto INOCULAR

# N disponible a la siembra y Rendimiento de Maíz



- ◆ AAPRESID-Profertil 2001
- INTA C. Gomez 2000
- INTA C. Gomez 2001
- AAPRESID-INPOFOS 2000
- CREA 2000
- CREA 2002
- ✱ CREA 2003
- CREA 2004

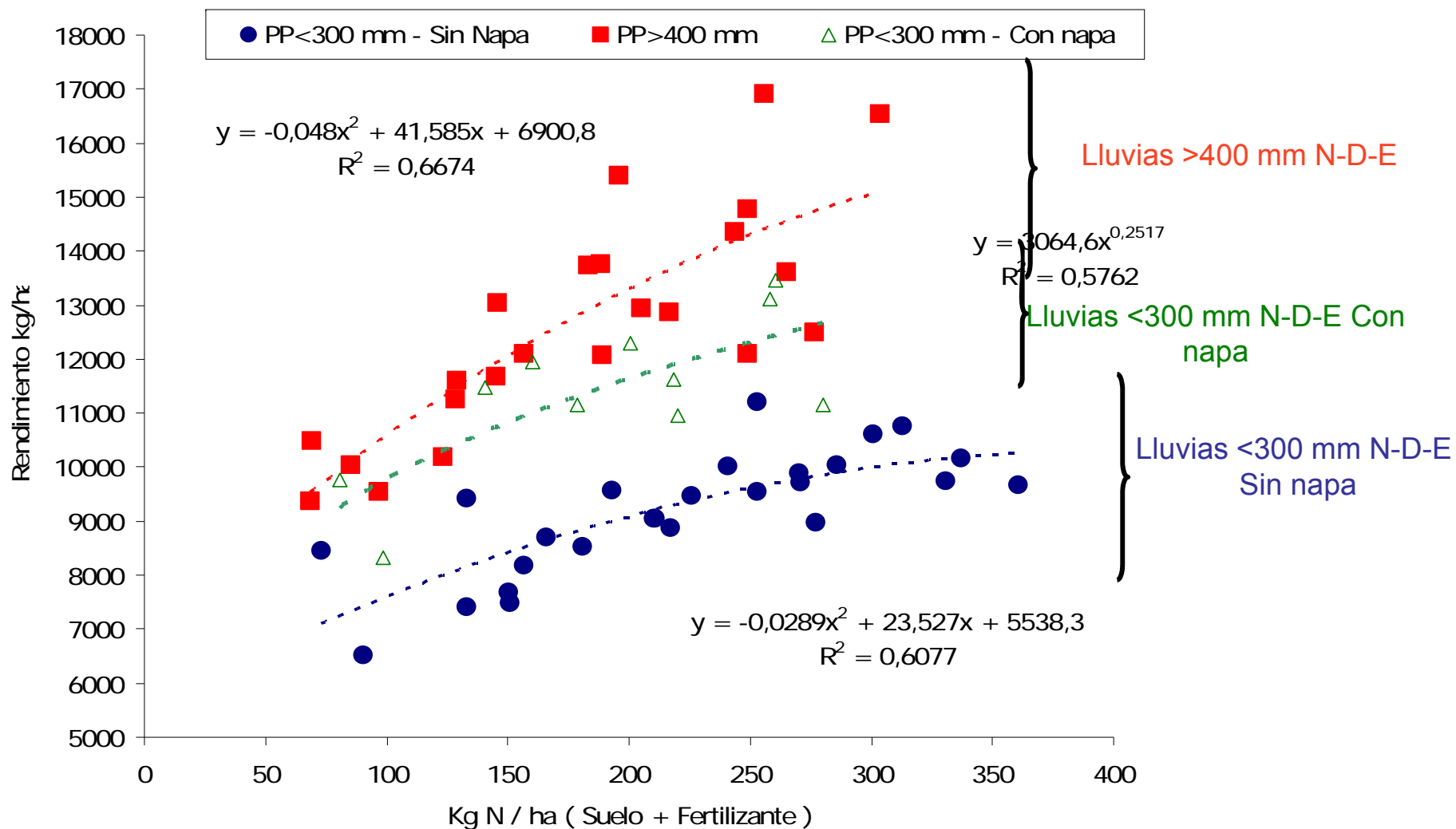
★ Ensayos Maíz Villa María 2008 y 2009



# CREA Monte Maíz y Monte Buey-Inriville

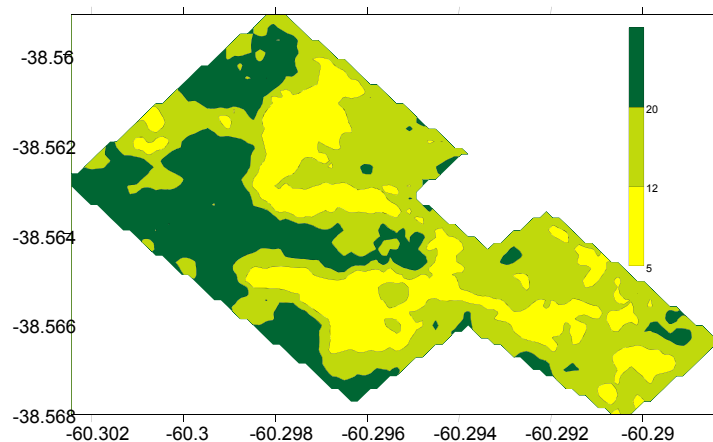
Campañas 2003/04, 2004/05 y 2005-06

Respuesta de **N** en Maíz dependiendo lluvias en el periodo critico

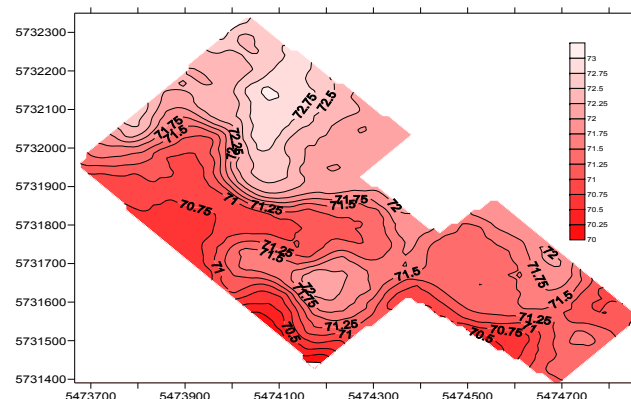


# Manejo de la fertilización nitrogenada por ambientes

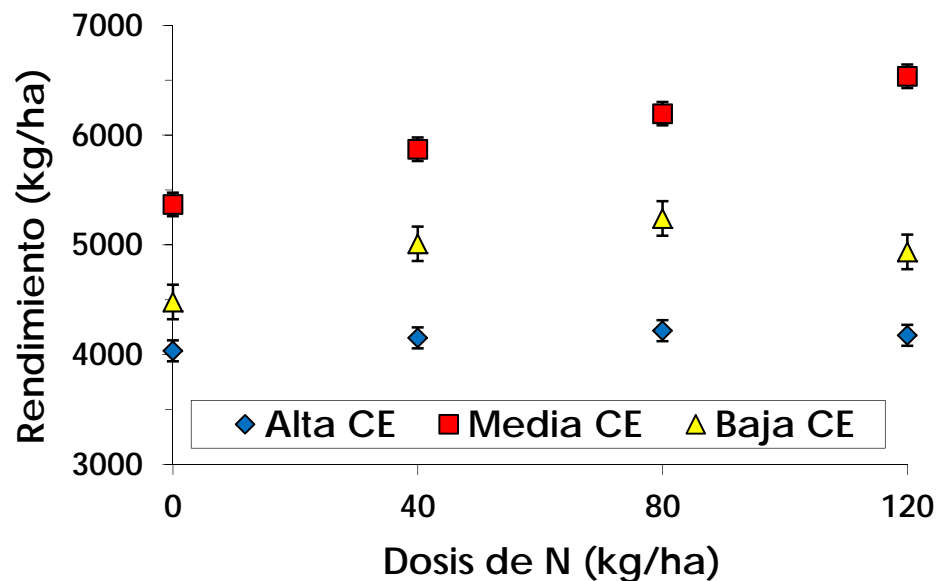
Fuente: Zamora y Costa (2011) - INTA CEI Barrow y EEA Balcarce



Mapa de CEa



Mapa de Altimetría



•La conductividad eléctrica aparente (CEa) permitió establecer zonas de manejo sitio-específico.

•La posición relativa de cada ambiente en el relieve afectó tanto la CEa como el contenido de humedad del suelo.

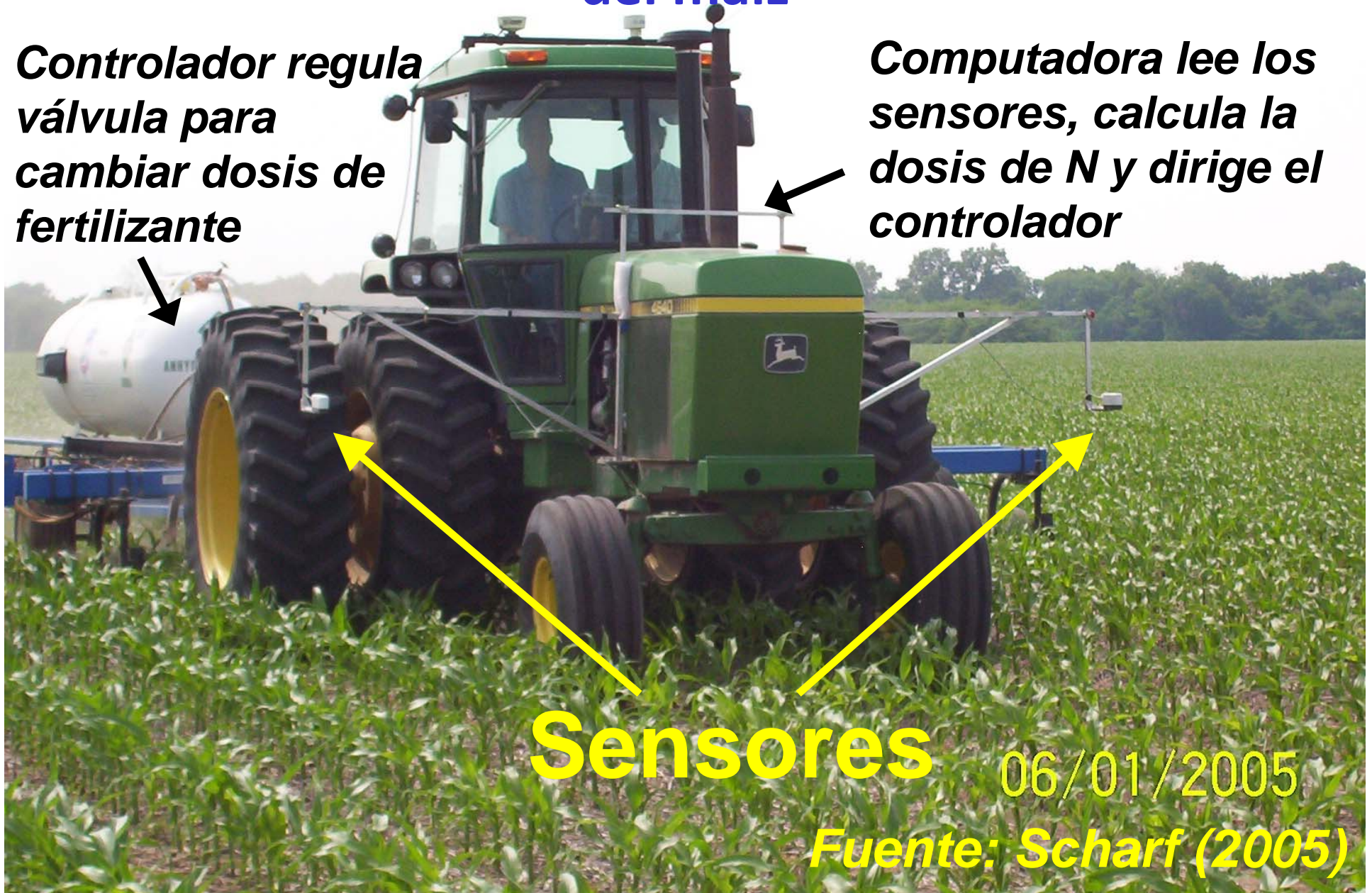
•El trigo presentó diferencias en su respuesta al agregado de N según los ambientes definidos por CEa y dicha respuesta fue diferente según el tipo de suelo



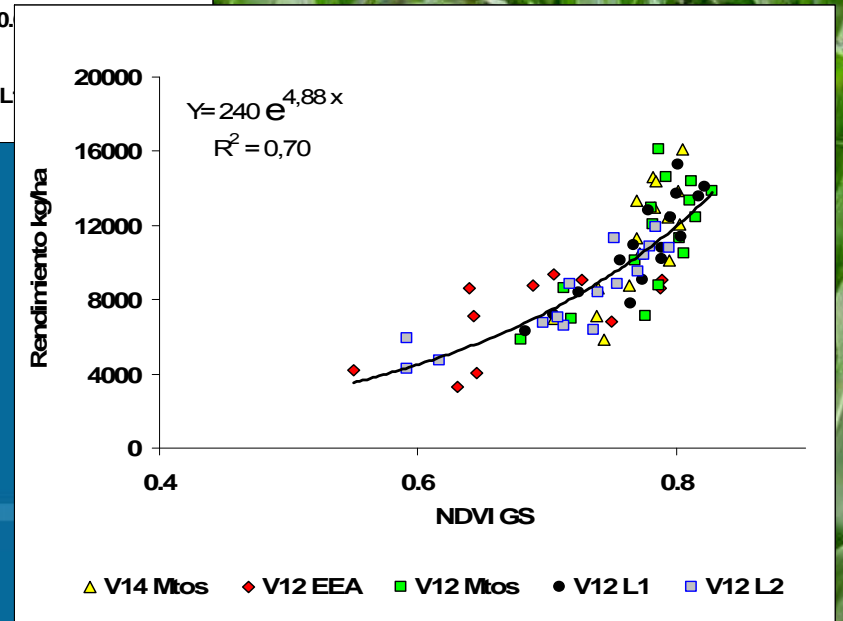
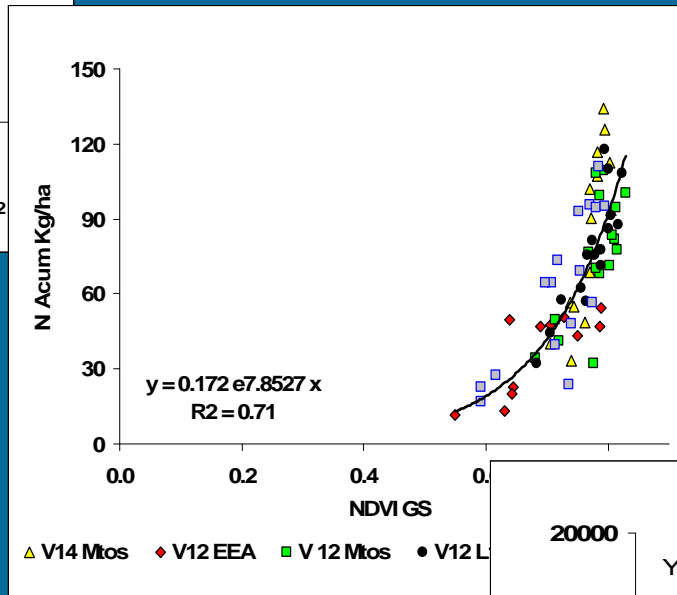
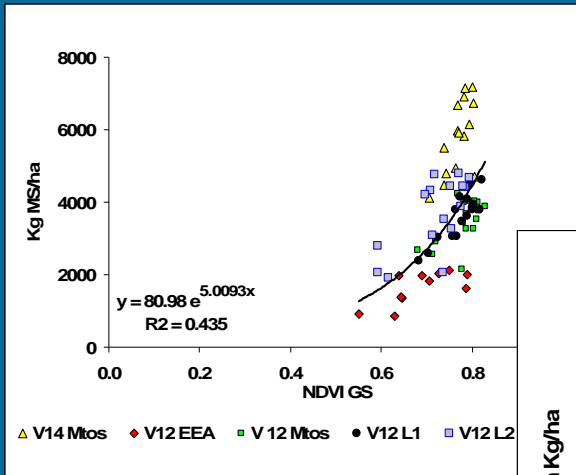
# Aplicación variable de N según sensores de “color” del maíz

*Controlador regula válvula para cambiar dosis de fertilizante*

*Computadora lee los sensores, calcula la dosis de N y dirige el controlador*



# NDVI PREDICE... CRECIMIENTO



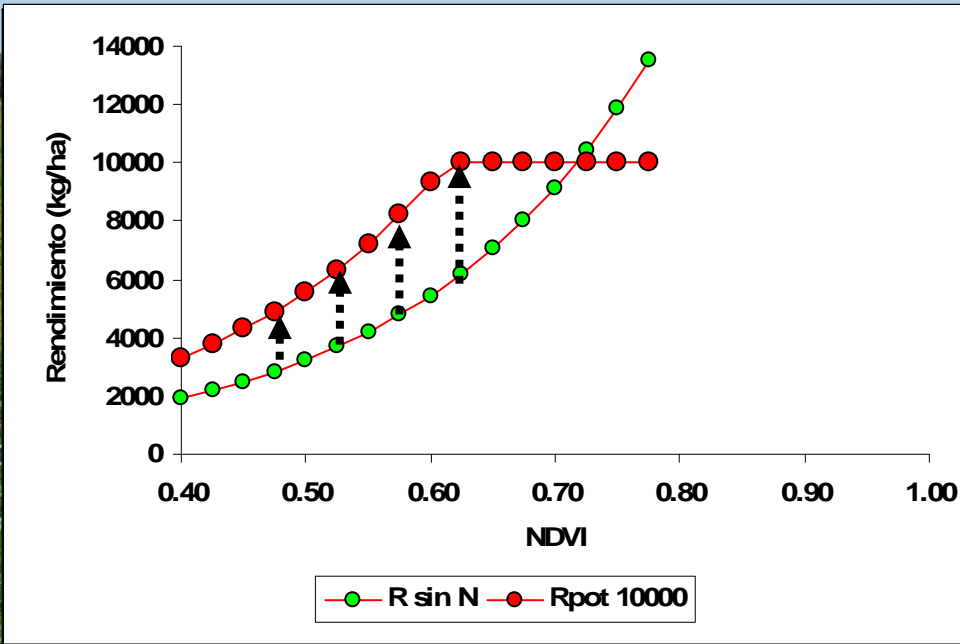
ESTADO  
DE  
NUTRICION

RENDIMIENTO  
BASE DE CALCULO  
DE LA DOSIS DE N

Fuente: Ricardo Melchiori – INTA Paraná

Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria

# Calculo de dosis de refertilización en maíz



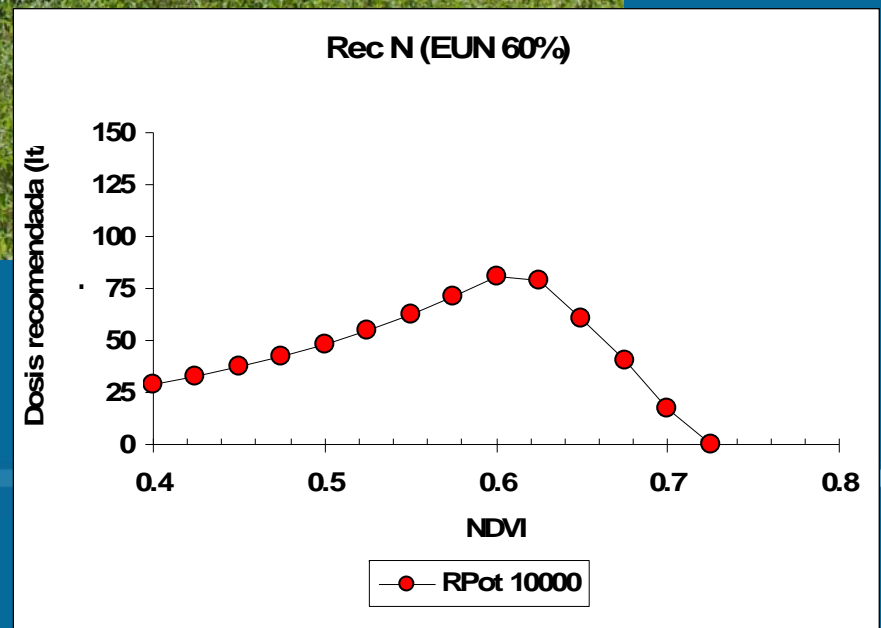
$$IR = f \frac{\text{NDVI Ref.}}{\text{NDVI campo}}$$

$$\text{Rend (+N)} = R \times IR$$

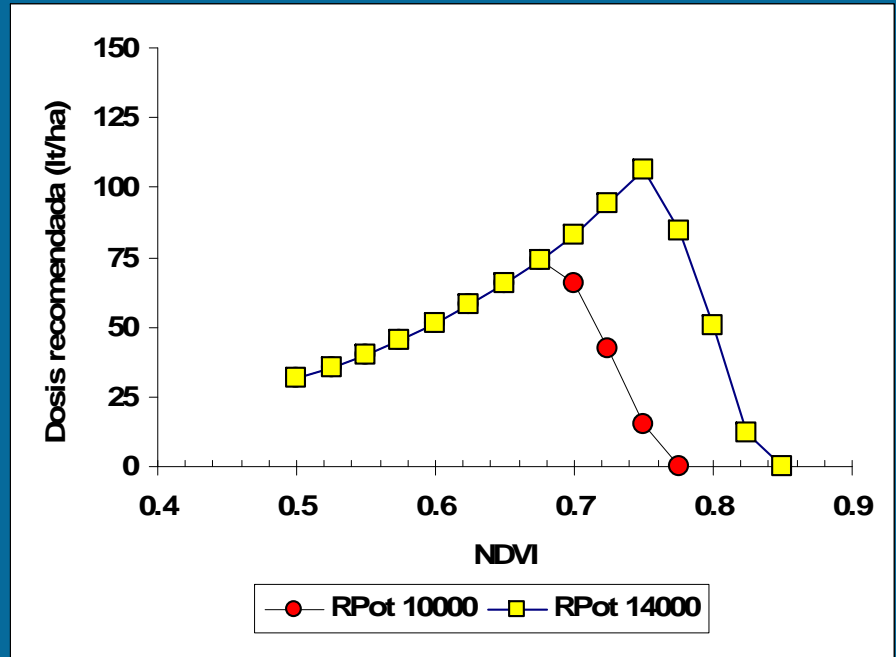
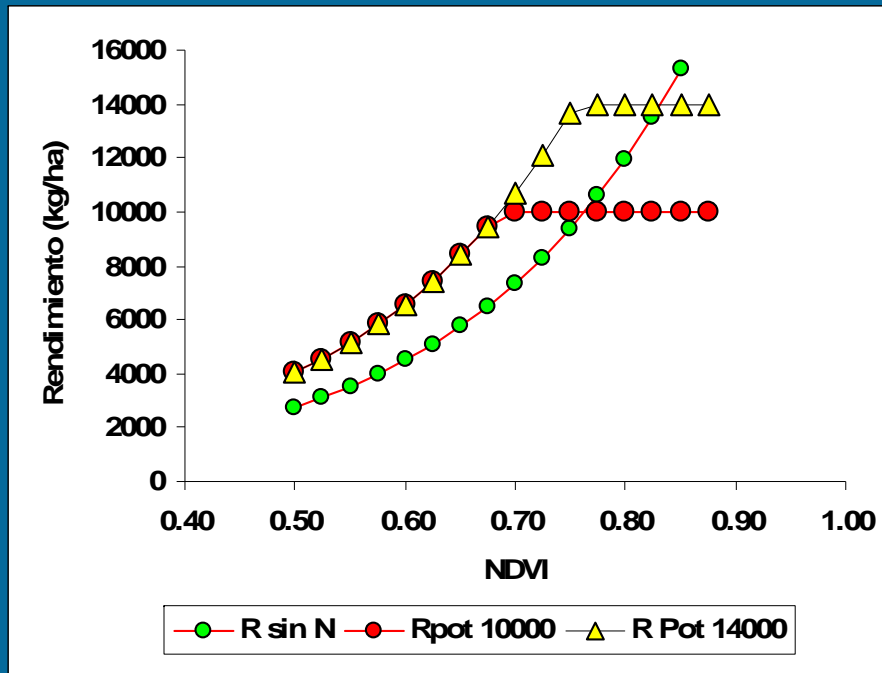
$$\text{Dosis} = (\text{dif Rend}) \times \text{Req N}$$

Fuente: Ricardo Melchiori – INTA Paraná

Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria



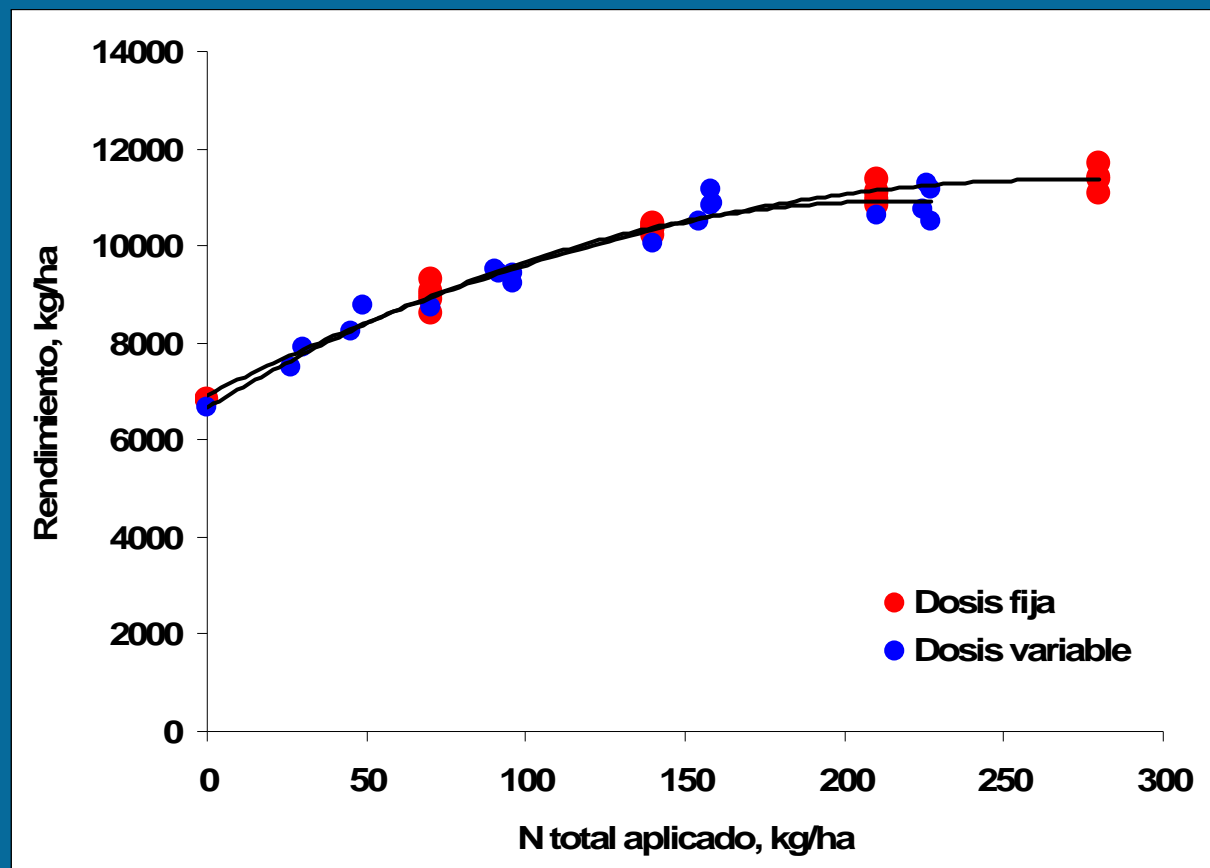
# Ajuste por rendimiento objetivo



Fuente: Ricardo Melchiori – INTA Paraná

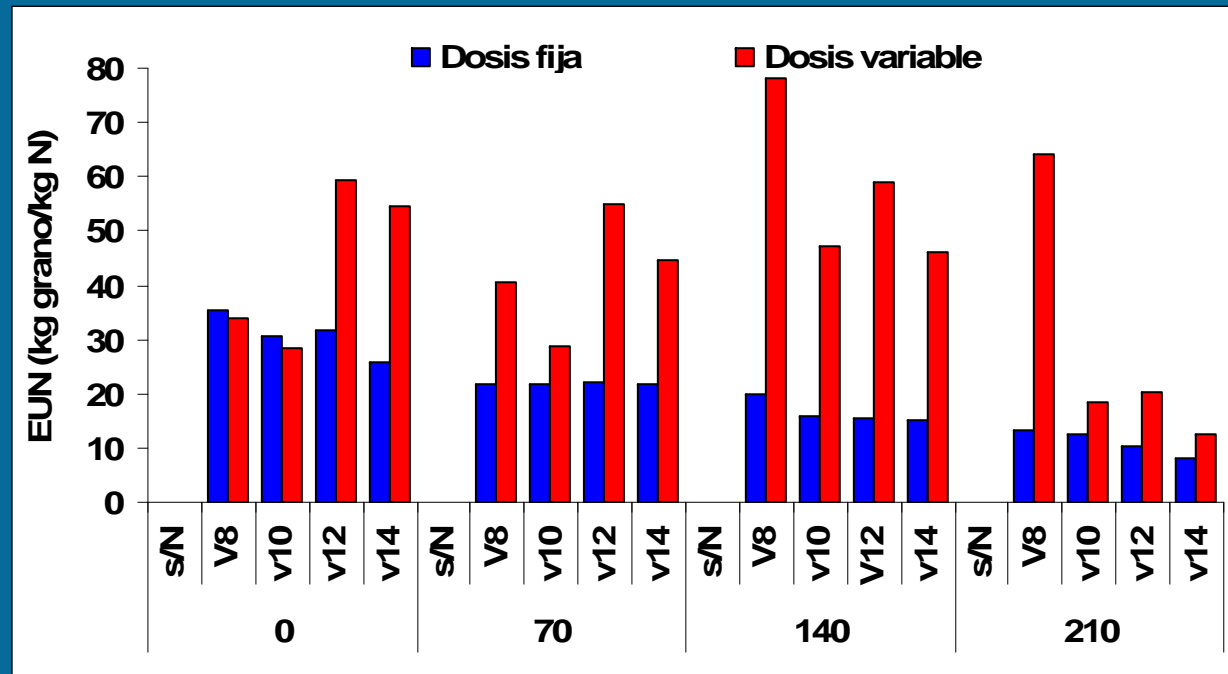
# Experimentos de refertilización en maíz (2004-2008)

Dosis Fija  
vs.  
Dosis Variable  
definida  
por sensor



$$N-DV = N-DF \times 0,79 \quad (p < 0.01, r^2 = 0.94)$$

# Resultados en maíz promedio (2004-2008)



**EUN**

**DF= 20 kg grano/kg N ....DV= 43 kg grano/kg N**

# 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

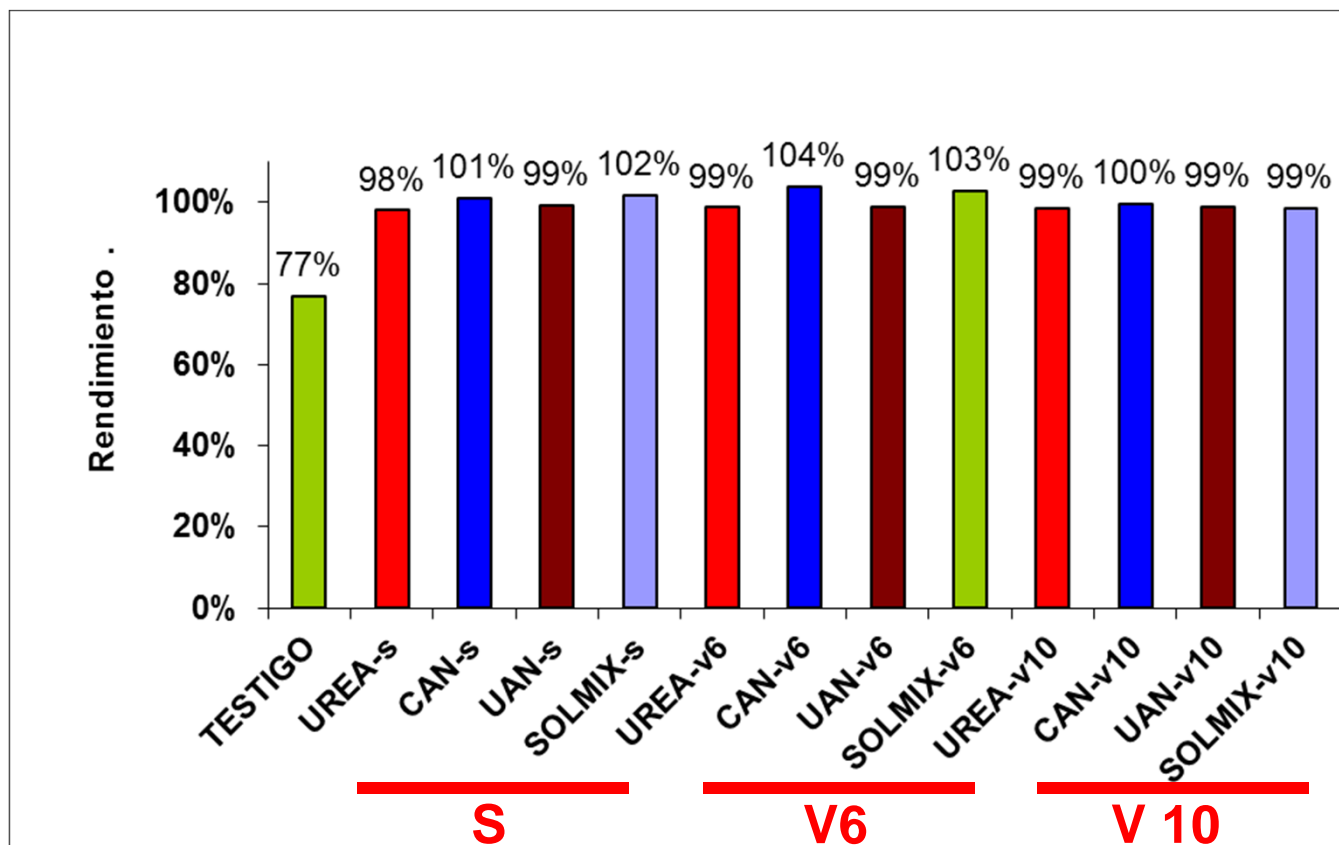
## Formas y Fuentes de aplicación

- 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: Respuesta a Momentos y Fuentes de N

*R. Melchiori y col. (2011) – Proyecto INTA*



**SIN DIFERENCIAS POR MOMENTO Y FUENTES DE NITROGENO**

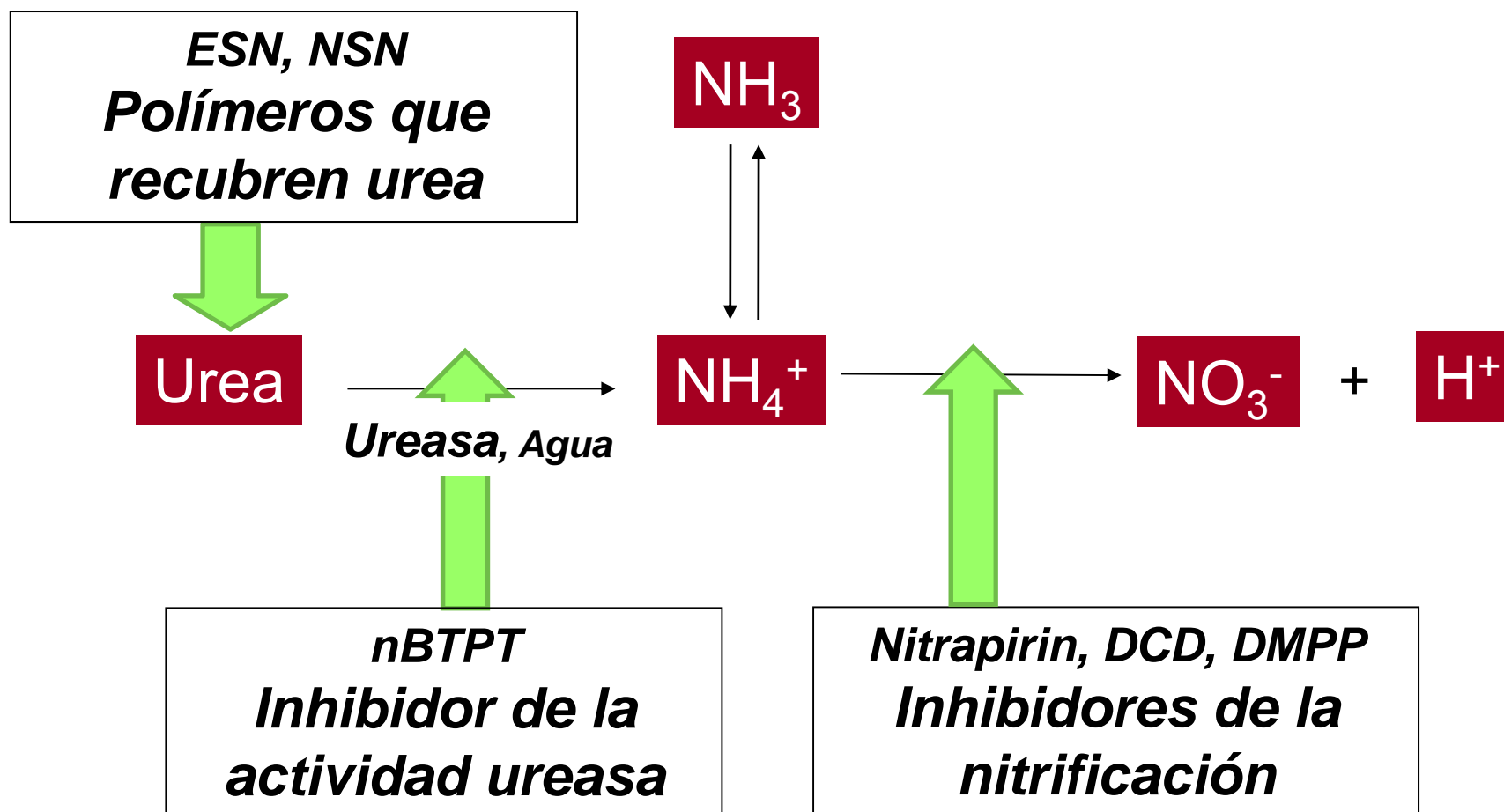


## Nuevos productos fertilizantes

### Fertilizantes de liberación lenta o estabilizados

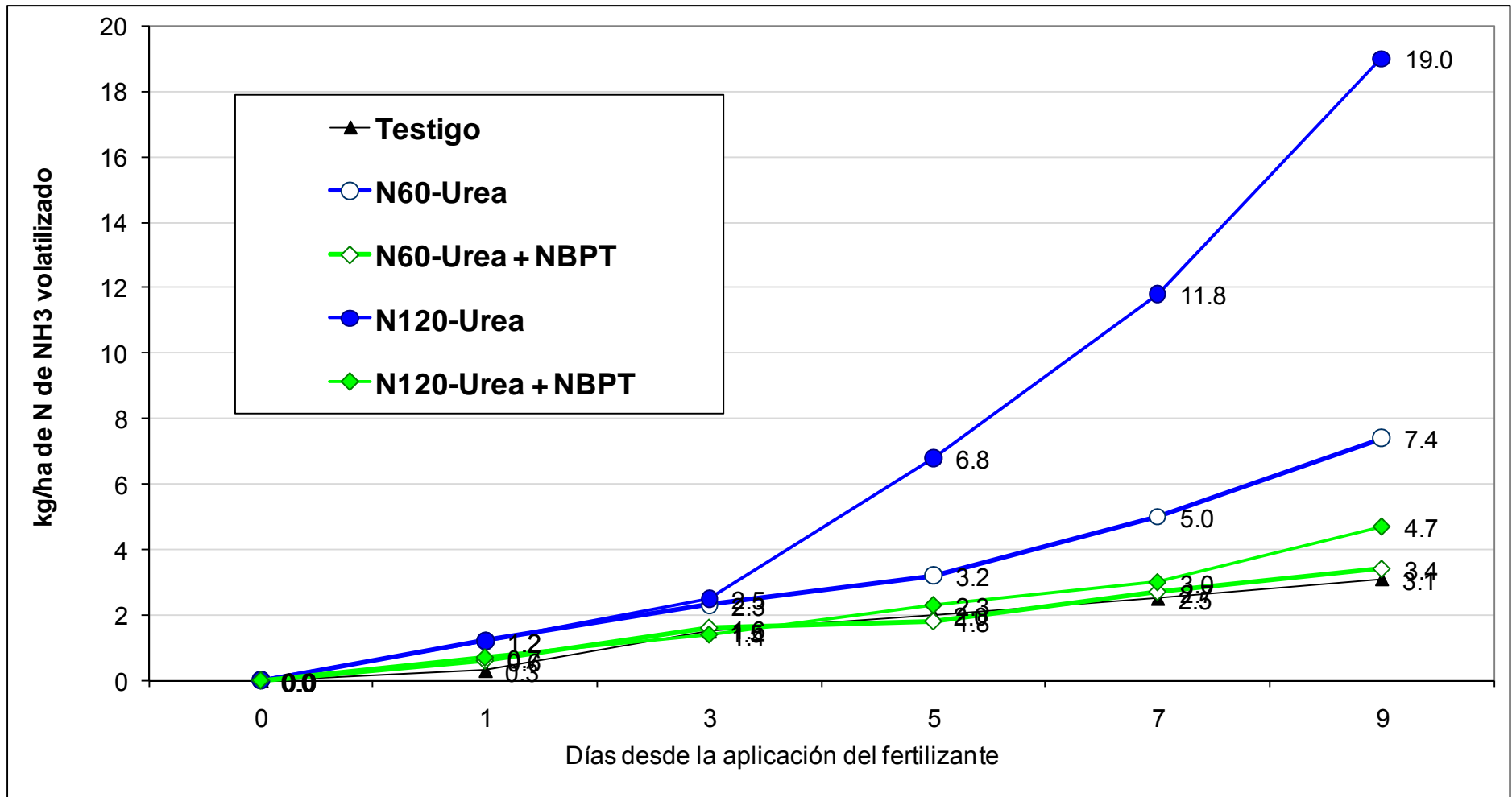
- **Cubiertos con polímeros:** N (*ESN*<sup>®</sup>, *NSN*<sup>®</sup>) o P (*Avail*<sup>®</sup>)
- **Inhibidores de la ureasa:** NBPT (*Agrotain*, *Urea GreenVC Plus*<sup>®</sup>, *eNe Total*<sup>®</sup>)
- **Inhibidores de la nitrificación:** DMPP (*Entec*<sup>®</sup>), nitrapirin, o DCD (*Super U*<sup>®</sup>)

# Efectos de inhibidores en fertilizantes modificados



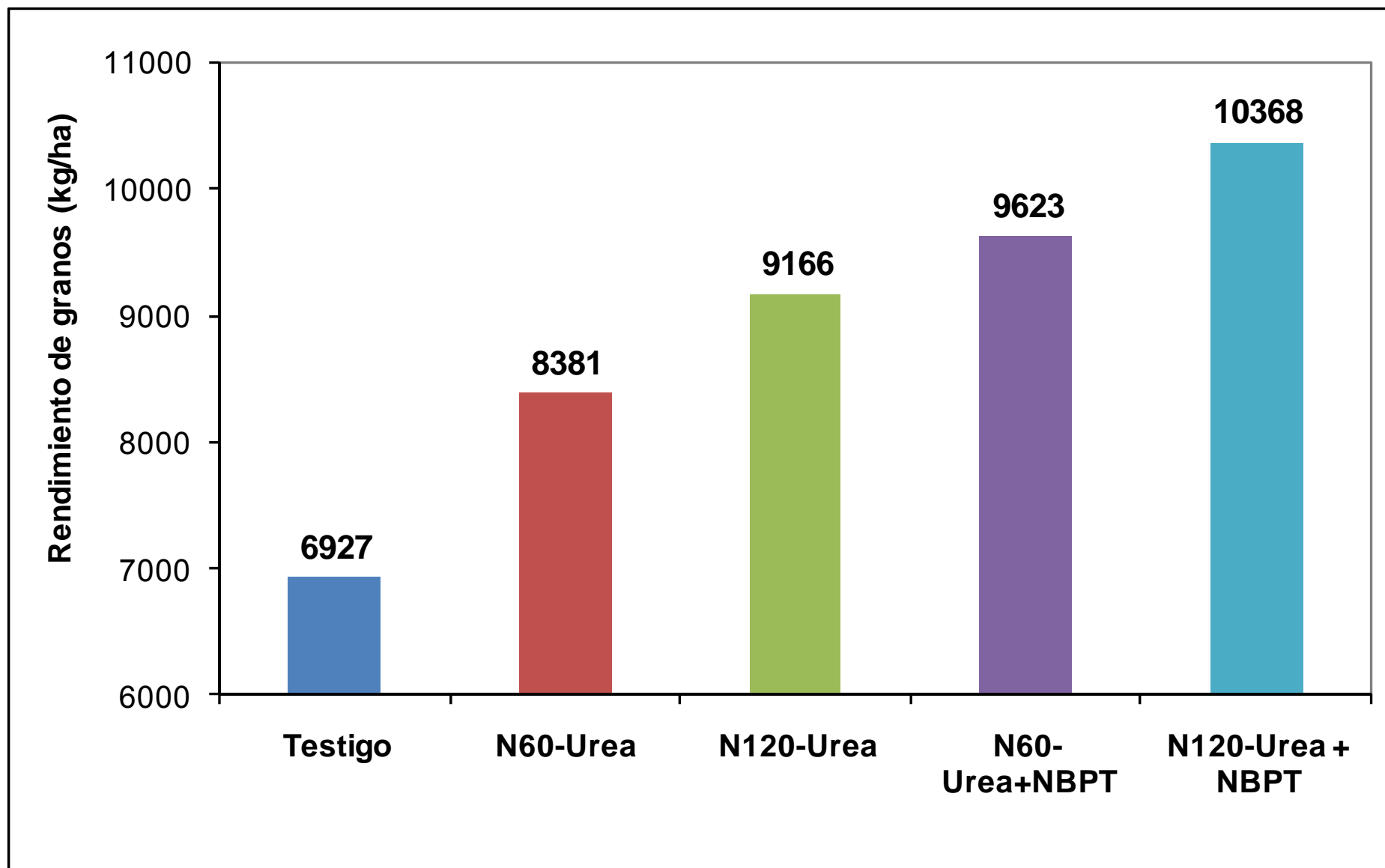
# MAIZ de 1a: Pérdidas por volatilización de amoniaco con y sin aplicación de inhibidor de la ureasa

Fuente: G. Ferraris et al. (2009) - EEA INTA Pergamino – Campaña 2008/09



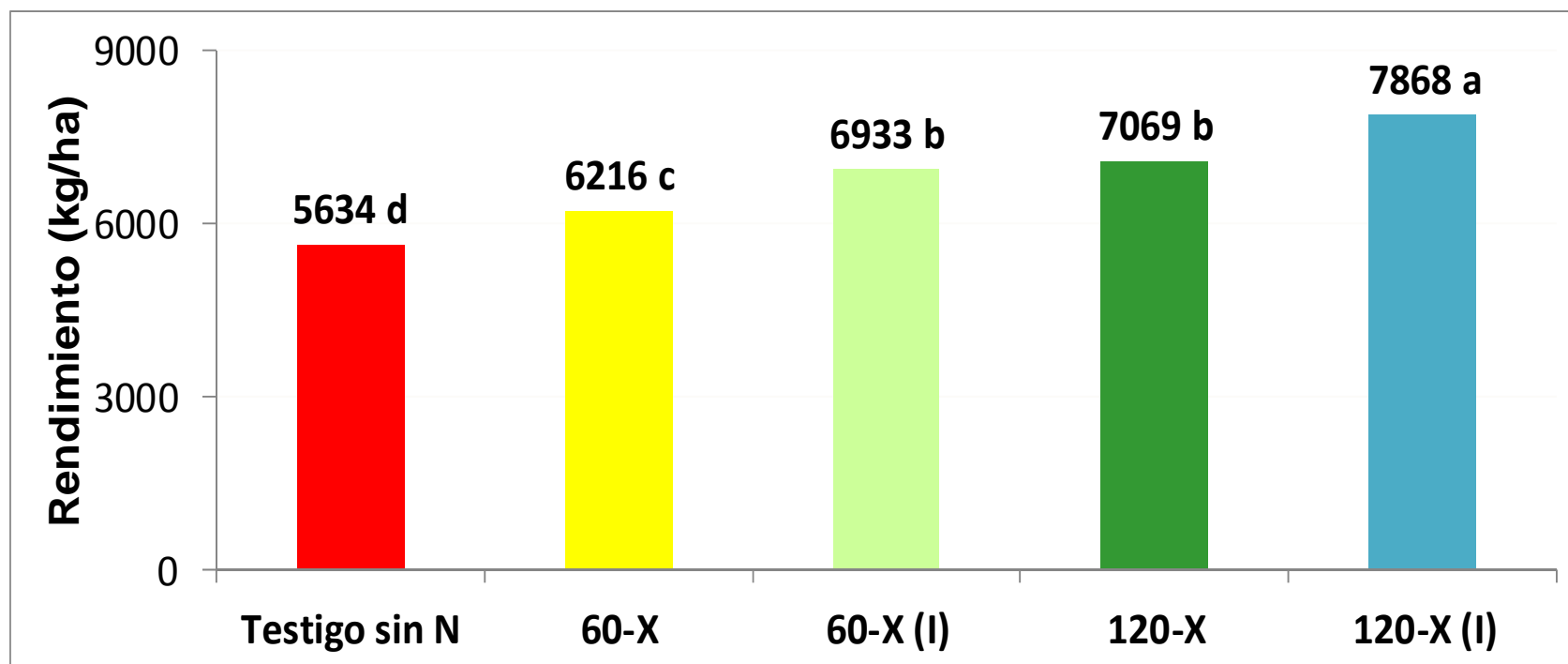
# MAIZ de 1a: Rendimiento con y sin aplicación de inhibidor de la ureasa

*Fuente: G. Ferraris et al. (2009) - EEA INTA Pergamino – Campaña 2008/09*



# Evaluación NBTPT en trigo en el centro-oeste bonaerense

Ventimiglia y col. (2012) – INTA 9 de Julio  
9 de Julio (Buenos Aires) – 2011/2012

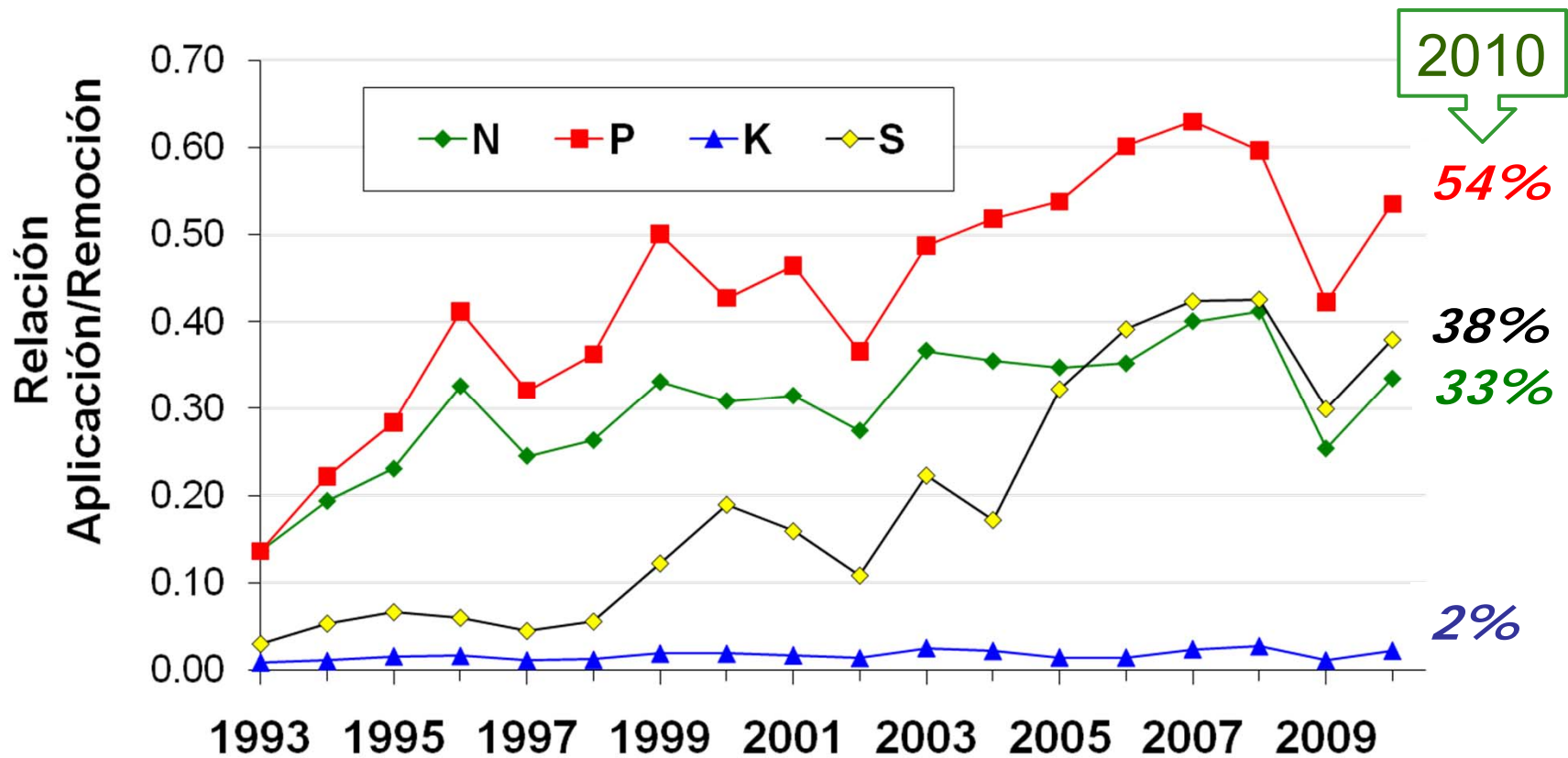


- Dosis de N para 60-X de 31 kg N/ha
- Dosis de N para 120-X de 91 kg N/ha
- Urea aplicada al voleo el 6/7/11, primera lluvia de 34 mm el 18/7/11

• MO 2.7% - pH 5.7 - P Bray 3.6 ppm - N-nitratos (0-60 cm) 27 kg/ha  
• Antecesor: Soja 1<sup>a</sup> - Siembra 23/6/11 – Variedad Klein Yarara  
• Fertilización base en la línea de siembra: 115 kg/ha de mezcla con 5,5% N;  
26 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 9,3% S y 11,8 % Ca



# Argentina: Relaciones Aplicación/Extracción de N, P, K y S en cultivos extensivos 1993-2010

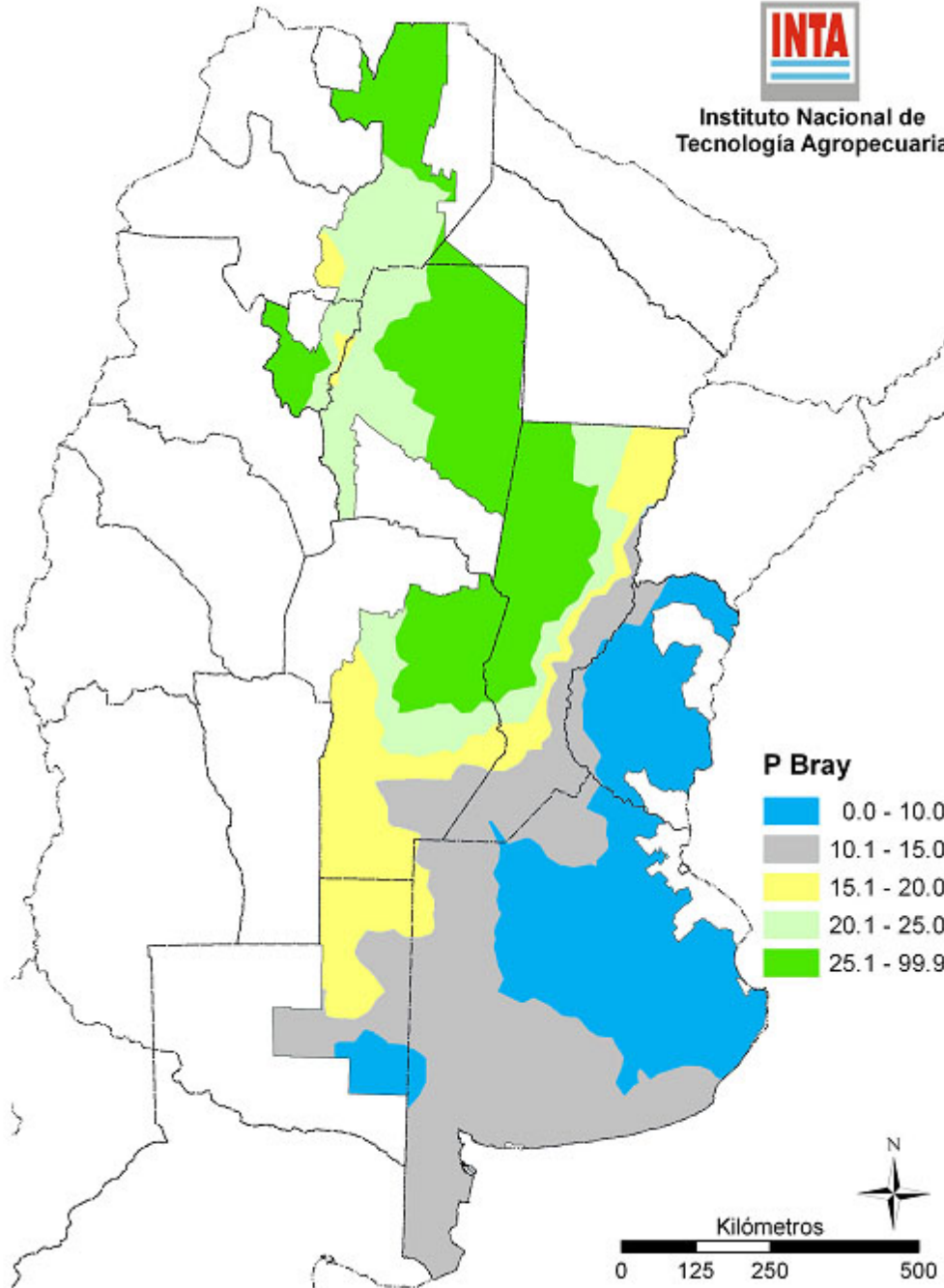


*En la campaña 2010/11 se repuso el 27% del N, P, K y S extraídos en soja, maíz, trigo y girasol*

*Elaborado a partir de datos de SAGPyA y Fertilizar AC*



Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria



## Distribución de la concentración de fósforo extractable en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana y extrapampeana Argentina

*Muestras 0-20 cm, 2005 y 2006 (n=34447)*

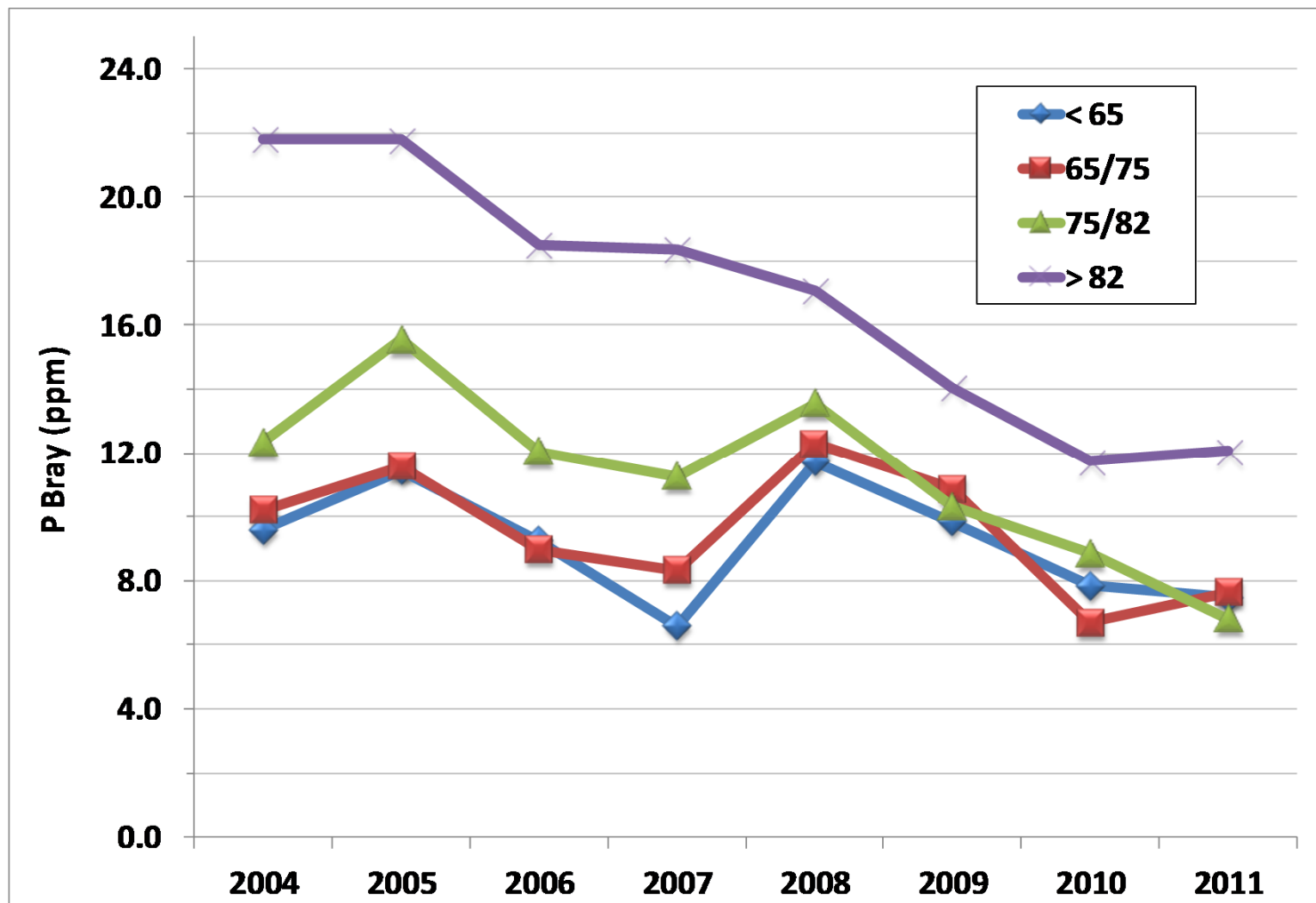
*(Sainz Rozas et al., 2011)*



# Evolución P Bray según porcentaje de arena de los ambientes



CREA Oeste – 2004 a 2011



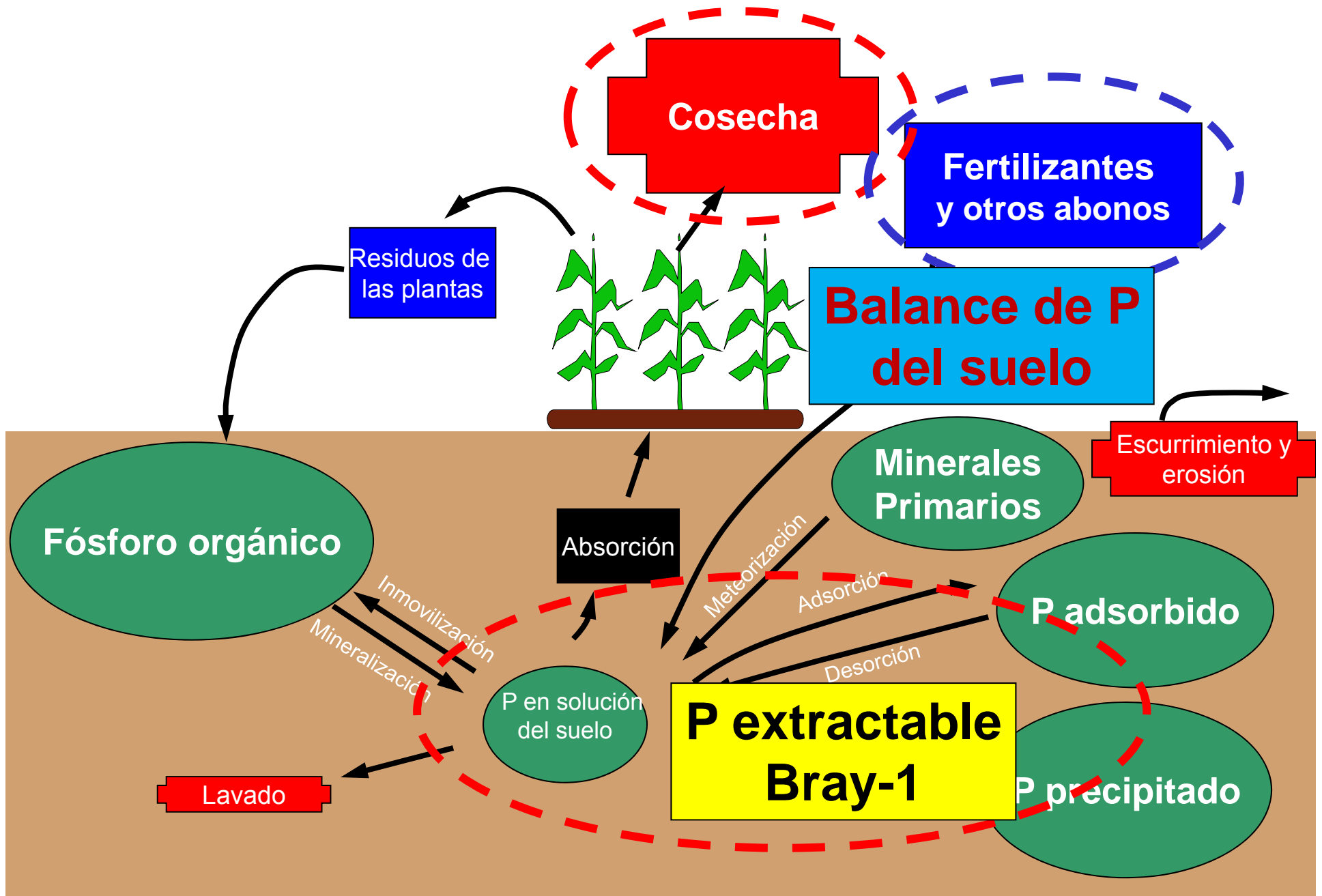
Fuente: Nicolás Bosch – CREA Oeste

# El Ciclo del Fósforo

Componente

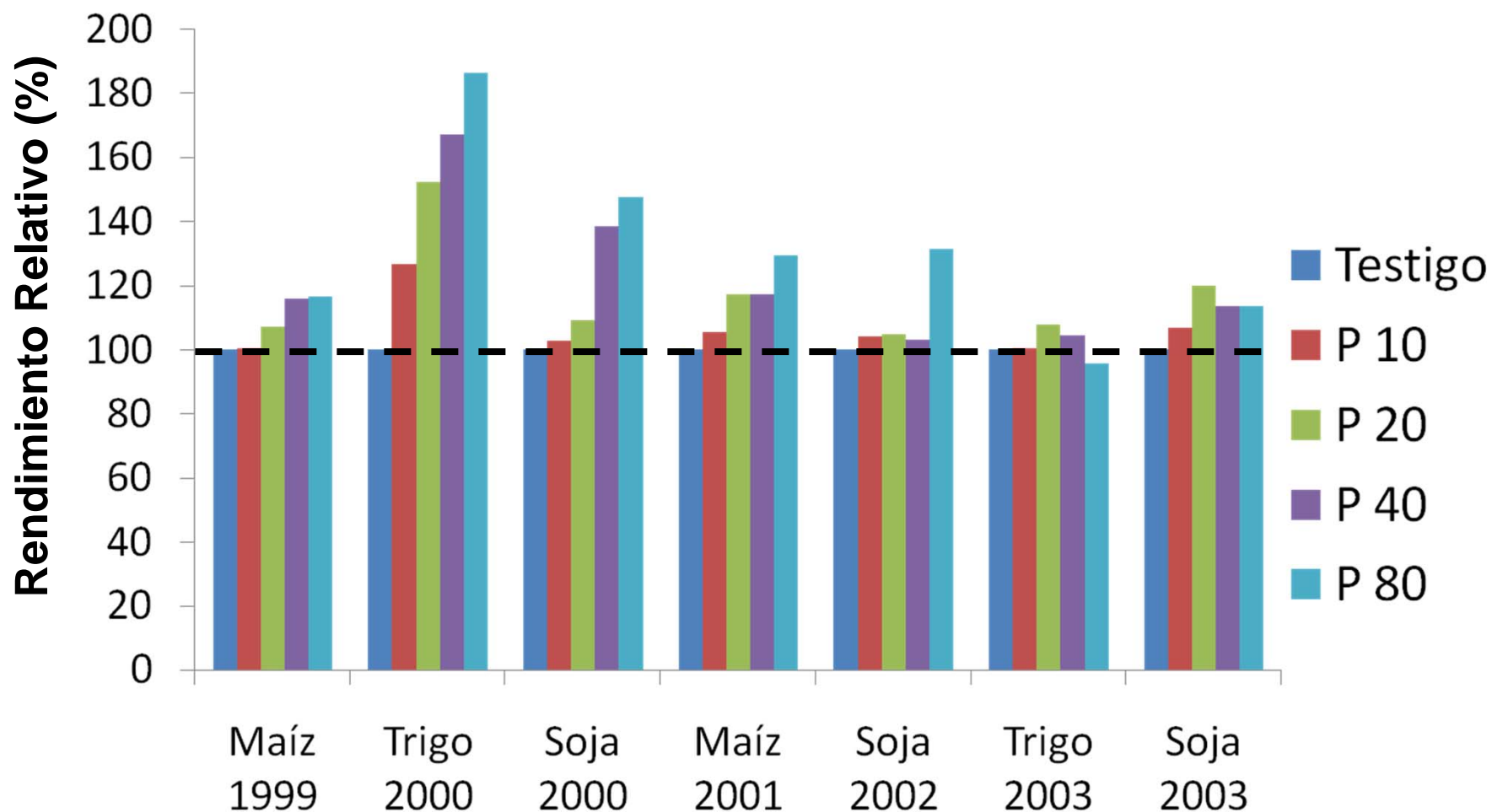
Entrada

Pérdida



# Residualidad de Fósforo

INTA 9 de Julio (Buenos Aires) - Suelo Hapludol típico



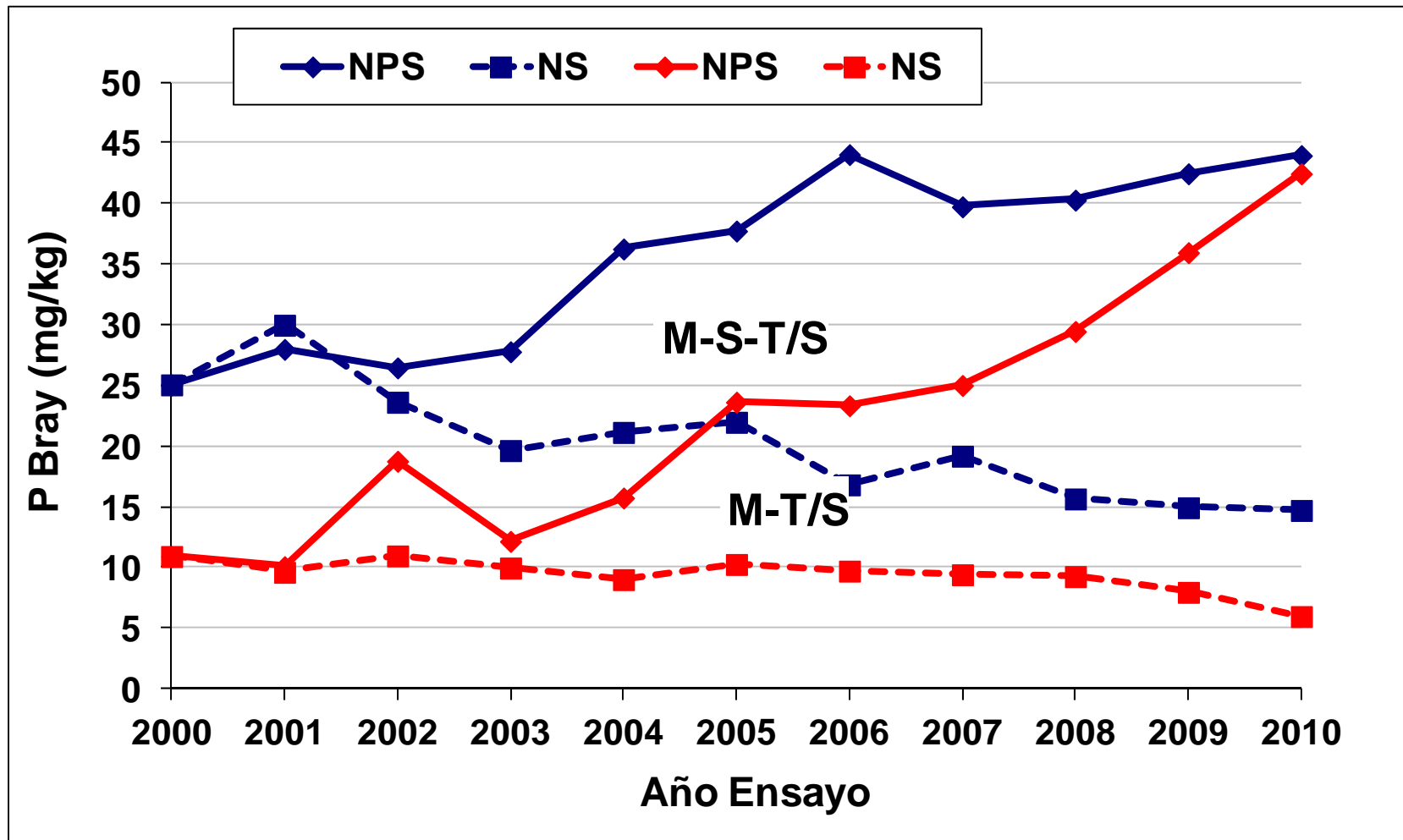
***P aplicado a la siembra del Maíz en Septiembre 1999***

***P Bray inicial 9 ppm***

# Evolución P Bray con y sin aplicación de P en dos rotaciones



Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe – 2000 a 2010



Dosis P: Remoción en granos + 5-10%

Fuente: CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP

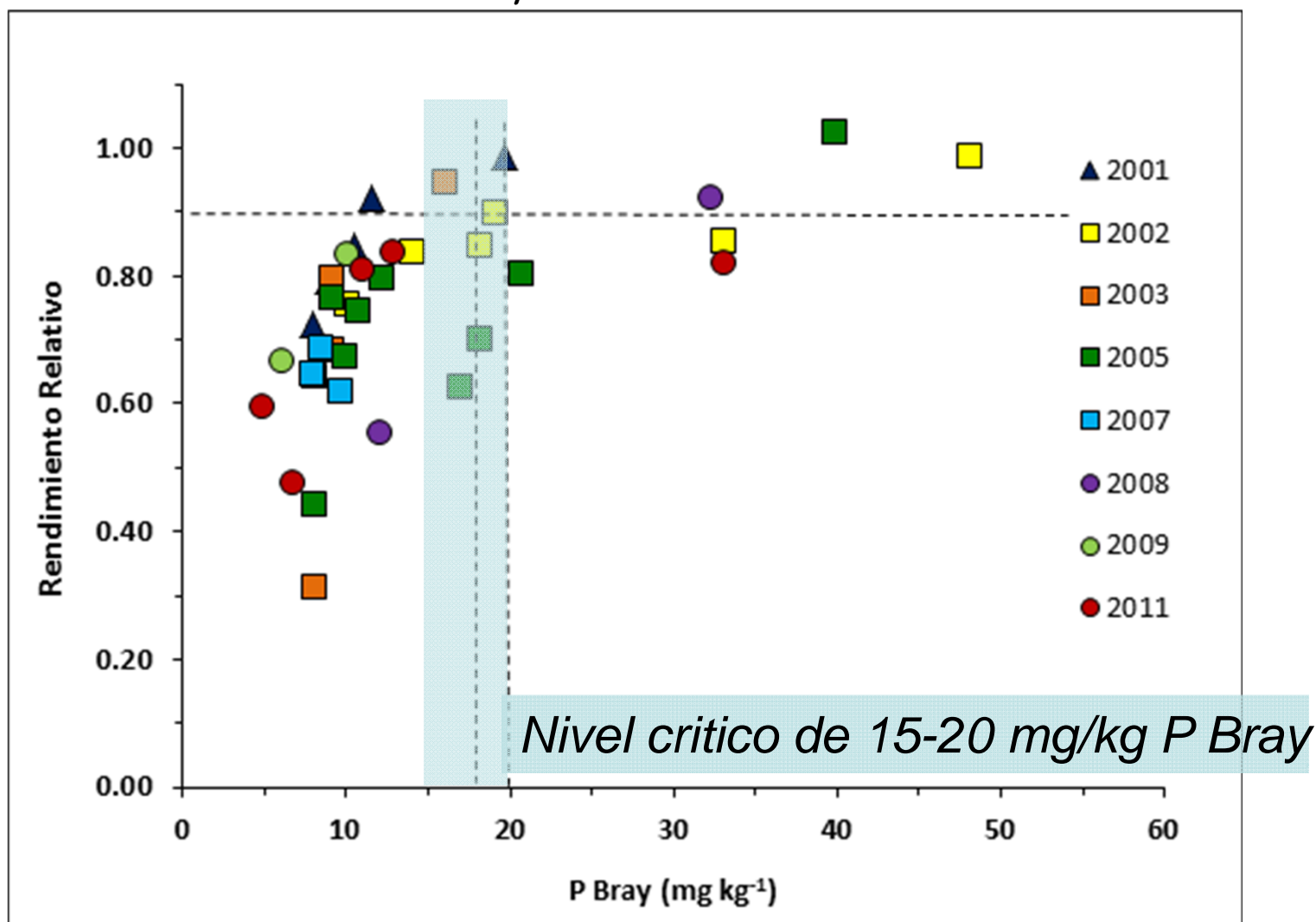
# ¿Cómo deberíamos manejar fósforo?

- Conocer el nivel de P Bray según análisis de suelo



# P en Trigo

Red CREA Sur de Santa Fe  
38 sitios - Campañas 2001/02 a 2011/12



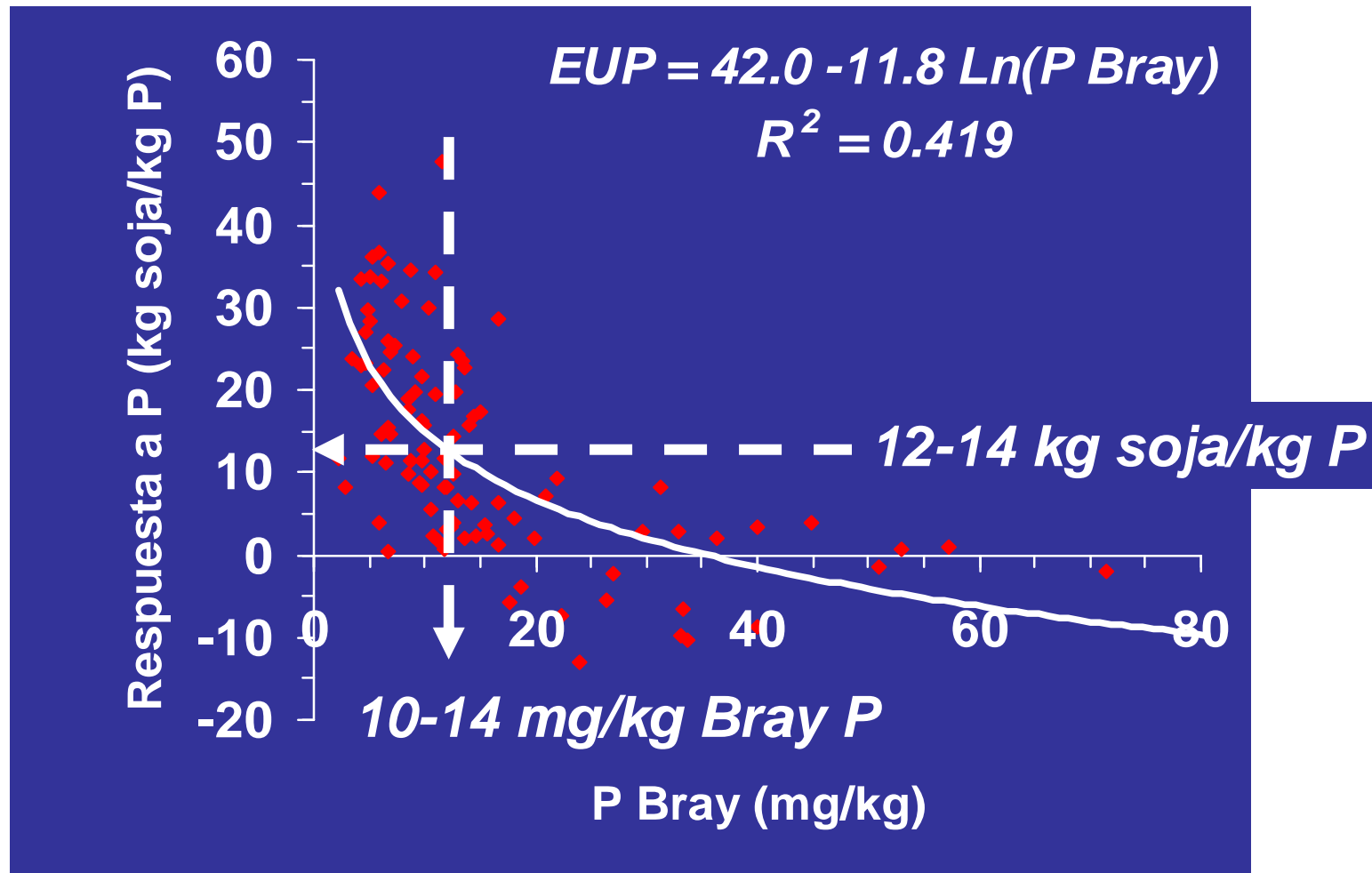
Fuente: CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP



# 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



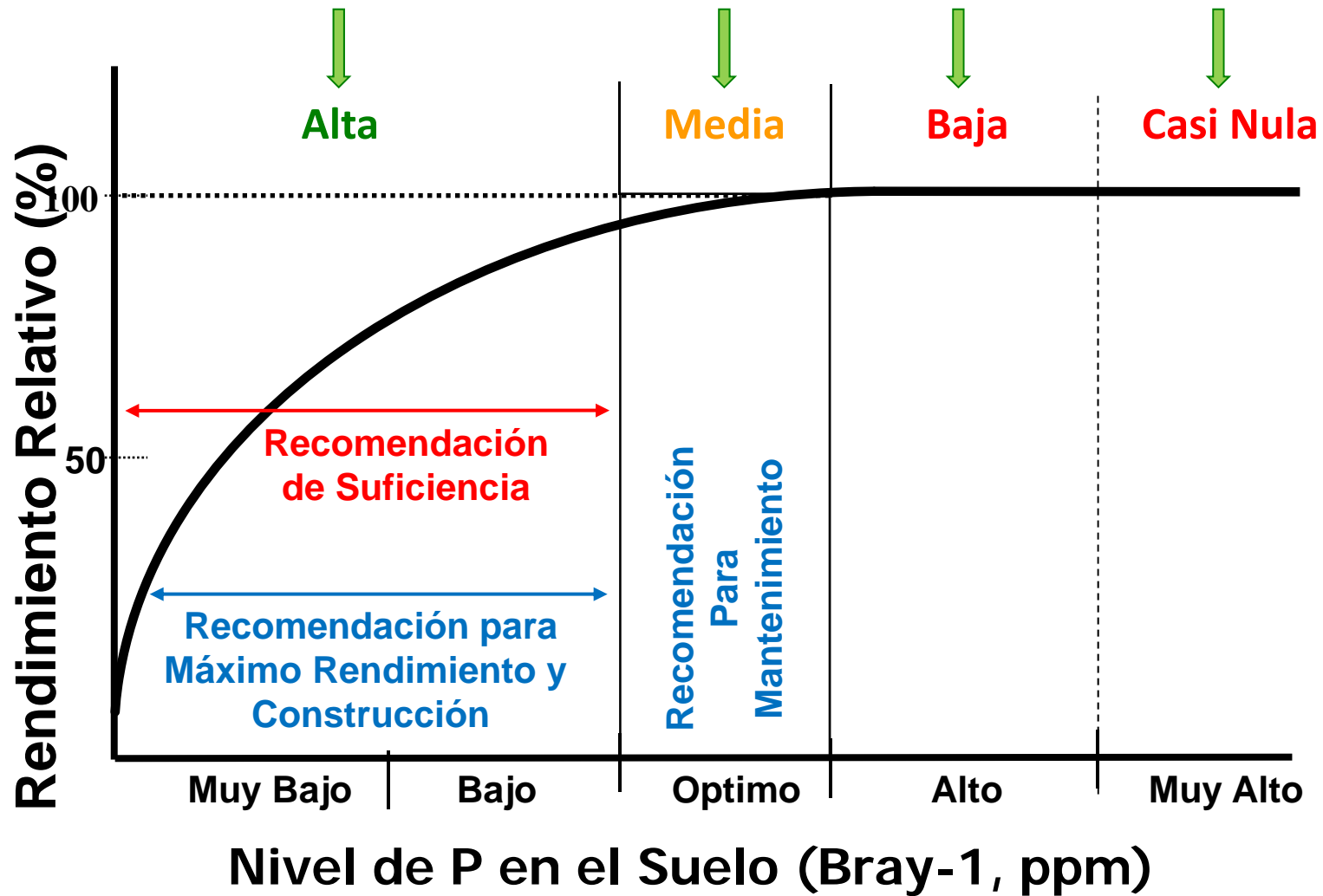
# ¿Cómo deberíamos manejar fósforo?

- 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)





## Probabilidad de Respuesta y Beneficio Económico



*Adaptado de Mallarino, 2007*

# *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**

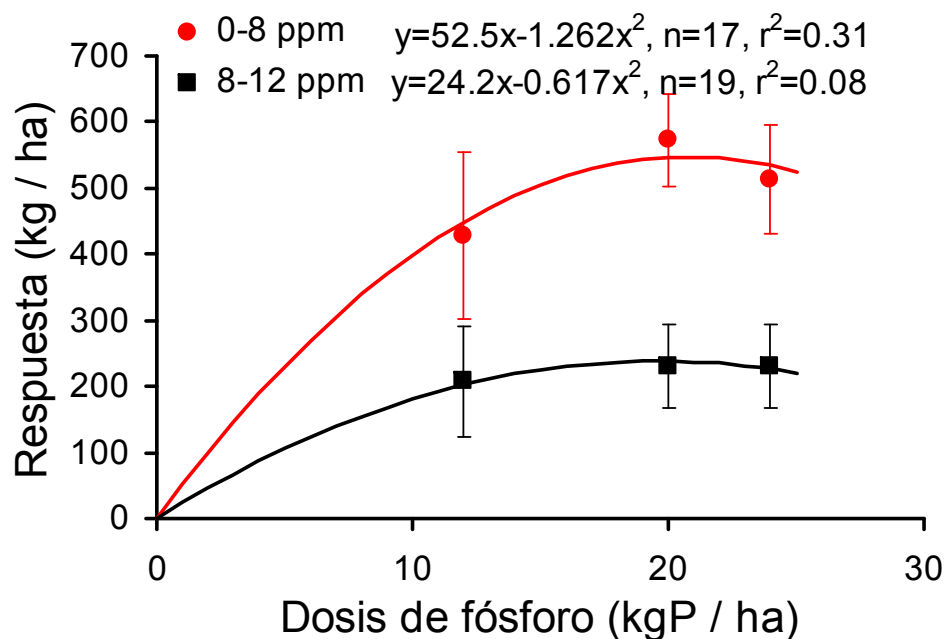
- **No se debe trabajar en la zona de deficiencia grave y probable.**
- Si el nivel de P es bajo, se fertiliza no solo para alcanzar el máximo rendimiento, sino para asegurar que se sube el nivel inicial.
- Llegar al óptimo nivel en 4 a 6 años y mantenerlo, generalmente basado en la remoción de nutriente 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)*



# Dosis óptima económica (suficiencia)

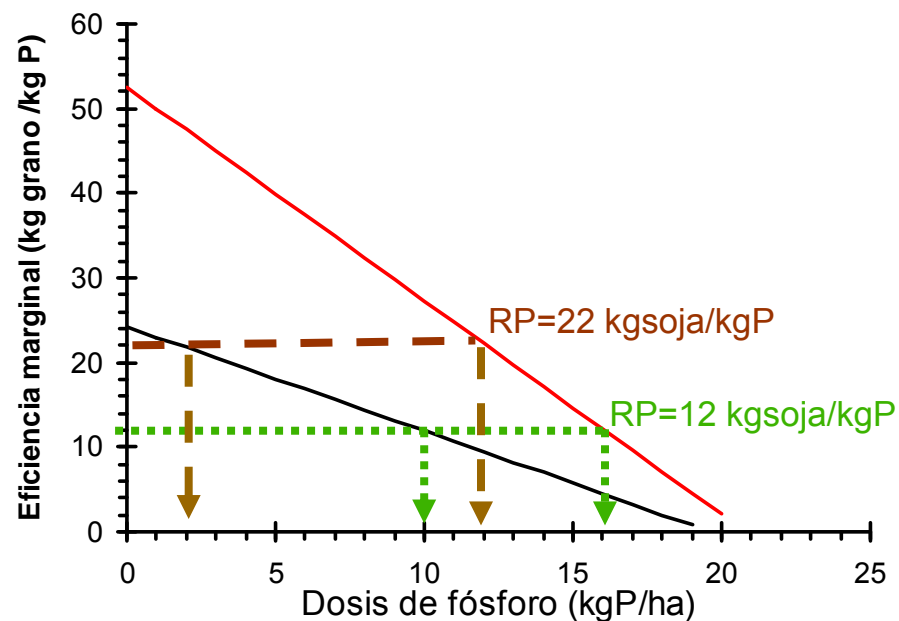
*Elaborado por Gutiérrez Boem (2008)*



Cada punto es el promedio de 5 a 7 ensayos

**Eficiencia marginal:** es el aumento de rendimiento por kg de P adicional (la pendiente de la curva de respuesta)

Dosis óptima económica:  
 eficiencia marginal = relación de precios

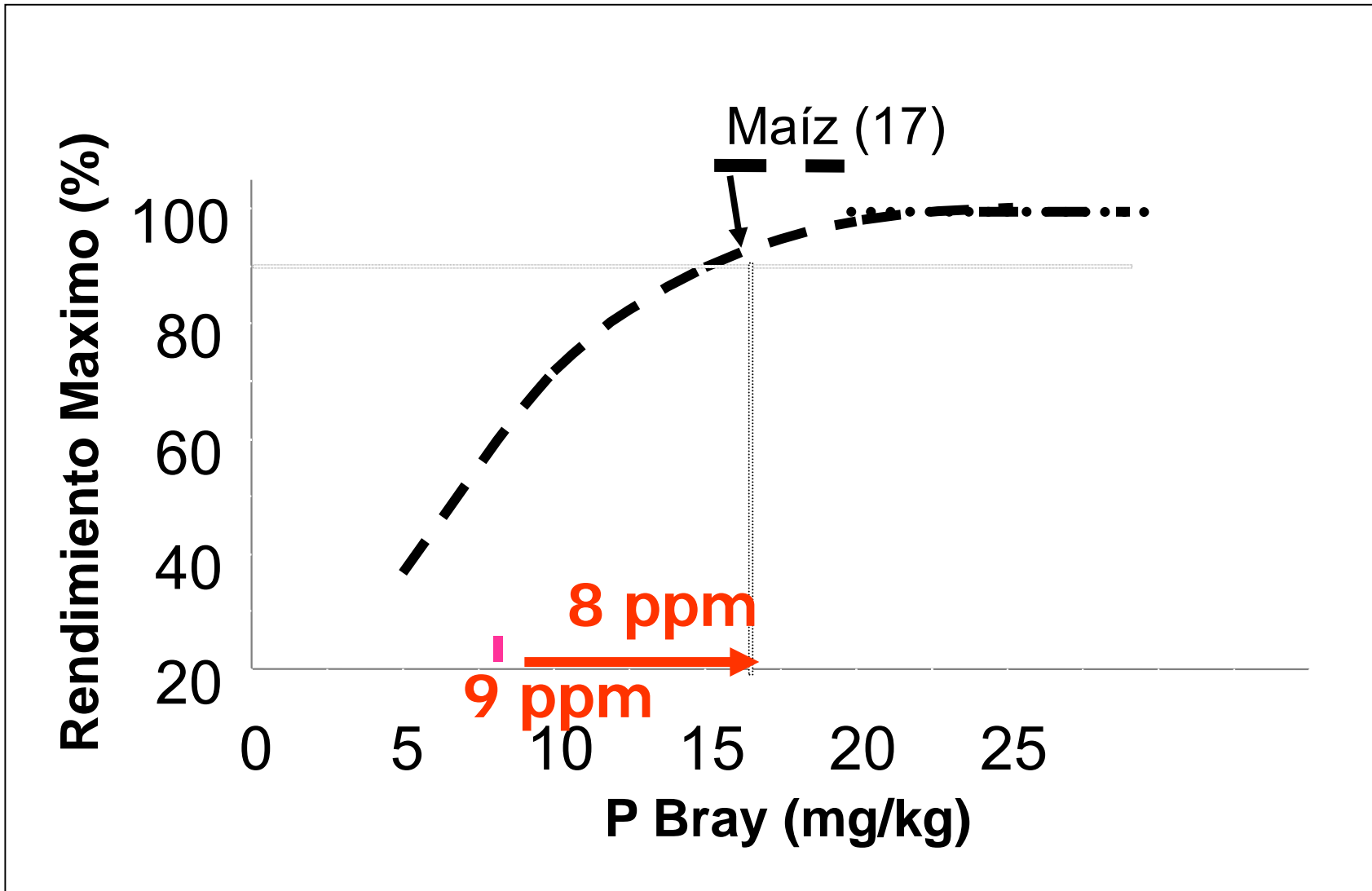


La eficiencia marginal cae a mayor dosis:

— Ef (0-8ppm) =  $52.5 - 2.524 P$   
 — Ef (8-12ppm) =  $24.2 - 1.234 P$

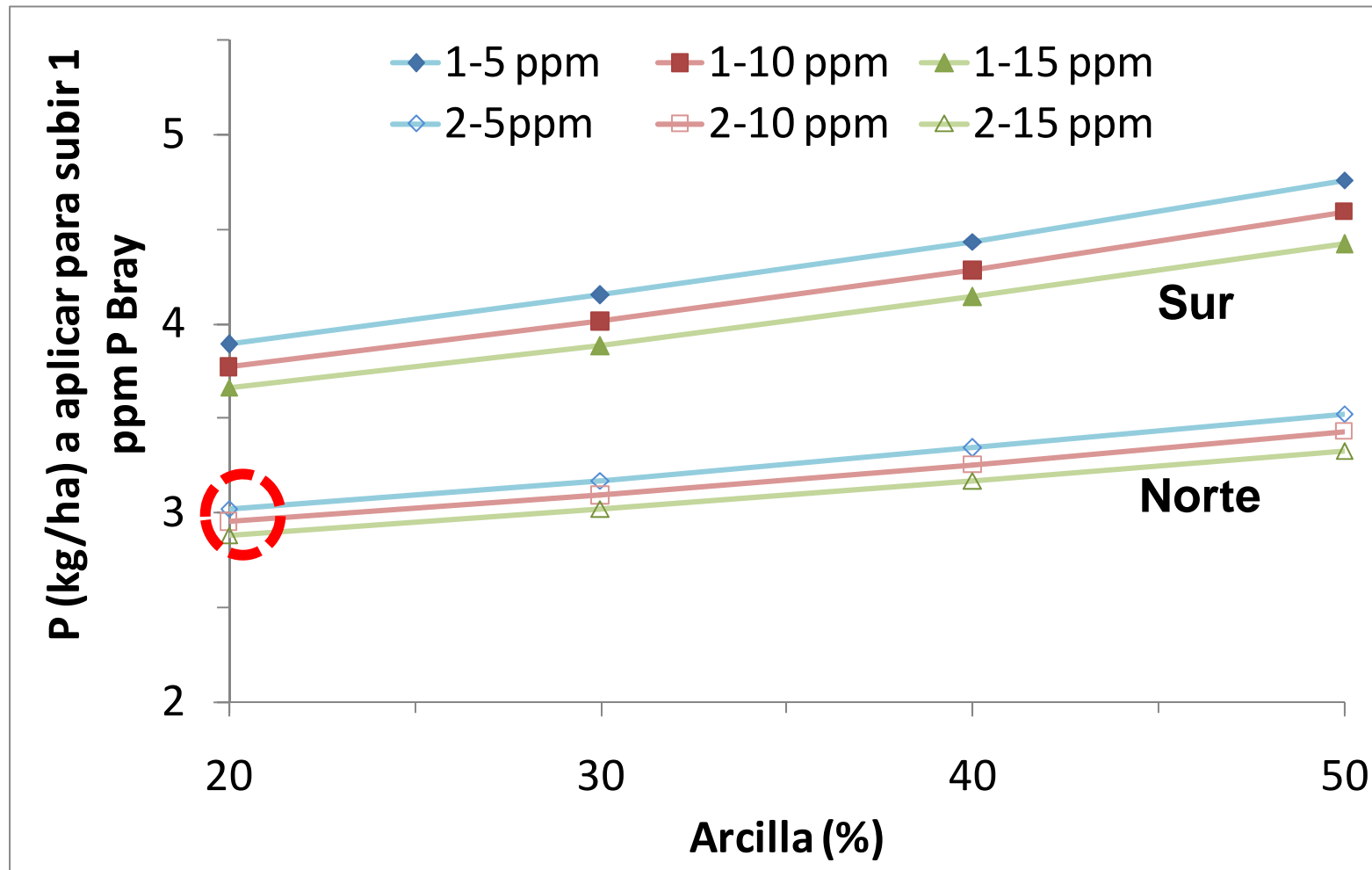
# Criterio de Suficiencia

¿Qué herramientas poseemos para determinar la dosis de P?



# ¿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. (2008) - FAUBA



Asume densidad aparente de 1.1 t/m<sup>3</sup> y profundidad de 0-20 cm

# Extracción de nutrientes de distintos cultivos

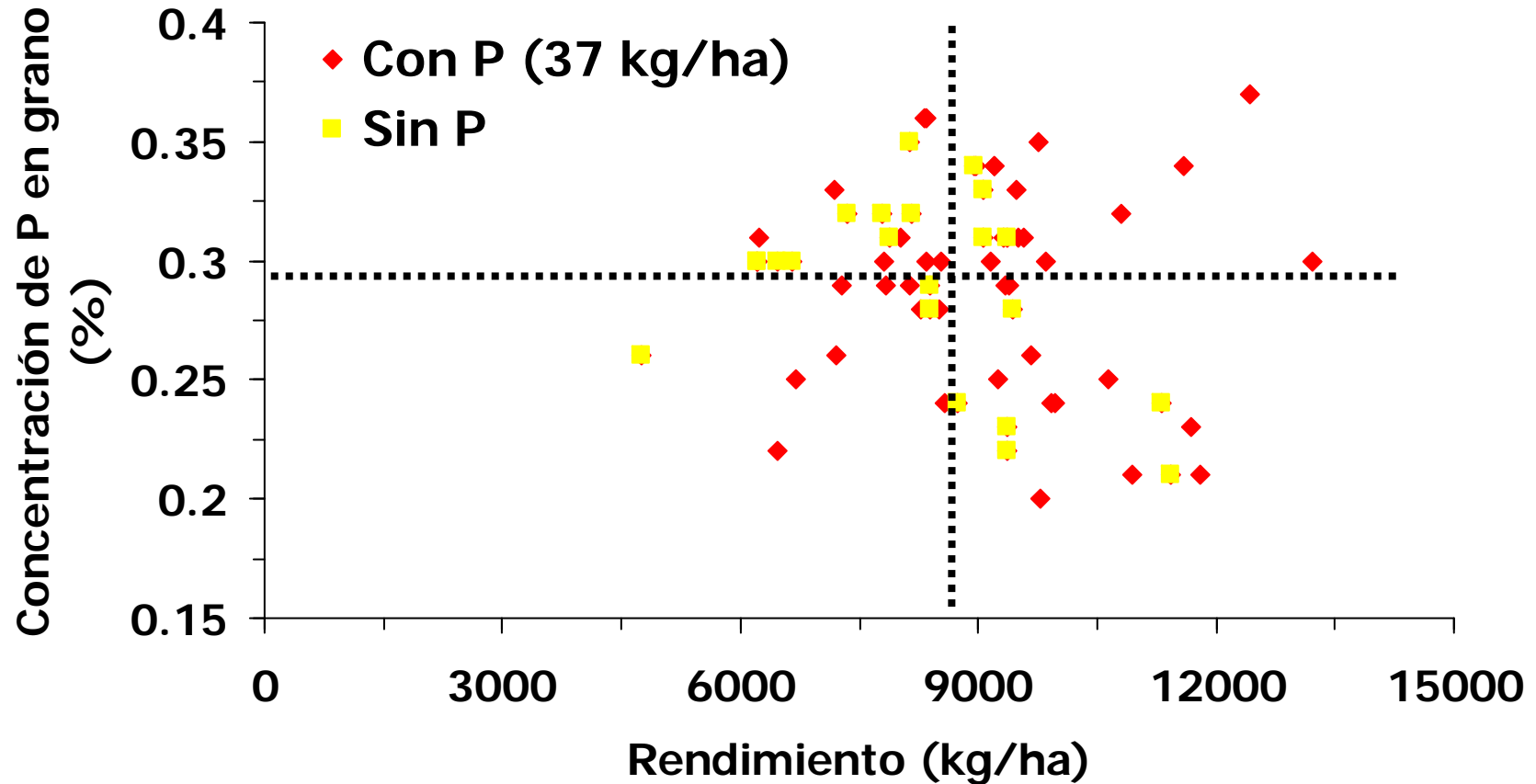
<i>Nutriente</i>	kg de nutriente / tonelada de cultivo*					
	Trigo	Maíz	Soja	Girasol	Sorgo	Cebada
Nitrógeno	18	13	49	22	17	13
<b>Fósforo</b>	<b>3.3</b>	<b>2.6</b>	<b>5.3</b>	<b>5.8</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>
Potasio	3.3	3.5	17	5.6	3.0	4.0
Calcio	0.4	0.2	2.7	1.3	1.0	-
Magnesio	2.3	1.3	3.2	2.7	1.0	1.0
Azufre	1.3	1.2	2.5	1.7	2.0	2.0

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

*Ciampitti y García (2007), IA No. 33, AA No. 11*

# Maíz: Concentración de P en grano

Ensayos Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe 2000/01

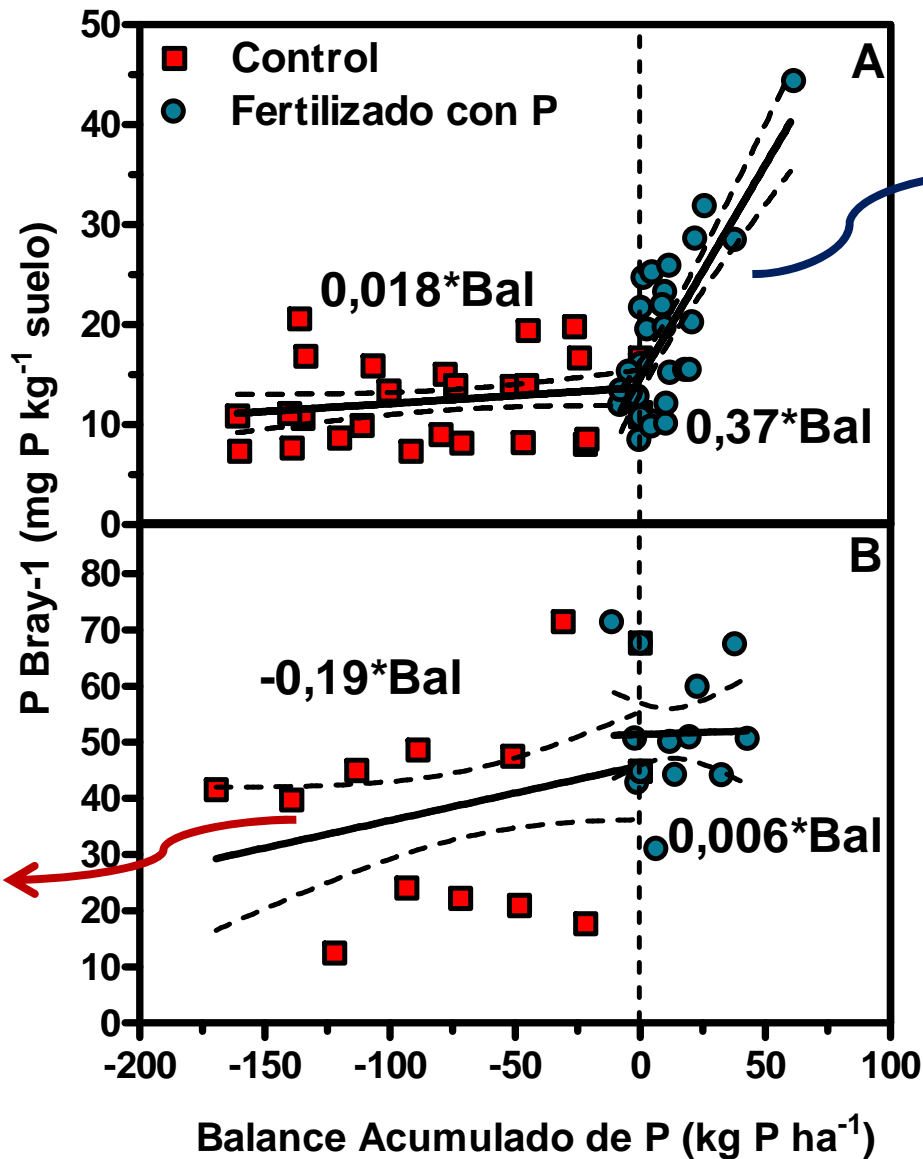


*Rendimiento promedio 8888 kg/ha; Concentración de P promedio 0.29%*  
*n = 64*



# Relación entre el Balance de P en suelo y el P extractable Bray P-1

Suelos  
< 20 ppm



*El P Bray aumenta aproximadamente 4 ppm por cada 10 kg P de balance positivo*

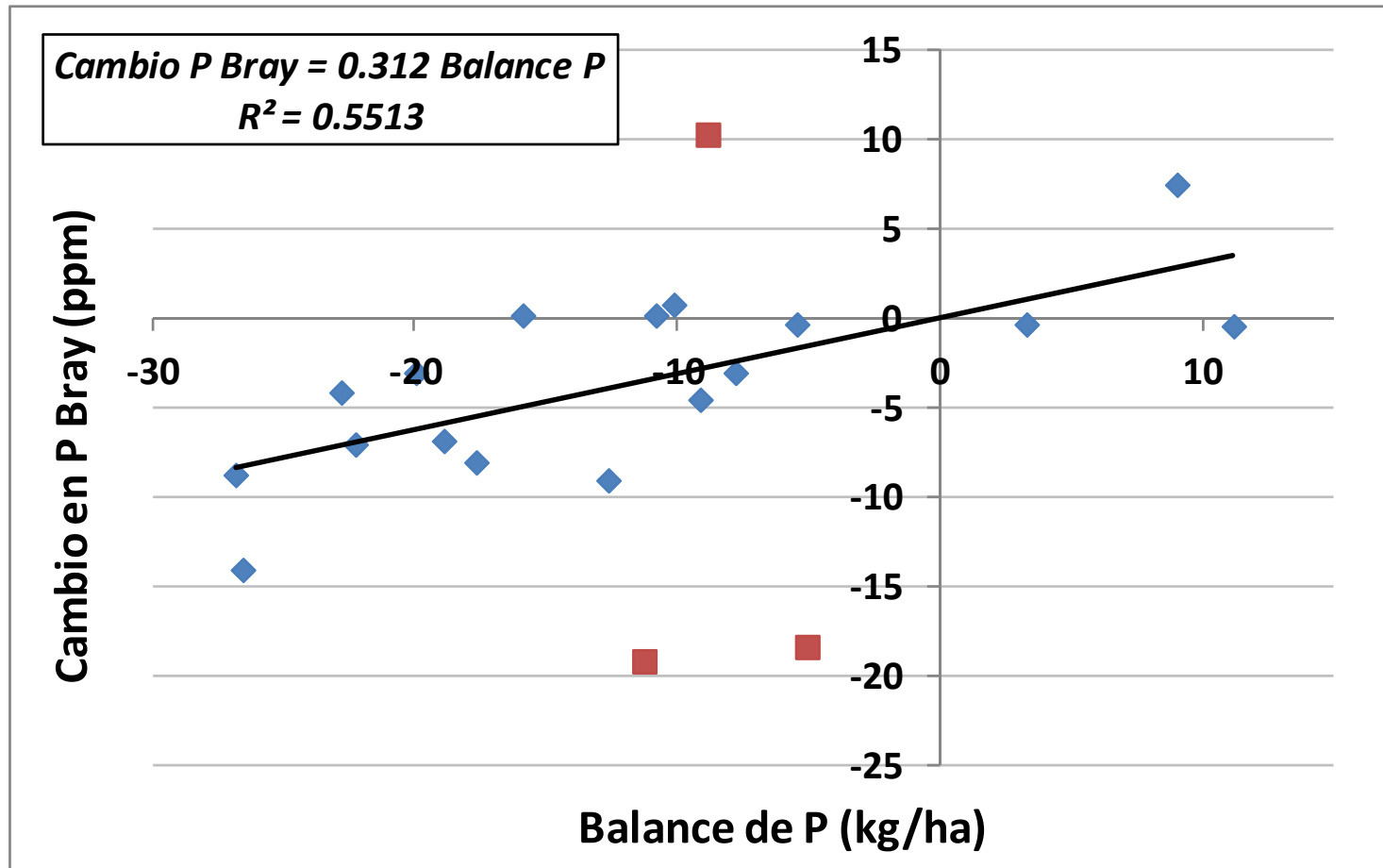
*El P Bray disminuye aproximadamente 2 ppm por cada 10 kg P de balance negativo*

Suelos  
> 40 ppm

Fuente:  
Ciampitti (2009)  
Red CREA Sur de  
Santa Fe  
(CREA-IPNI-ASP)

# CREA Oeste: Relación entre el balance de P en suelo y el cambio en P extractable Bray P-1

5 lotes de Los Alamos, lote 29 de Lindo Píal y lote 21 de Nueva Bélgica, 2007 a 2010



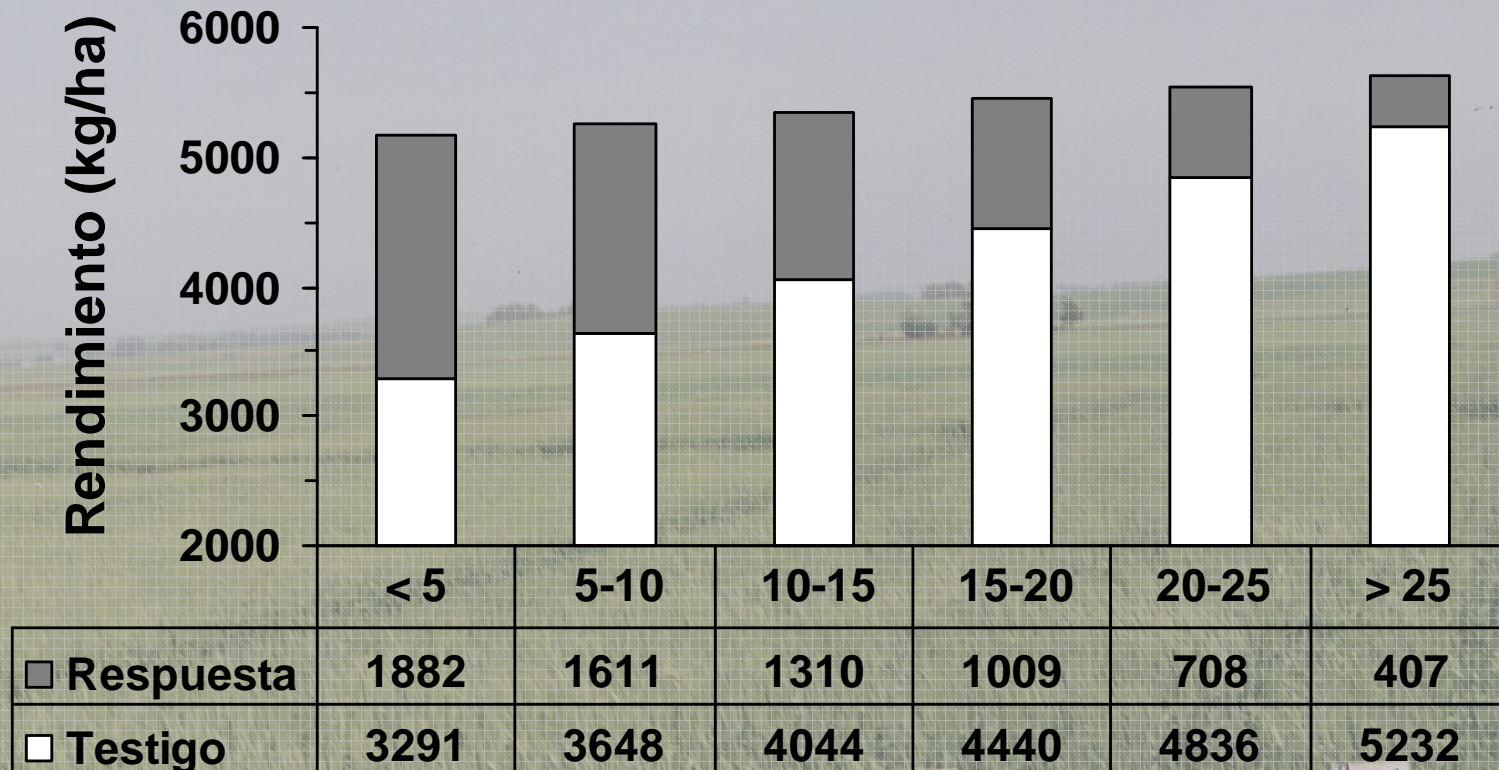
*El P Bray cae aproximadamente 3 ppm cada 10 kg de balance negativo*

Elaborado de base de datos de CREA Oeste



## Trigo: Rendimientos y Respuestas a la Fertilización Fosfatada

*INTA-FCA Balcarce - Promedios de dos campañas 1996/97 y 1997/98*

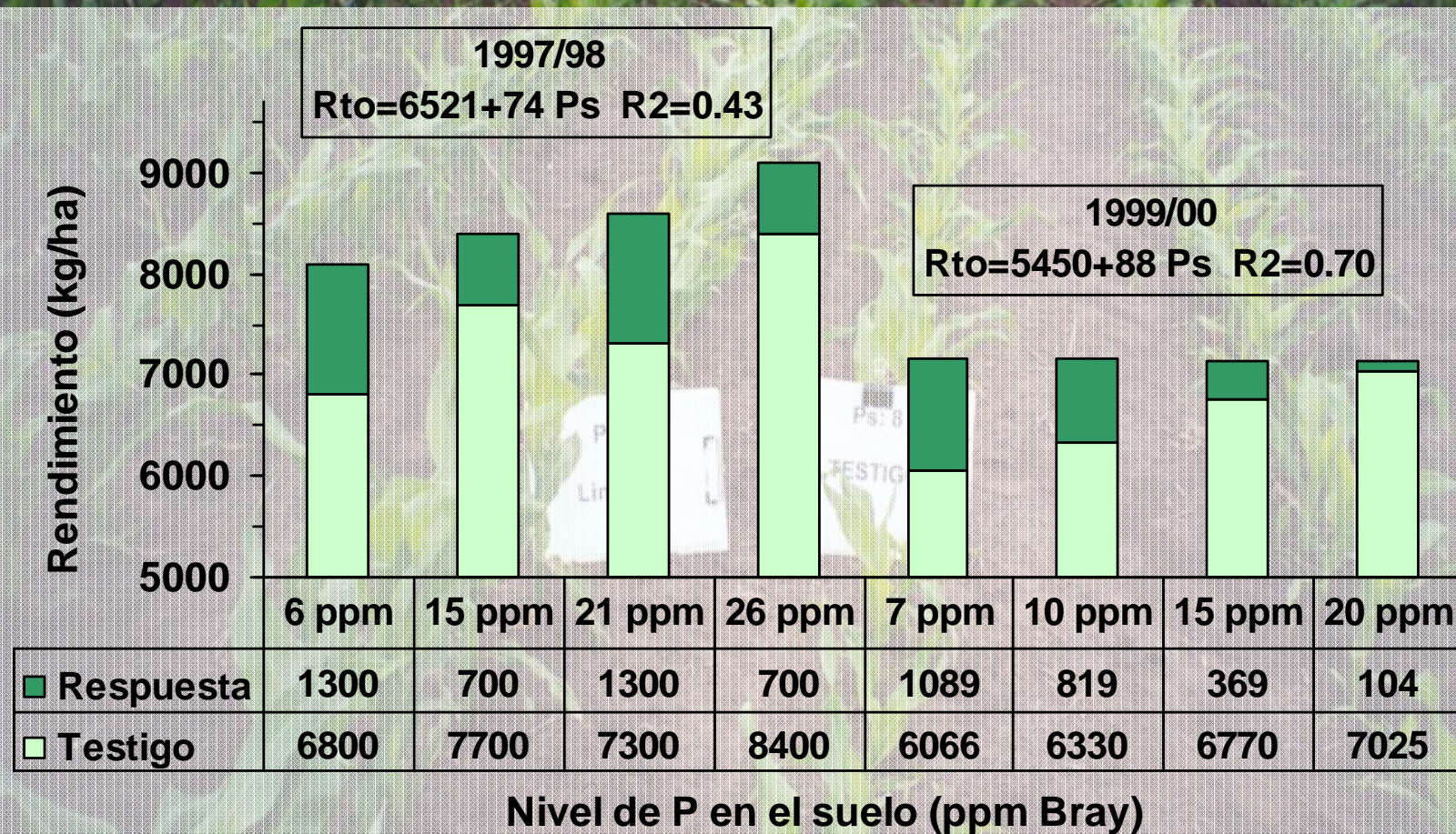


Nivel de P en el suelo (ppm Bray)

Fuente: Berardo y col. (1998)

## Maíz: Rendimientos y Respuestas a la Fertilización Fosfatada

*INTA-FCA Balcarce - Campañas 1997/98 y 1999/00*

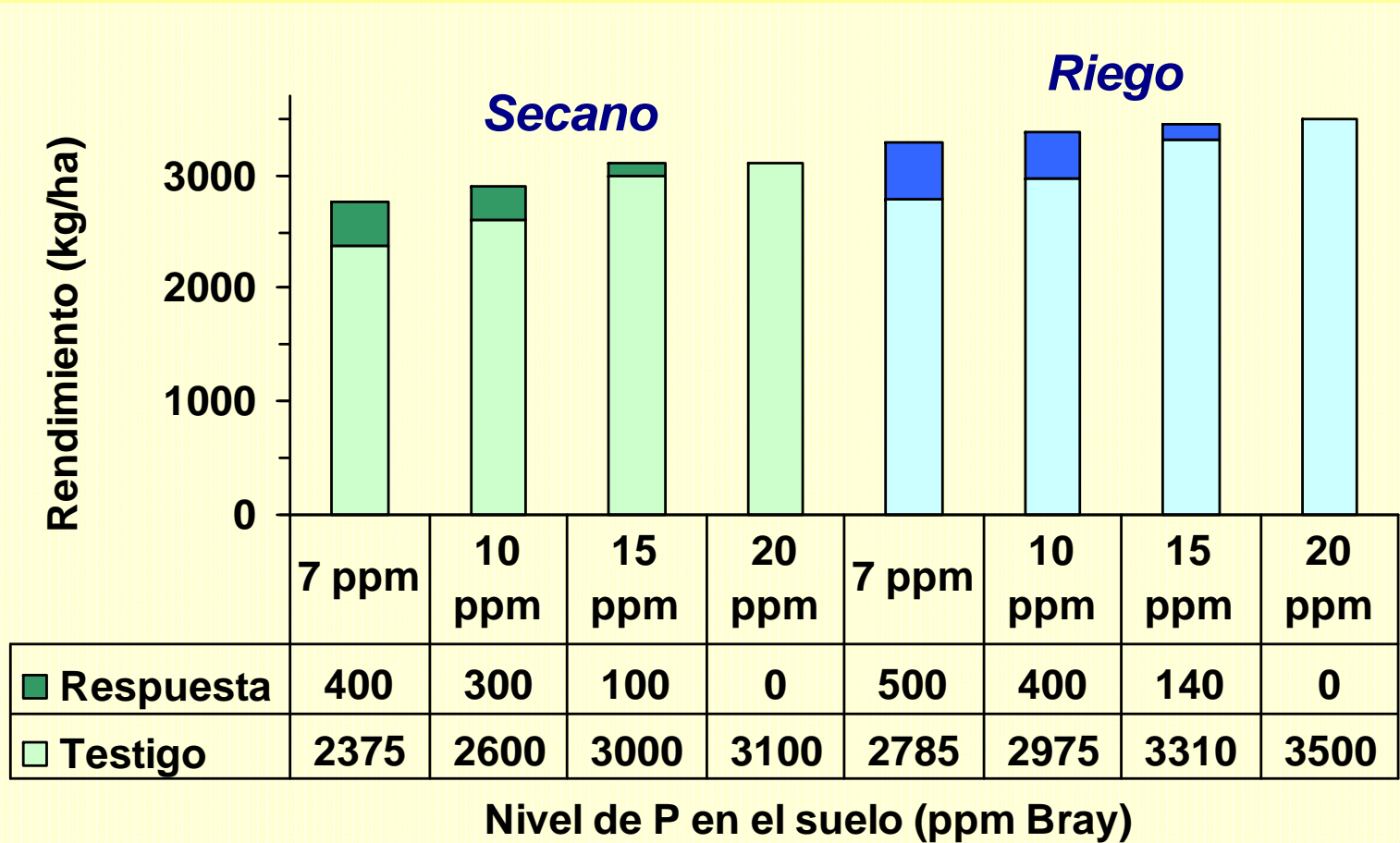


**Fuente: Berardo y col. (2000)**

22 11 99

# SOJA: RENDIMIENTO Y RESPUESTA A LA FERTILIZACION FOSFATADA CON DIFERENTES CONTENIDOS DE P EN EL SUELO

*Berardo y col., INTA-FCA Balcarce - 1999-2000*



***Fuente: Berardo y col. (2000)***

# ¿Fertilizo el cultivo o mejoro los niveles de P Bray del suelo?



<b>Fertilizar cada cultivo</b>	<b>Subir y mantener el nivel de P Bray</b>
Puedo maximizar el rendimiento	Rendimientos máximos y menos variables
Dependo del precio anual del fertilizante	Mayor independencia del precio anual del fertilizante
Requiere muestreos mas frecuentes	El muestreo se hace cada 2-4 años
Requiere aplicaciones mas especificas	Aplicaciones de P de reposición mas sencillas
Maximiza retorno al peso invertido de fertilizante	Maximiza el retorno del sistema
Estrategia de corto plazo	Estrategia de largo plazo

***No hay una solución única para todos los productores, lotes o ambientes***



# Manejo de la fertilization fosfatada

- **Fuente Correcta**

- La eficiencia de uso de los fertilizantes fosfatados por unidad de P es equivalente para las fuentes SFT, FDA, FMA y SPS

- **Momento Correcto**

- Se aplican en pre-siembra o al momento de la siembra

- **Forma Correcta**

- La aplicación en bandas es la mas eficiente

- » **Fitotoxicidad:** evitar contacto con semilla y aplicar el fertilizante por lo menos a 5 cm de las semillas

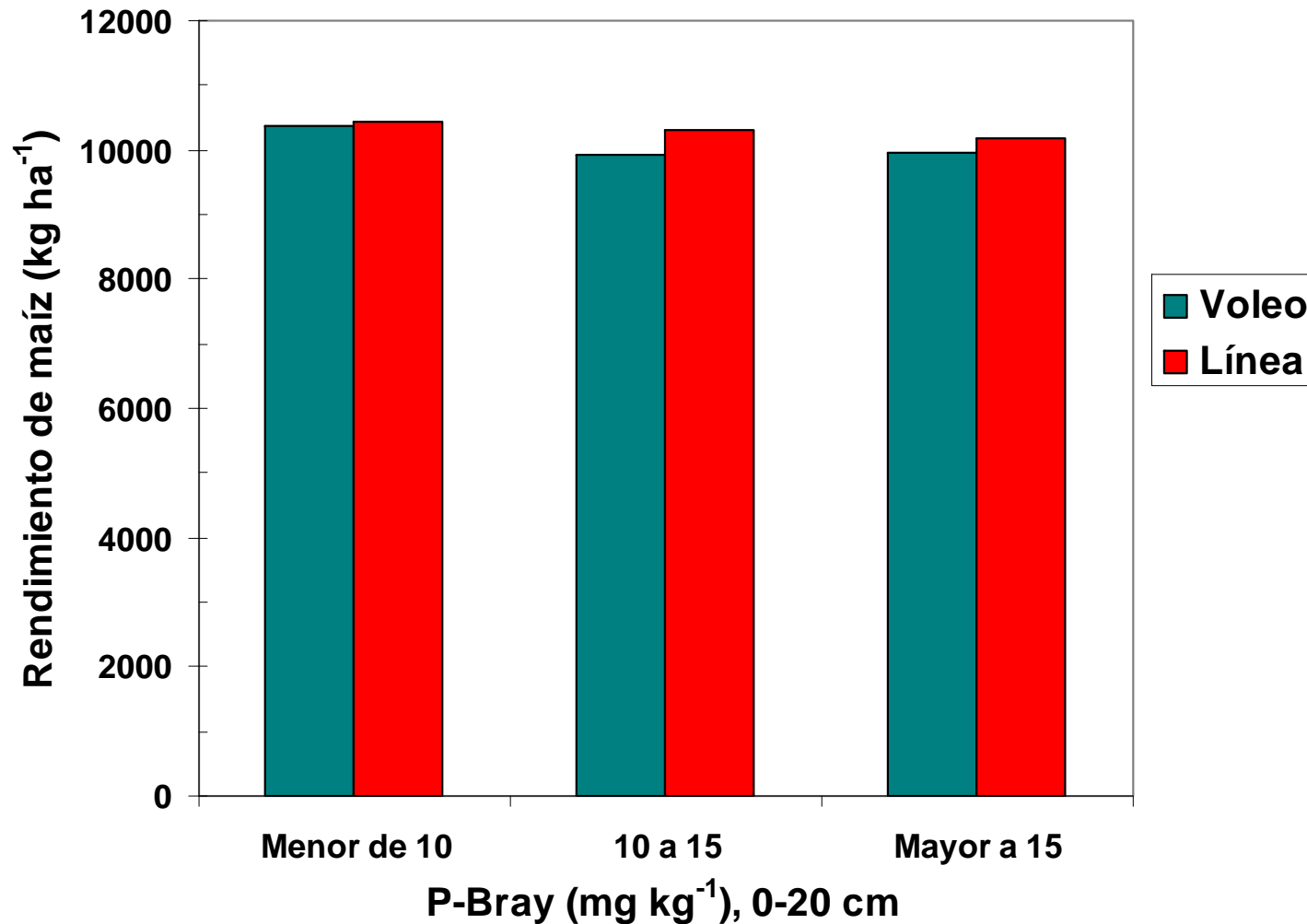
# ¿Cuándo el P al voleo puede funcionar como el bandeado?

- 1. Suelos no fijadores de P*
- 2. Nivel de P del suelo mayor a 8-10 ppm*
- 3. Dosis mayor de 20-25 kg P/ha (100-125 kg/ha de FDA o SFT)*
- 4. Tiempo biológico (temperatura y humedad)*
- 5. Lluvias post-aplicación > 50 mm*
- 6. Nivel de cobertura no excesivo (efecto pantalla)*





# Rendimiento de maíz según forma de aplicación del P y nivel de P-Bray en suelo

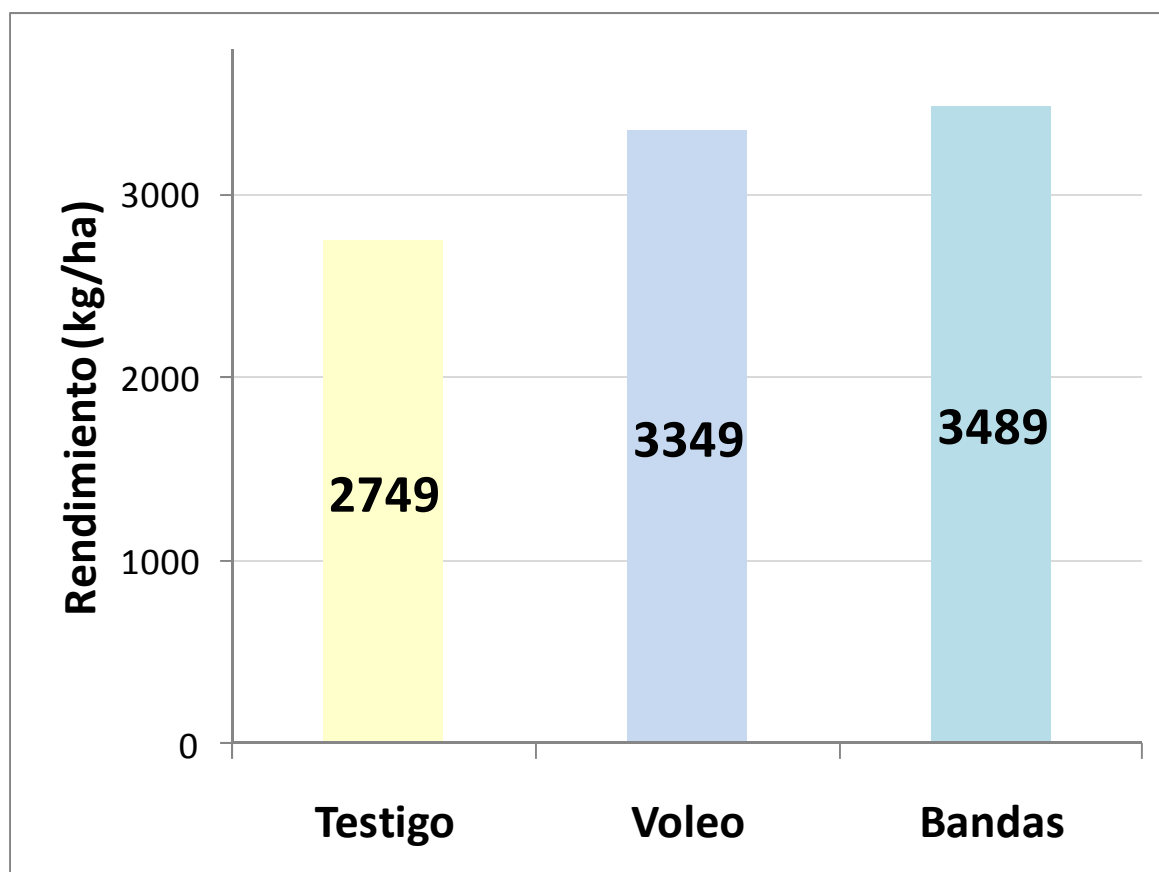


***Sin diferencias entre aplicaciones en línea y al voleo***

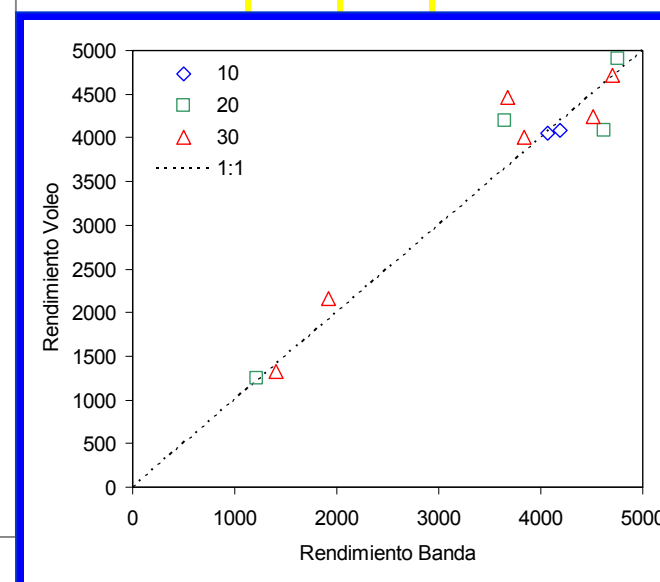
# Localización de fósforo en trigo

Promedio de nueve experimentos - Años 2008 y 2009

Ferraris et al. (2010) – Proyecto Agrícola Regional – EEA INTA Pergamino



**En 13 comparaciones, la aplicación en bandas supero significativamente a la aplicación al voleo solamente en 2**



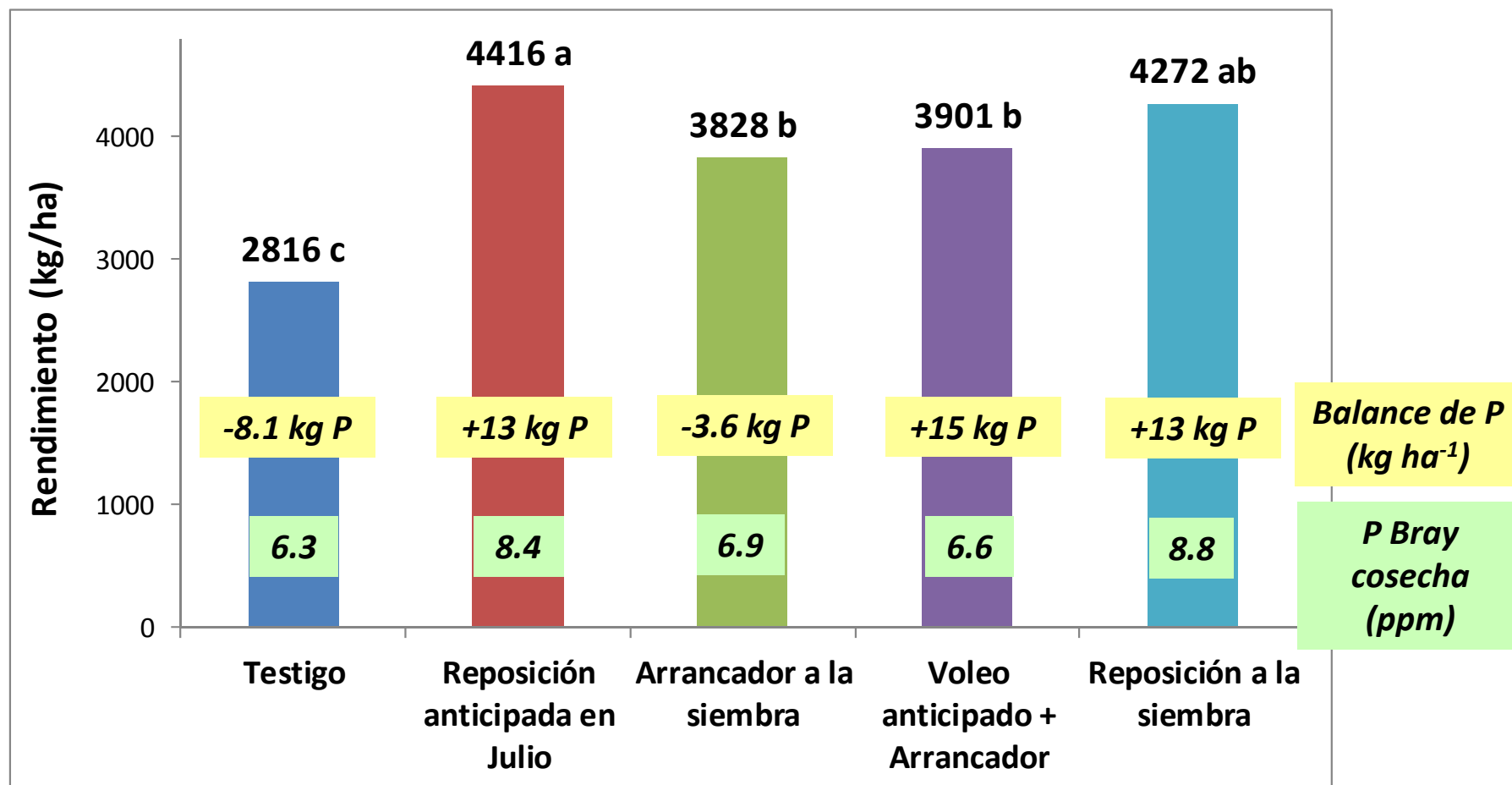
- *P Bray menor de 15 ppm en 8 de los 9 sitios*
- *Dosis de P de 10 a 30 kg/ha de P (fuente superfosfato triple)*
- *Aplicaciones al voleo y en bandas a la siembra*

**La relación banda:voleo no es diferente de 1:1**

# Localización y dosis de fósforo en soja

UEEA INTA 9 de Julio (Buenos Aires) – Campaña 2010/11

Ventimiglia et al. (2012)



- Suelo Hapludol entico - P Bray 6.1 ppm - pH 5.9
- Dosis de P de 28 kg/ha para Reposición y Voleo anticipado (20) + Arrancador (8)
- P aplicado como superfosfato triple de calcio (20.5% P)

El Fortin - CREA Gral. Arenales

NP  
3214 kg/ha

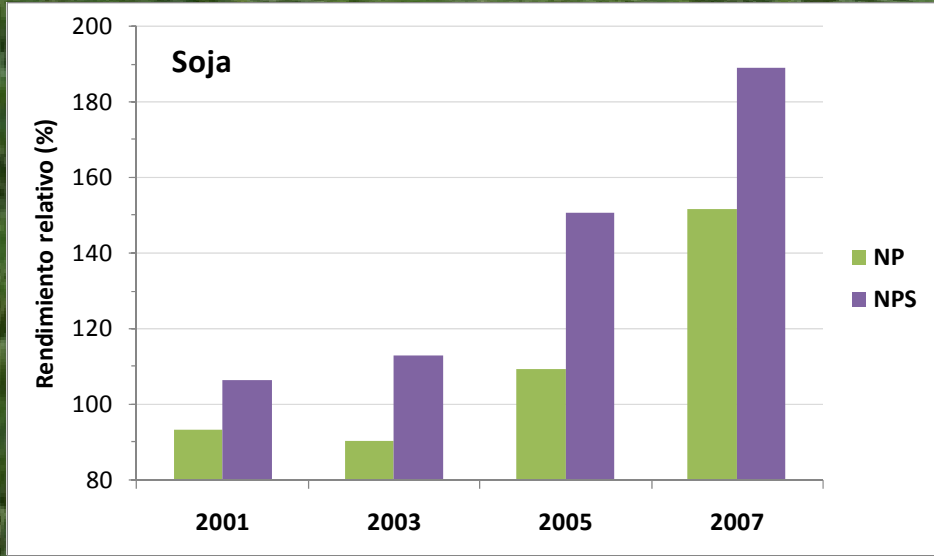
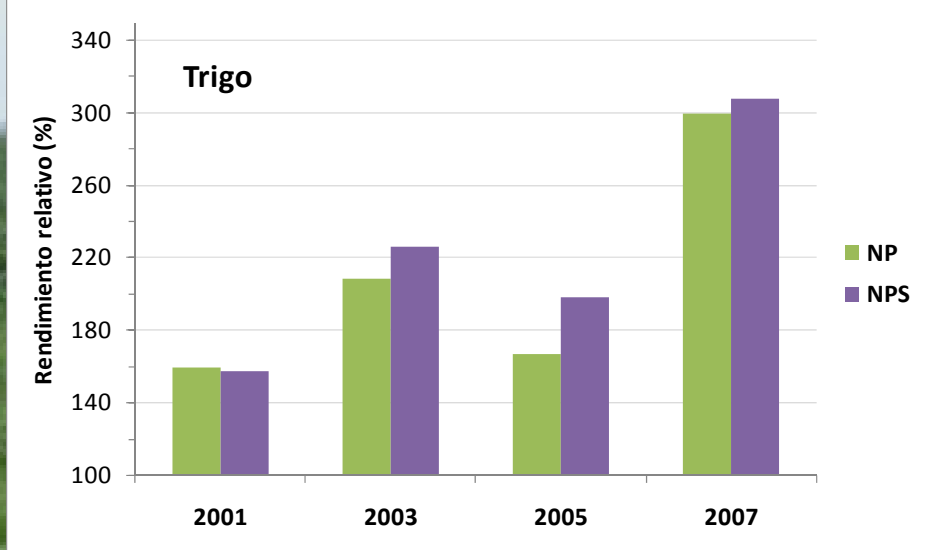
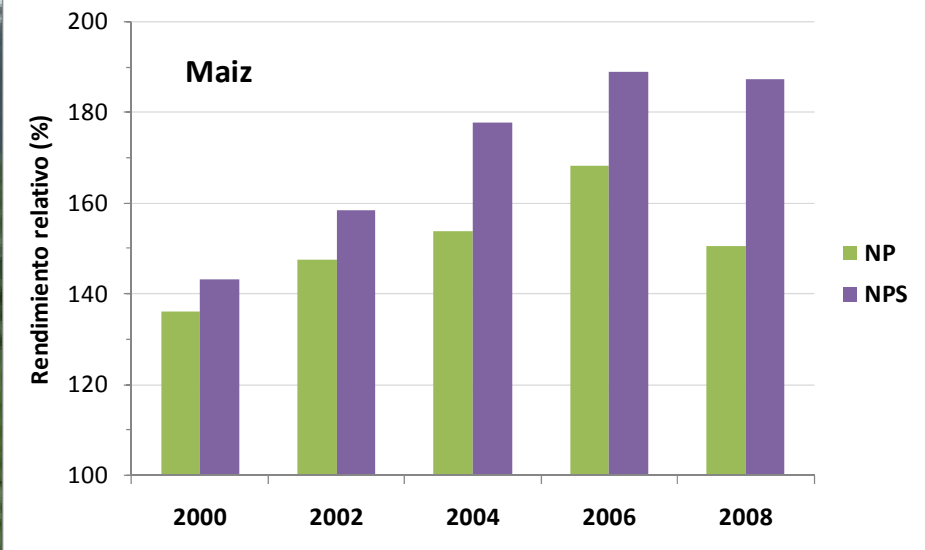
NPS  
3682 kg/ha

# Azufre en trigo

Balducchi - CREA Teodelina

NP  
4437 kg/ha

NPS  
5160 kg/ha



Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe  
*Rotación Maíz-Trigo/Soja*

Respuestas promedio ultima campaña

*Maíz 1803 kg/ha*

*Trigo 102 kg/ha*

*Soja 595 kg/ha*

**Respuesta a Azufre en Soja**

*Don Osvaldo – Camino Aldao, Córdoba – 2006/07*



*NP*

*Testigo*

Ensayo Balducci – Soja II

2005/06

*Foto: Adrián Rovea*

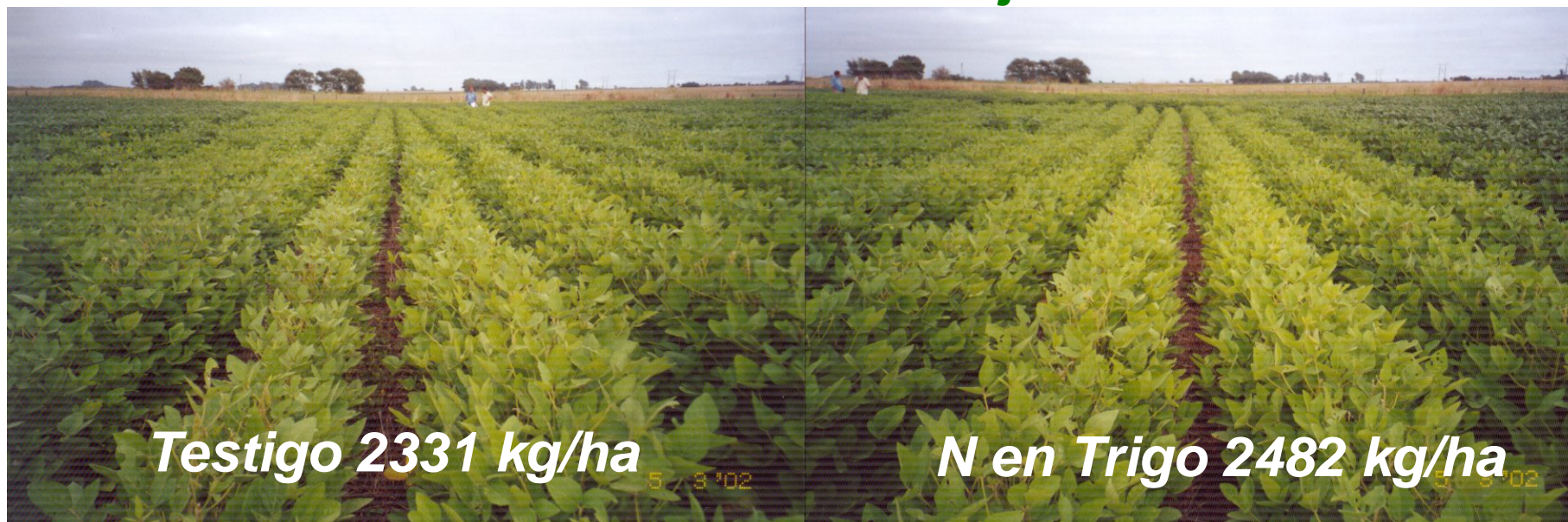
## ***Situaciones de deficiencia de azufre***

- 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)
- Presencia de napas con sulfatos
- Balances de S en el sistema

Red de Ensayos Trigo/Soja Proyecto INTA Fertilizar  
**Ensayo INTA Cañada de Gómez - G. Gerster y col. - 2001/02**  
**Residualidad en Soja II**



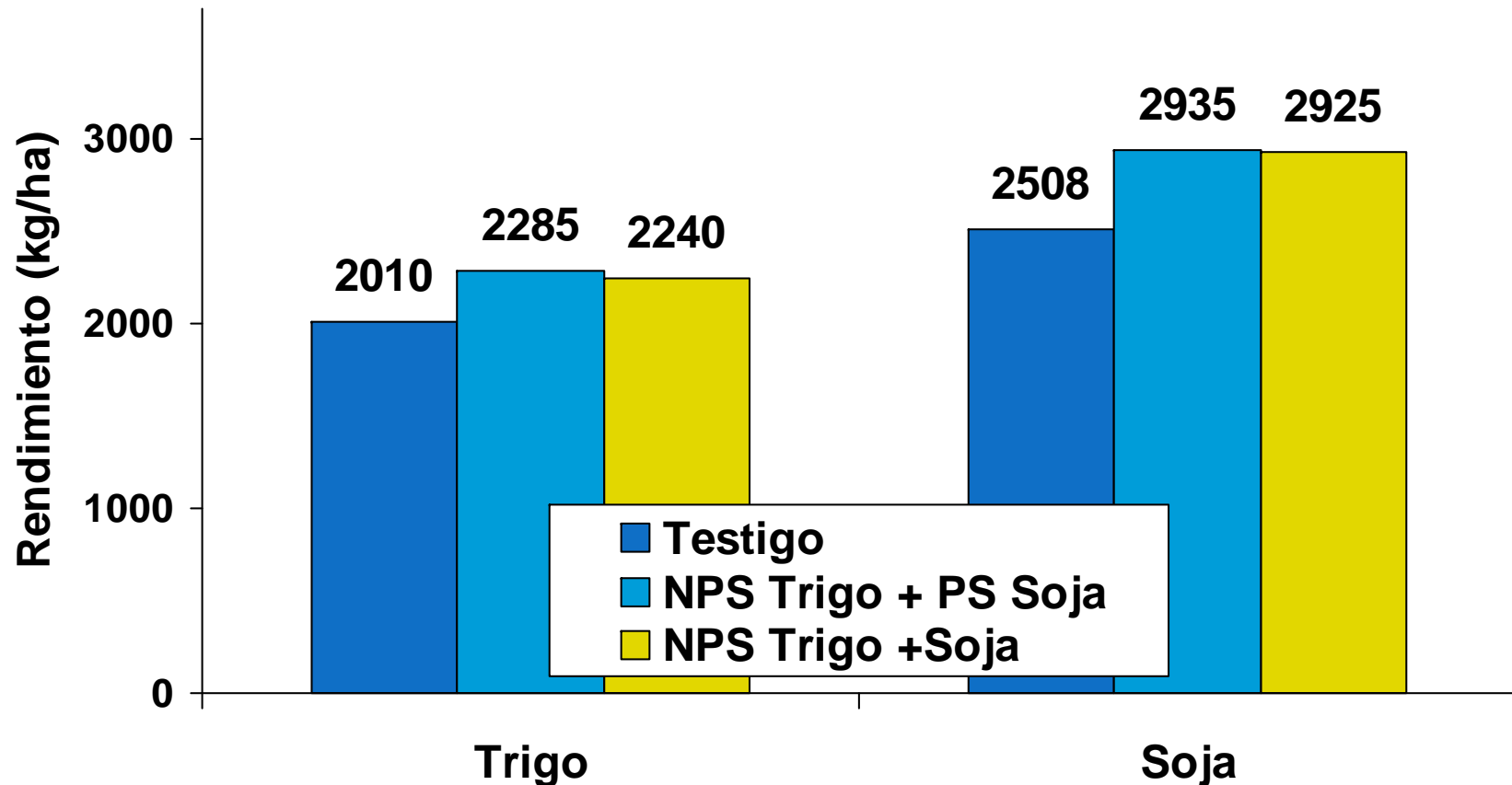


# Fertilización NPS en Trigo/Soja

Promedios de 7 ensayos 2001/02 y 2002/03 – Norte Región Pampeana

Análisis de suelo MO 1.9-2.41% pH 5.5-6.1 P Bray 4-30 ppm S-SO<sub>4</sub> 5-18 ppm

Dosis N = 55 kg/ha; P = 30 kg/ha; S = 20 kg/ha



*Salvagiotti y col. (2005)*

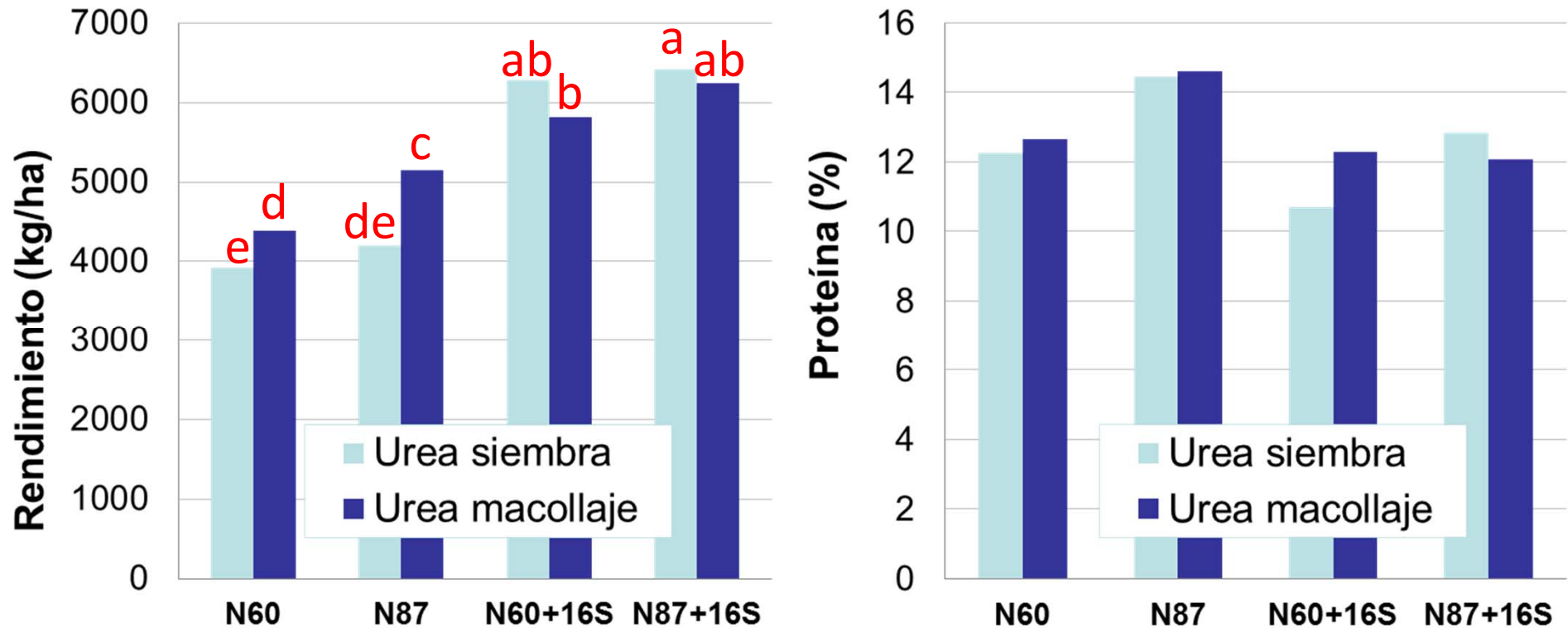
*INTA Oliveros, Cañada de Gómez, Marcos Juárez y Pergamino*

# Dosis y momentos de N y dosis de S en cebada

*Bragado (Buenos Aires)*

**Michiels y Degenhart (2004)**

**Testigo 3064 kg/ha y 10.4% proteína**



*Diferencias significativas por dosis de N y de S, y de siembra sobre macollaje cuando no se aplico S*

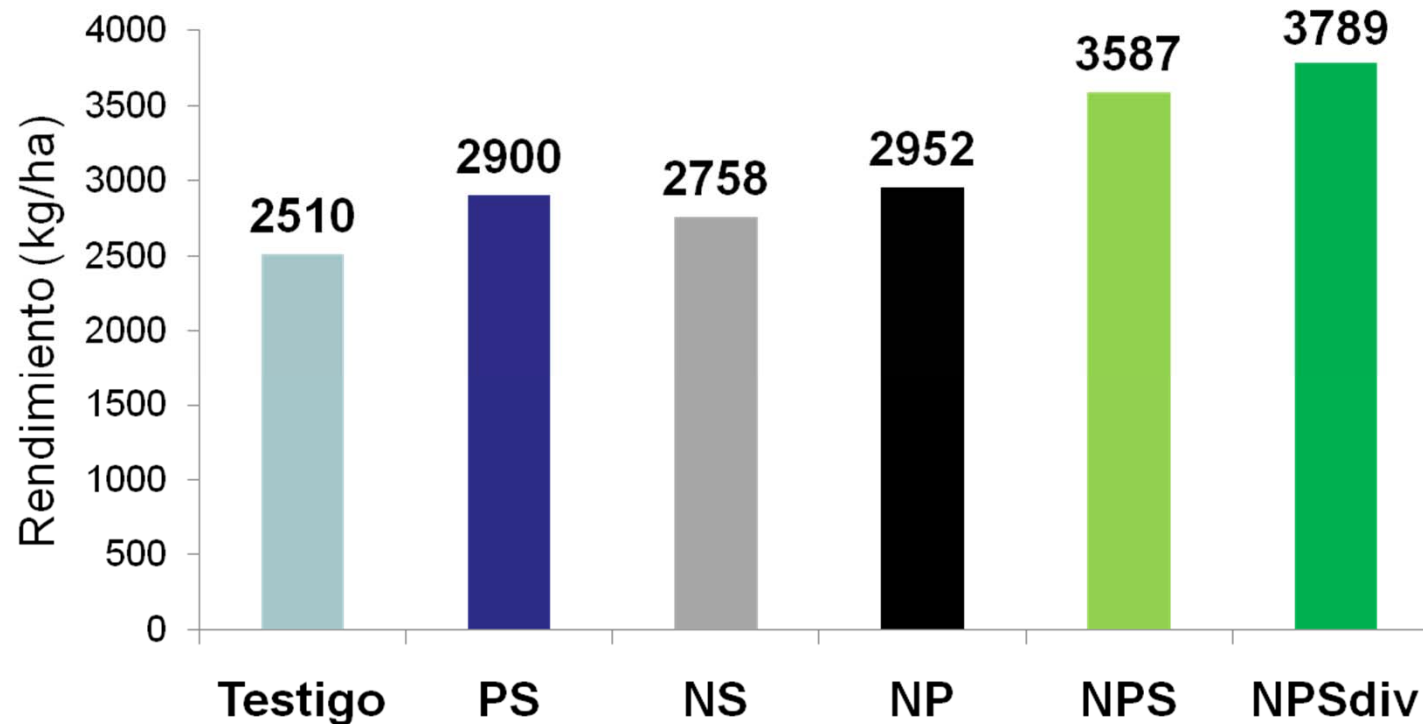
- Variedad Scarlett – Siembra 17/7/03
- Todos los tratamientos con 15 kg/ha de P
- S aplicado como mezcla química de N, P y S

*(MicroEssentials™ S15 (13%N, 14%P, 15%S))*



# Colza: Respuesta a N, P y S en Balcarce

*Est. El Volcán - L. Pontaroli y col. (ASP) - Campaña 2009-10*



Dosis (kg/ha) N 180-X, P 30, S 25

*Aplicaciones a la siembra excepto en NPSdiv con aplicación de N y S en roseta*

Análisis de suelo: 164 kg N-nitratos (0-60 cm) - P Bray 11 ppm - S-sulfatos 5 ppm  
pH 5.8 - MO 6.5%

*Siembra 6/4/09 - Labranza convencional – Cultivar Hornet (híbrido de tipo invernal)*

*Densidad 4 Kg/ha - Distancia entre hileras 35 cm – Cosecha 4/12/09*

# Ensayo de Estrategias de Fertilización en Trigo

## Ventimiglia y col. (2010) – INTA 9 de Julio

9 de Julio (Buenos Aires) – 2007/2008

Tratamiento	N	P	S	Rendimiento (kg/ha)		Proteína (%)	
				DM Cronox	Baguette 9	DM Cronox	Baguette 9
Testigo	0	0	0	3289	3244	12.4	10.8
Uso actual	54	18	0	4846	4793	11.6	10.2
Reposición PS	116 <sup>#</sup>	36	12	5803	5268	11.8	10.6
Reposición PS +Calidad <sup>##</sup>	136	36	12	5547	5364	12.5	11.2

*# Dosis necesaria para N=170-X; ## Aplicación de 20 kg/ha de N en hoja bandera expandida en forma foliar*

### Análisis de suelo inicial

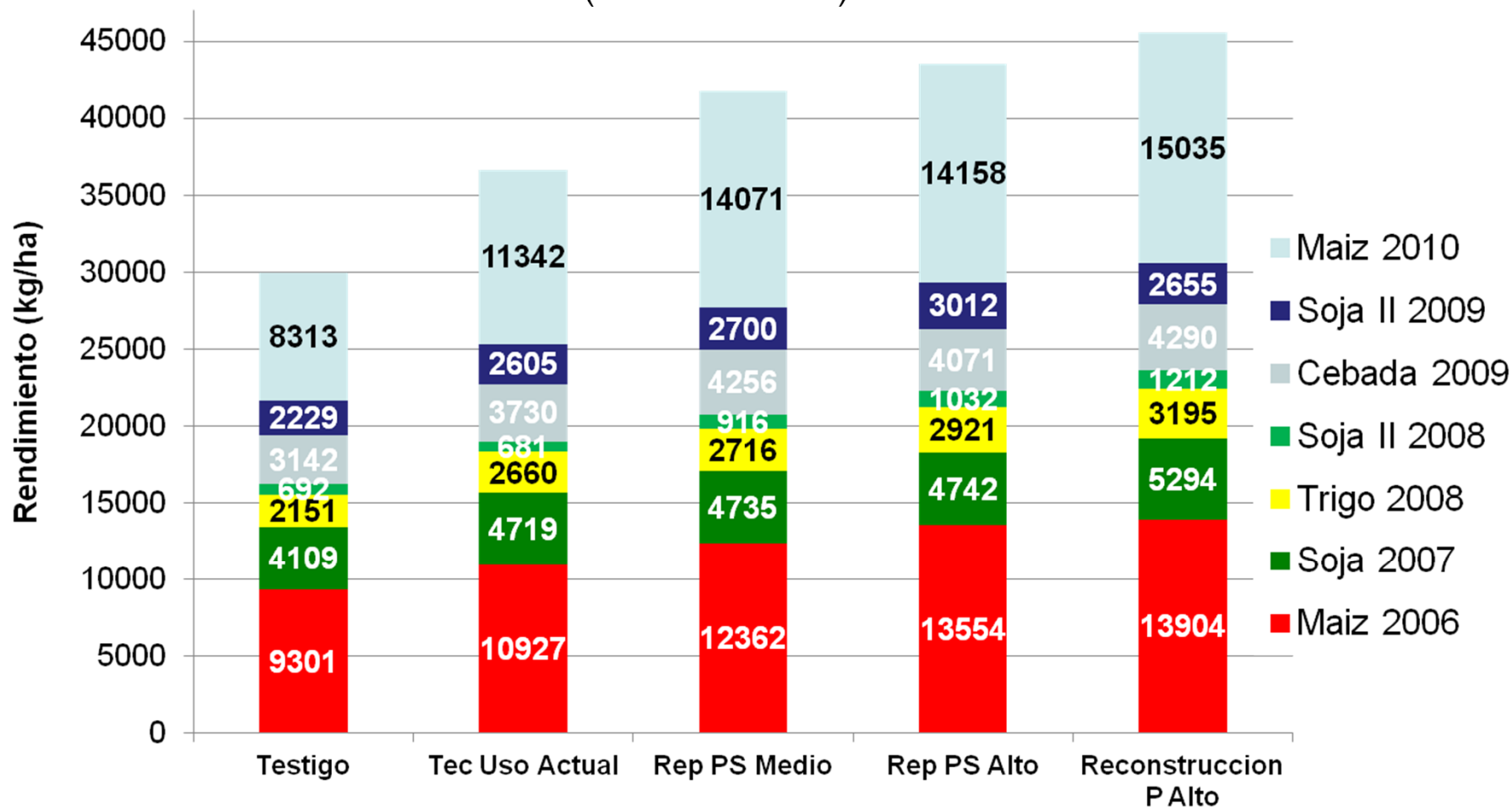
MO 2.3% - pH 5.9

P Bray 5.1 ppm - N-nitratos (0-60 cm) 27 kg/ha

# Ensayo de Estrategias de Fertilización de la Rotación

## G. Ferraris y col. – INTA Pergamino

Arribeños (Buenos Aires) – 2006/2010



- *Dosis de N y S variables para rendimientos objetivo Medio o Alto*
- *Dosis de P variable para Reposición o Reconstrucción*

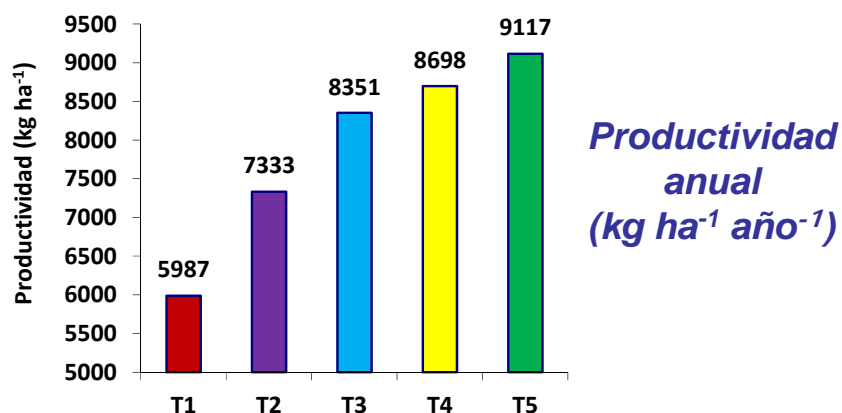
Análisis de suelo inicial MO 2.4% - pH 5.6 – P Bray 8.5 ppm

# Análisis económico de estrategias de fertilización

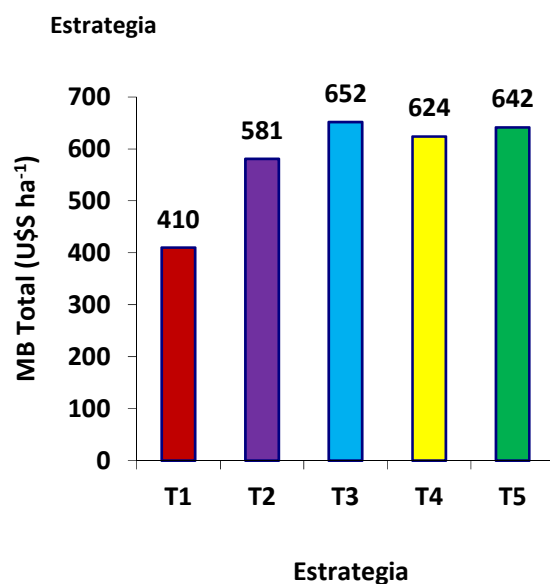
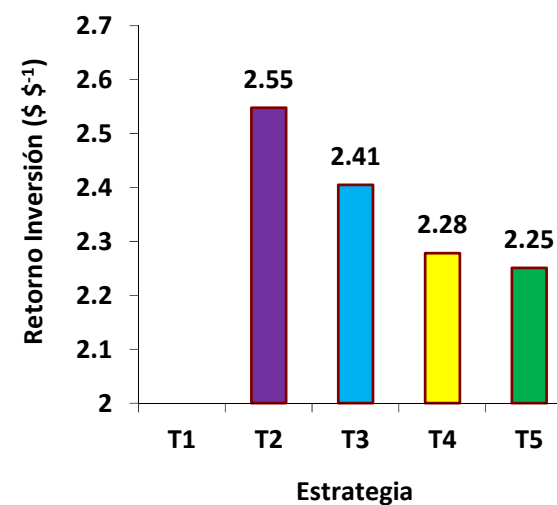
Ensayo de Estrategias de Fertilización de la Rotación

G. Ferraris y col. – INTA Pergamino

Arribeños (Buenos Aires) – 2006/2010



**Retorno a la inversión en fertilizante**  
(\$ obtenido \$ invertido en fertilizante<sup>-1</sup>)

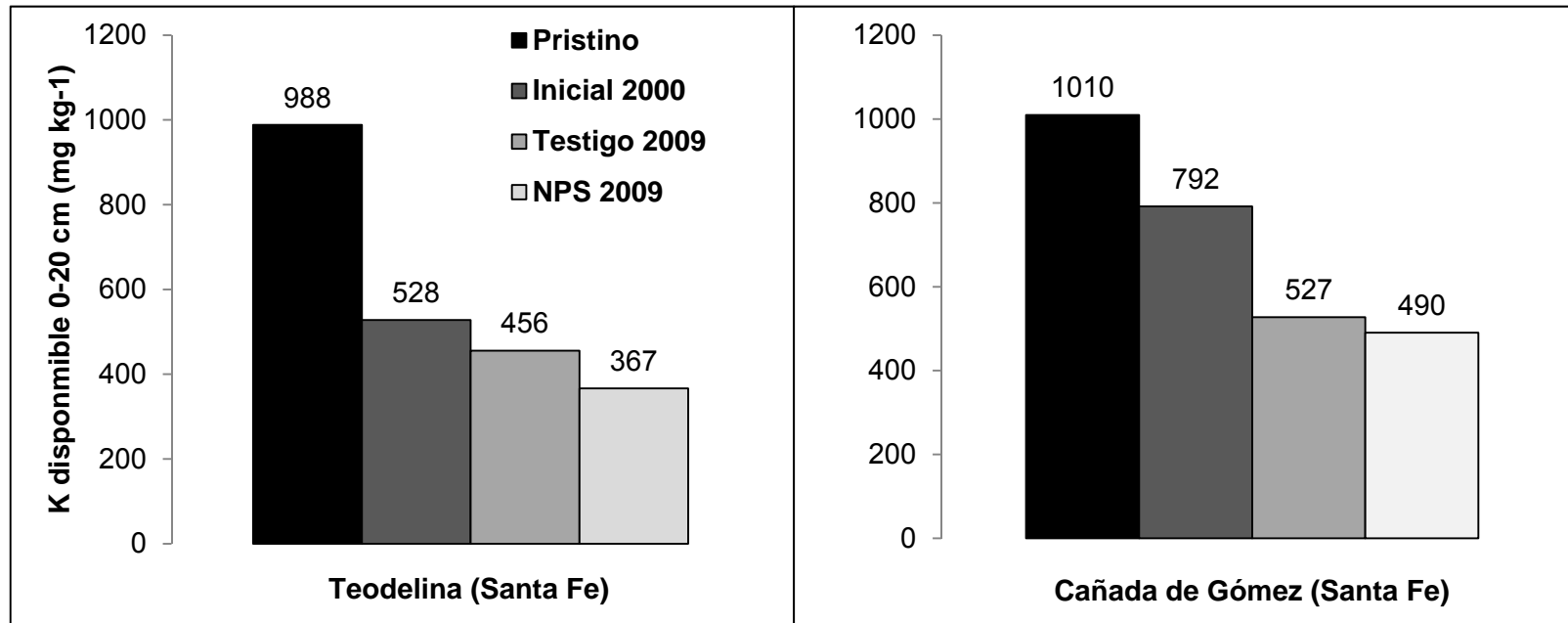


**Margen Bruto global (U\$S ha<sup>-1</sup>) de la rotación según estrategia de fertilización**

- Los valores de grano y fertilizante de todas las campañas se expresan actualizados a Noviembre 2011
- Granos: Trigo \$ 480/ton. Cebada \$ 600/ton, Maíz \$ 510/ton, Soja \$ 1062,5/ton, precios con gastos de comercialización
- Fertilizantes: Superfosfato triple de calcio U\$S 650/ton, Urea granulada U\$S 650/ton, Sulfato de Calcio U\$S 260/ton

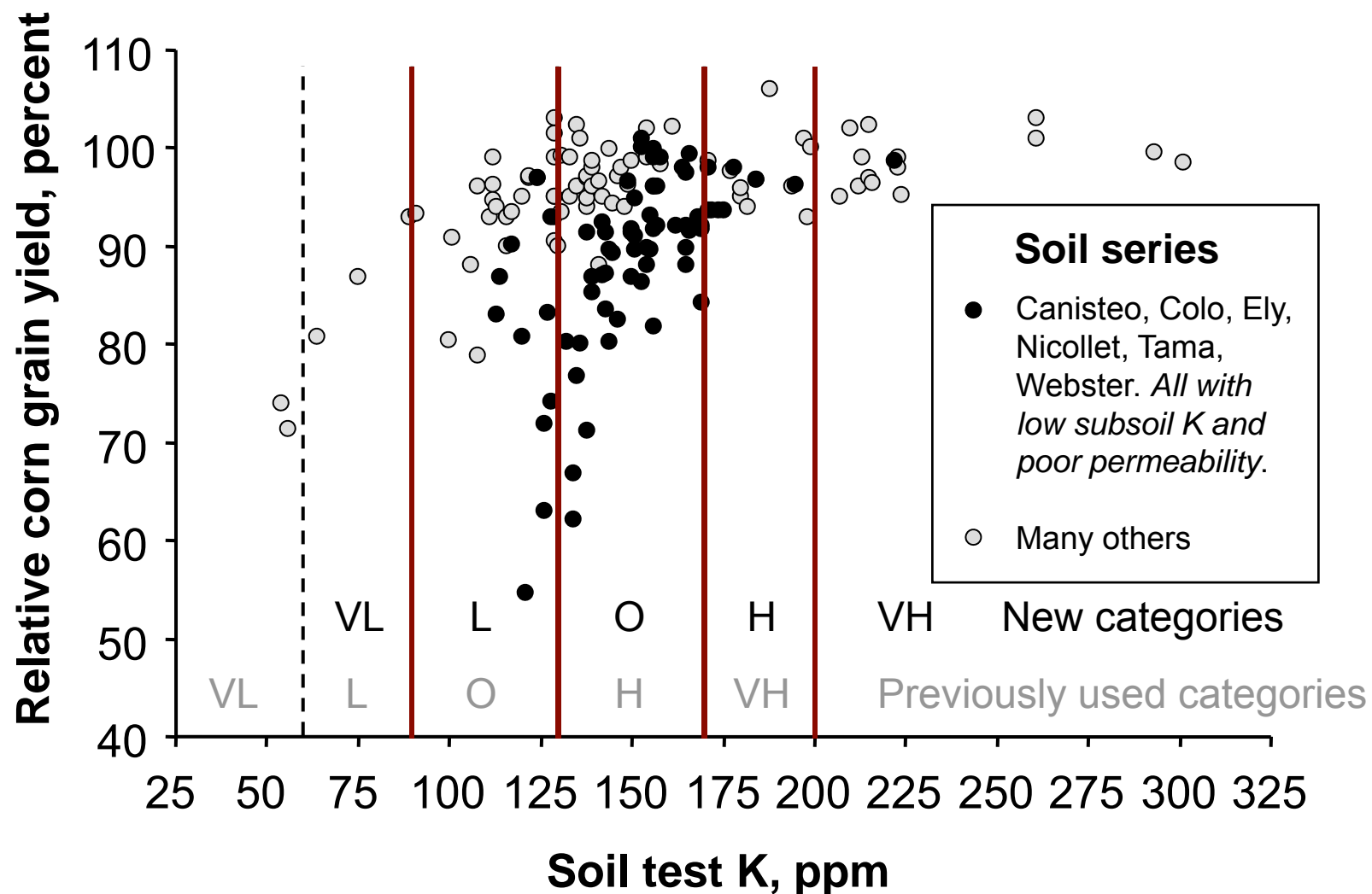
# El Potasio en Región Pampeana

- En ensayos de largo plazo (Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe) se observaron importantes disminuciones de la disponibilidad de K.
- Las tasas de disminución van desde 10 a más de 35 ppm de K disponible por año.
- Los suelos sin agricultura (prístinos) mostraron valores muy por encima de aquellos con historia de producción.



Correndo *et al.* (2011)

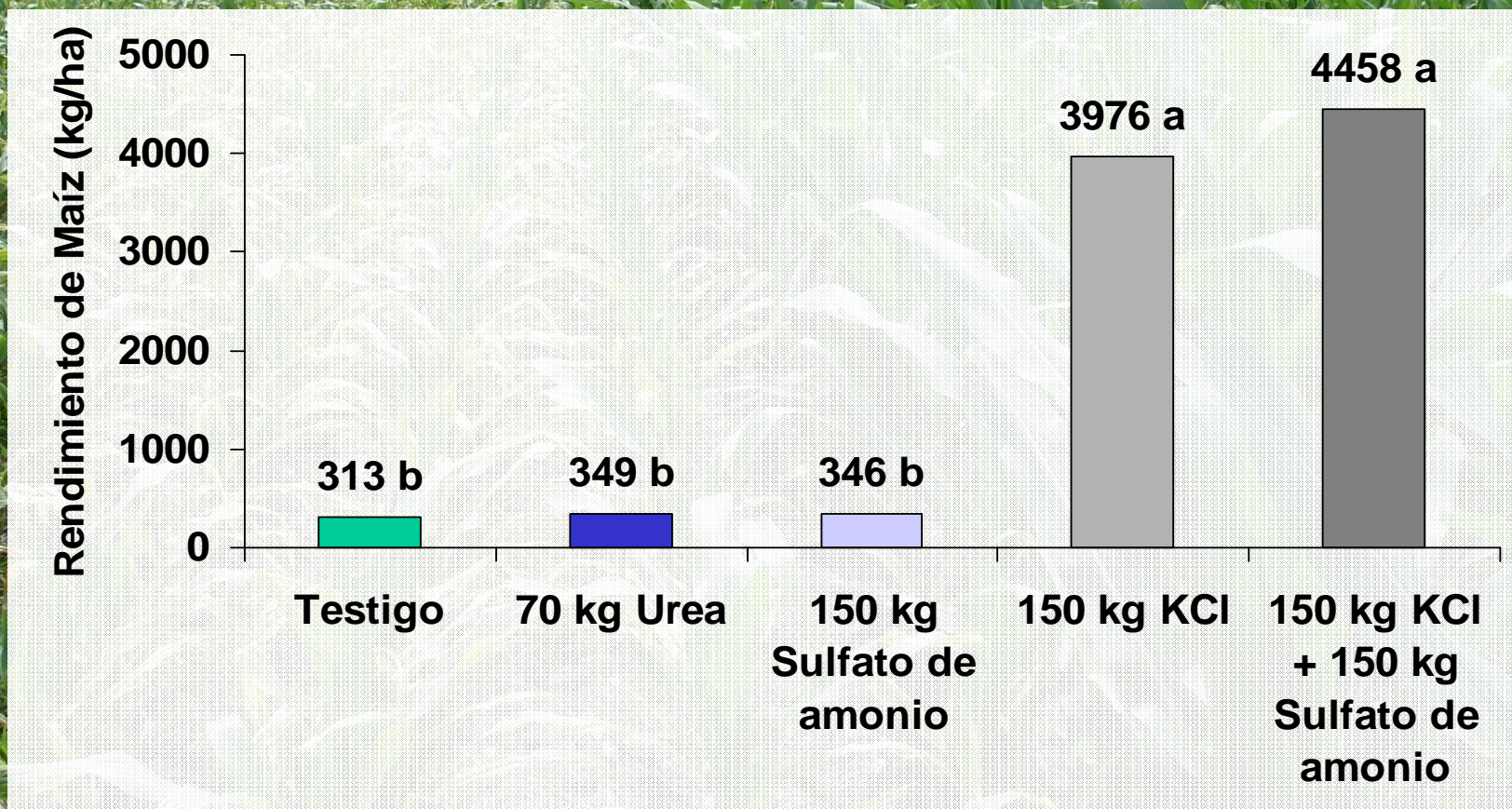
# Calibración de Iowa State University a partir de 2003





# Ensayo Potasio en Maíz - Young (Uruguay) Cano et al. (2007/08)

(La Macarena)



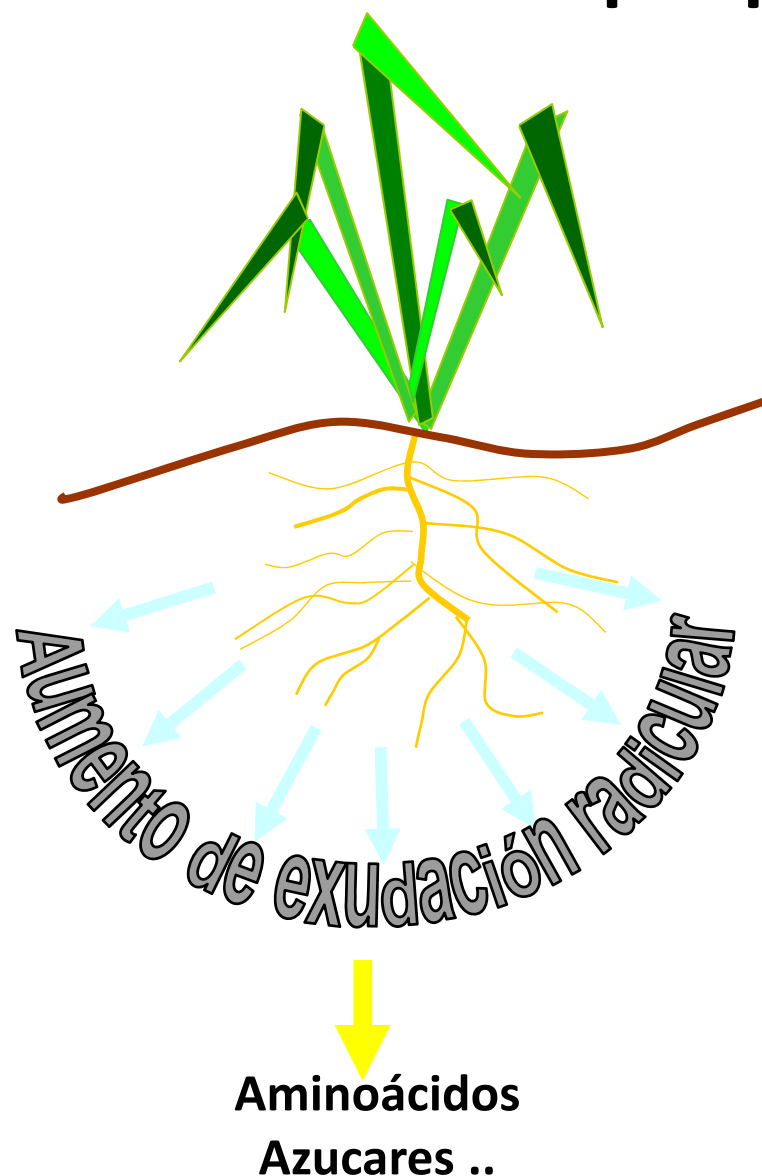
# Funciones esenciales de los micronutrientes en las plantas



Micronutriente	Funciones
<b>Boro</b>	Metabolismo y transporte de carbohidratos; síntesis de pared celular y lignificación; integridad de membranas; alargamiento de raíz; síntesis de ADN; formación de polen y polinización
<b>Cloro</b>	Fotosíntesis; compensación de cargas y osmoregulación; actividad enzimática
<b>Cobre</b>	Constituyente de numerosas enzimas con roles en fotosíntesis, respiración, metabolismo de carbohidratos y proteínas, lignificación y formación de polen
<b>Hierro</b>	Constituyente de citocromos y metaloenzimas; roles en fotosíntesis, fijación simbiótica de N, metabolismo de N y reacciones redox
<b>Manganeso</b>	Fotólisis de agua en cloroplastos; regulación de actividad enzimática; protección contra daño oxidativo de membranas
<b>Molibdeno</b>	Fijación simbiótica de N; constituyente de enzimas
<b>Níquel</b>	Constituyente de enzima ureasa; rol en asimilación de N
<b>Zinc</b>	Constituyente de numerosas enzimas con roles en síntesis de carbohidratos y proteínas; mantenimiento de integridad de membranas; regulación de síntesis de auxinas y de formación de polen

*Fuente: Adaptado de Alloway (2008)*

# Zinc y Boro proveen resistencia contra infecciones por patógenos



Zinc y B son necesarios para la integridad funcional y estructural de las membranas celulares

Cualquier daño a la integridad estructural celular resulta en permeabilidad de membranas y liberación de exudados

Exudados radiculares: Substrato alimenticio de patógenos

*Fuente: I. Cakmak (2011)*

# Sensibilidad relativa de distintos cultivos a deficiencias de micronutrientes



Cultivo	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Alfalfa	Alta	Alta	Media	Media a baja	Media	Baja
Cebada	Baja	Media a alta	Alta a media	Media	Baja	Media
Maíz	Baja a media	Media	Media	Baja	Baja	Alta
Papa	Baja	Baja	-	Alta	Baja	Media
Canola/Raps	Alta	Baja	-	-	-	-
Sorgo	Baja	Media	Alta	Alta a media	Baja	Alta a media
Soja	Baja	Baja	Alta	Alta	Media	Media
Remolacha azucarera	Alta	Media	Alta	Media a alta	media	Media
Trigo	Baja	Alta	Media a baja	Alta	Baja	Baja

Fuente: Adaptado de Alloway (2008)



## Remoción de micronutrientes en la porción cosechada

Cultivo, rendimiento	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	----- g/ha -----					
<b>Alfalfa, 12 t/ha</b>	600	120	1200	600	24	830
<b>Arroz, 3 t/ha</b>	6	10	141	52	0.3	30
<b>Maíz, 9 t/ha</b>	40	20	100	50	5	170
<b>Soja, 2.4 t/ha</b>	58	34	275	102	11	102
<b>Trigo, 3 t/ha</b>	400	30	-	90	-	40

*Fuente: Malavolta et al. (1997) e IFSM-PPI (1995)*

# EVALUACION DE LA DISPONIBILIDAD DE MICRONUTRIENTES

- ✓ **Diagnóstico visual**  
(síntomas de deficiencia/toxicidad)
- ✓ **Análisis químico de suelo**
- ✓ **Análisis foliar**

# MUCHOS METODOS PARA VALIDAR LA BIODISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES PARA LAS PLANTAS

## VENTAJAS DEL ANALISIS QUIMICO

- ✓ Posibilidad de anticipar el manejo de la fertilidad de suelo
  - ✓ **Confiable** cuando es propiamente ajustado
  - ✓ Fácilmente utilizado en rutina
  - ✓ Generalmente de bajo costo
- ✓ ***El problema es que hay pocos estudios de correlación, calibración y curvas de respuesta para micronutrientes***



# Concentración Crítica de Micronutrientes en Suelo

Micronutriente	Factores de importancia	Método	Rango de nivel crítico
			mg/kg
<b>Boro</b>	Rendimiento, pH, humedad de suelo, textura, MO, tipo de suelo	Soluble en agua caliente	0.1-2.0
<b>Cobre</b>	Cultivo, MO, pH, presencia de CaCO <sub>3</sub>	Mehlich 1 Mehlich 3 DTPA	0.1-10.0 0.1-2.5
<b>Hierro</b>	pH, presencia de CaCO <sub>3</sub> , aireación, humedad de suelo, MO, CIC	DTPA Olsen modificado	2.5-5.0 10.0-16.0
<b>Manganeso</b>	pH, textura, MO, presencia de CaCO <sub>3</sub>	Mehlich 1 Mehlich 3 DTPA	5.0-10.0 4.0-8.0 1.0-5.0
<b>Molibdeno</b>	pH, cultivo	Oxalato de amonio pH 3.3	0.1-0.3
<b>Zinc</b>	pH, presencia de CaCO <sub>3</sub> , P, MO, porcentaje de arcilla, CIC	Mehlich 1 Mehlich 3 DTPA	0.5-3.0 1.0-2.0 0.2-2.0

*Adaptado de Sims y Johnson (1991)*



# Concentración Crítica de Micronutrientes en Maíz, Soja, Trigo y Alfalfa



Micronutriente	Maíz	Soja	Trigo	Alfalfa
	----- mg/kg -----			
Boro	10	25	15	30
Cobre	5	5	5	7
Hierro	25	30	25	30
Manganeso	15	20	30	25
Molibdeno	0.2	0.5	0.3	0.5
Zinc	15	15	15	15
Muestreo	Hoja de la espiga u opuesta y por debajo de la espiga en panojado	Hojas y pecioloos mas jóvenes luego de la formación de la primera vaina	Toda la planta en encañazón	Tallos superiores en floración temprana

*Fuente: Melsted et al. (1969)*

# BORO en GIRASOL

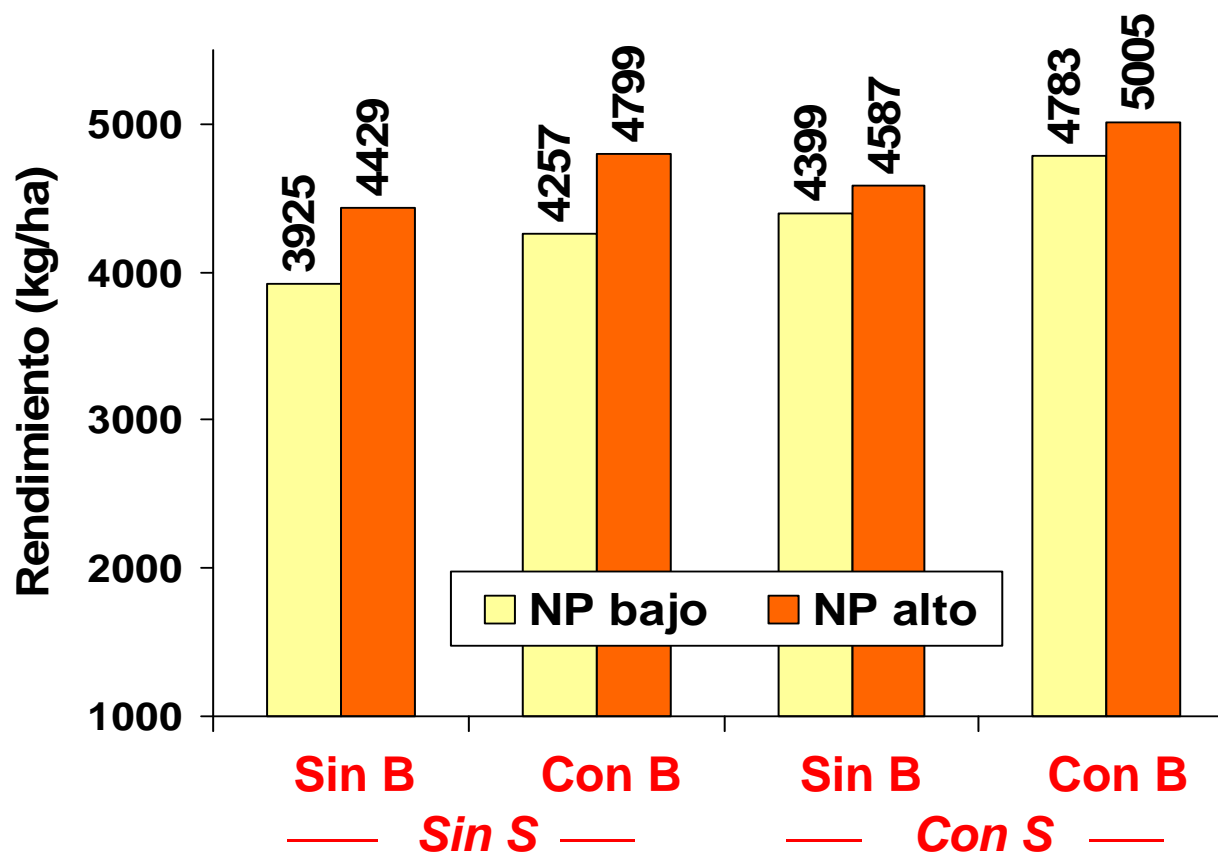


*Foto M. Díaz Zorita*

# Azufre y Boro en Trigo

*Criadero Klein – Alberti (Buenos Aires) - Campaña 1999/00*

*Fuente: Ing. Agr. Roberto Klein (2003)*



- *Dosis de NP: 95-110 kg N, 25-49 kg P -*
- *Dosis de S: 6 kg/ha - Dosis de B: 0.5 kg/ha*
- *MO 2.5% - pH 6.1 - S-sulfatos 13 ppm - B 0.2 ppm*
- *Primavera-verano secos*

# Boro Foliar en Soja de Segunda

*San Carlos (Santa Fe)*

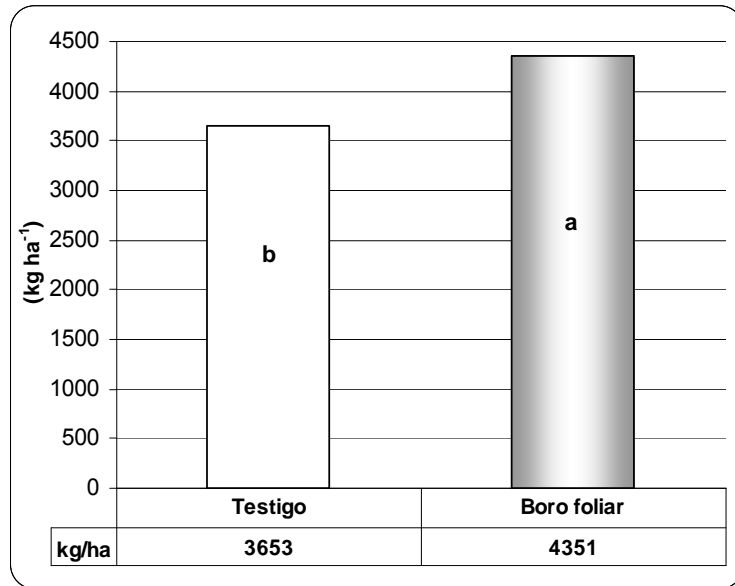
*Fontanetto y col. - EEA INTA Rafaela, 2008/09*

Variable	Testigo	B foliar en R2-3
Rendimiento (kg/ha)	3068 b	3303 a
Materia grasa (%)	19.0	19.6
Proteína (%)	37.2	37.7
Flores/planta 15 días luego R4	39	42
Vainas/planta 15 días luego R4	88 b	133 a

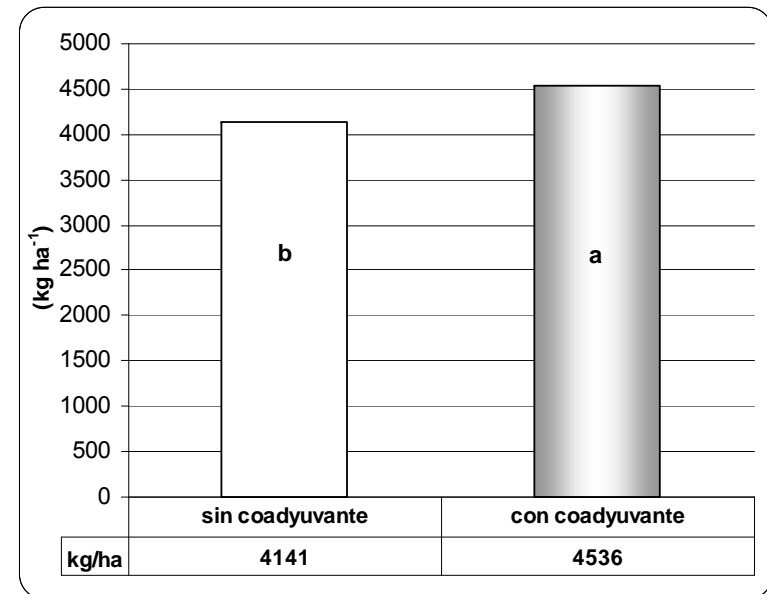
- *Análisis de suelo: MO 2.5% - pH 5.9 - B 0.47 ppm*
- *Boro aplicado como Solubor (15% B) en 150 L/ha de agua en R2-3*
- *Variedad A 6411 sembrada el 17/12/2008 a 0.42 m entre surcos*
- *Fertilización de base: 19 kg/ha de S, 30 kg/ha de P y 400 kg/ha de calcita*

# Rendimiento de soja como respuesta a la aplicación de boro

*La Trinidad (General Arenales)*  
*Ferraris et al. (2005) - EEA INTA Pergamino*

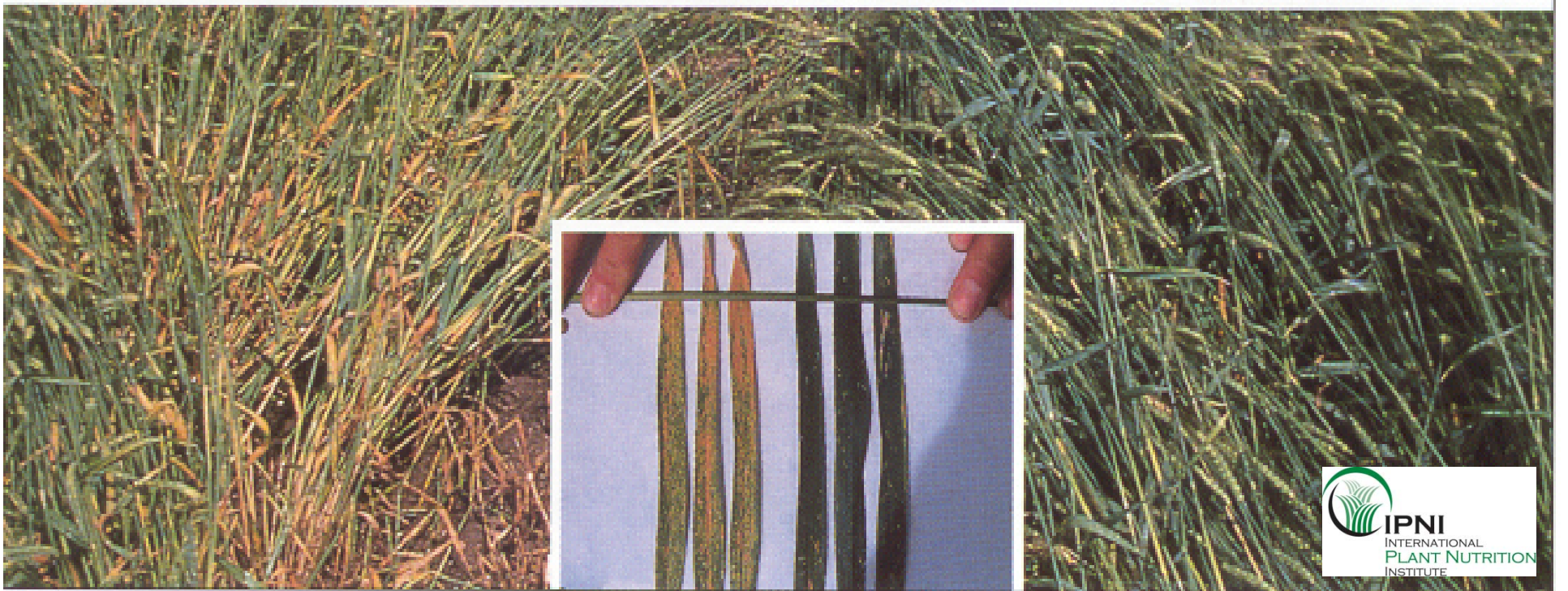


a) B (270 g ha<sup>-1</sup>) por vía foliar en prefloración-inicios de floración (V7-R1)



b) Uso de un aceite vegetal + tensioactivo coadyuvante junto a la aplicación de B

# Cloro en Trigo



# Fertilización con cloruros en el oeste bonaerense

Ea. El Negrito (América, Bs.As.) – Oct.2002

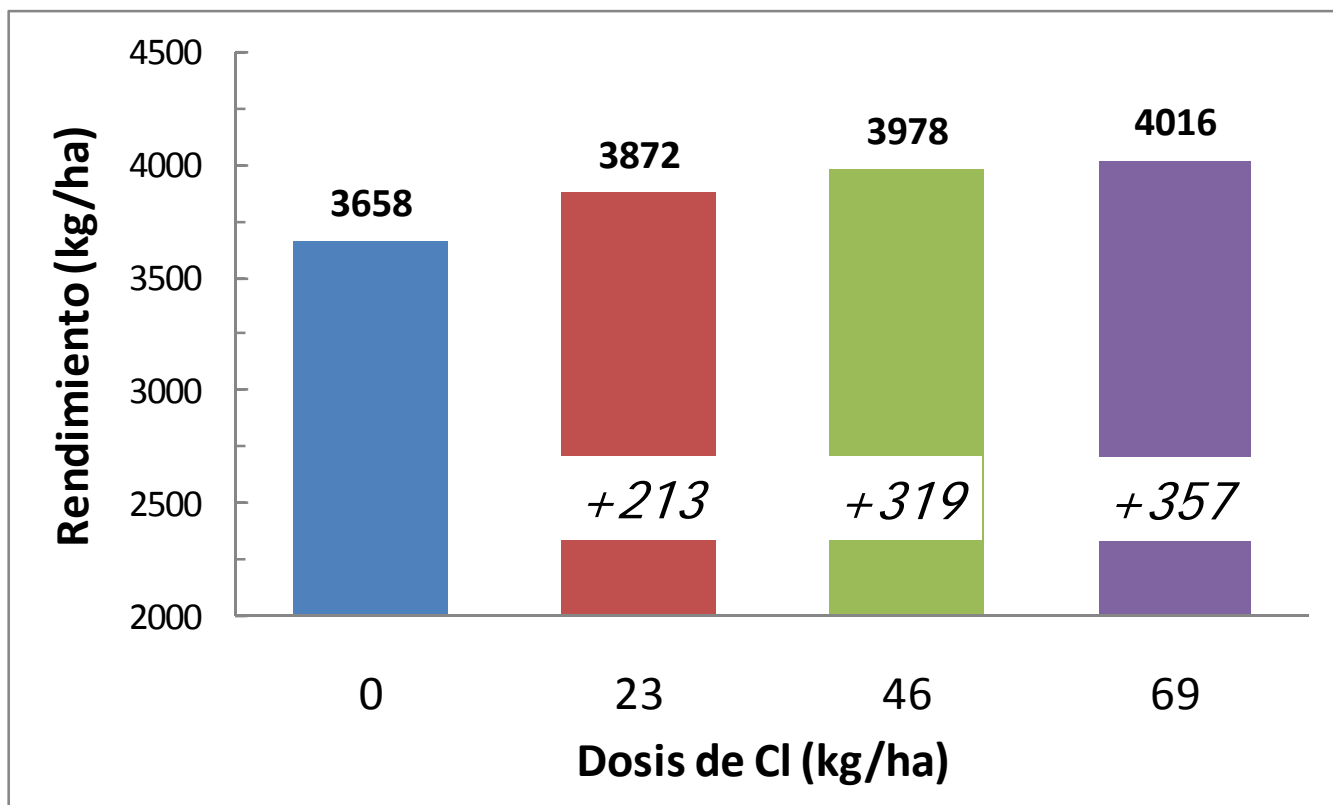


*Fuente: M. Díaz Zorita*

# 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





Trigo



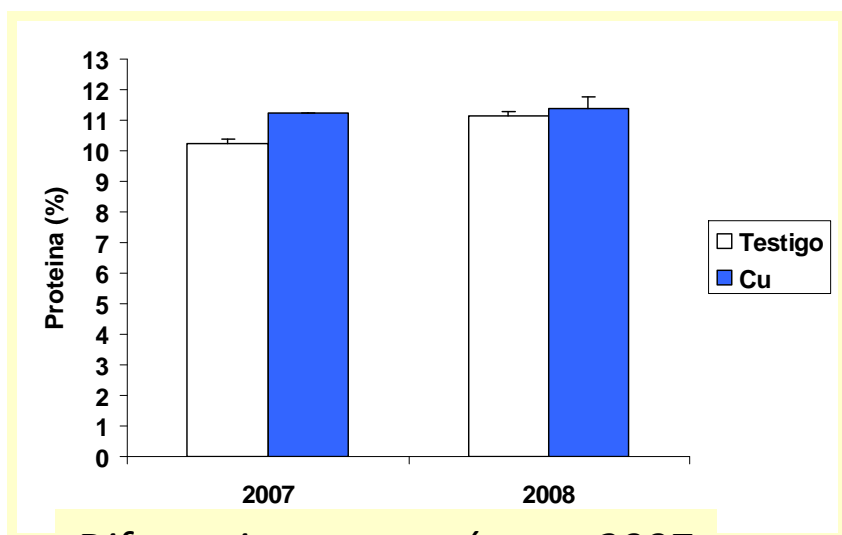
Cebada

# Deficiencias de Cu



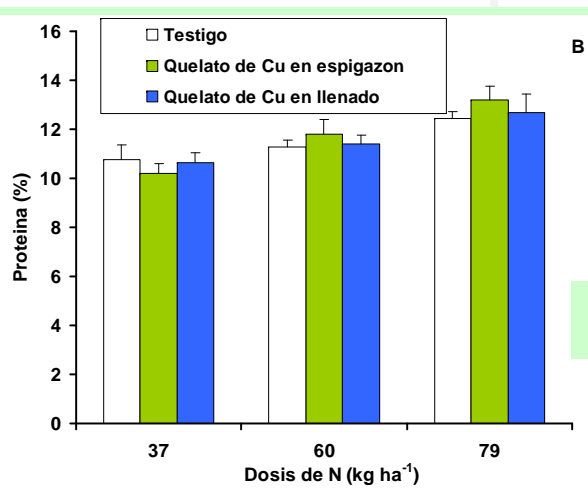
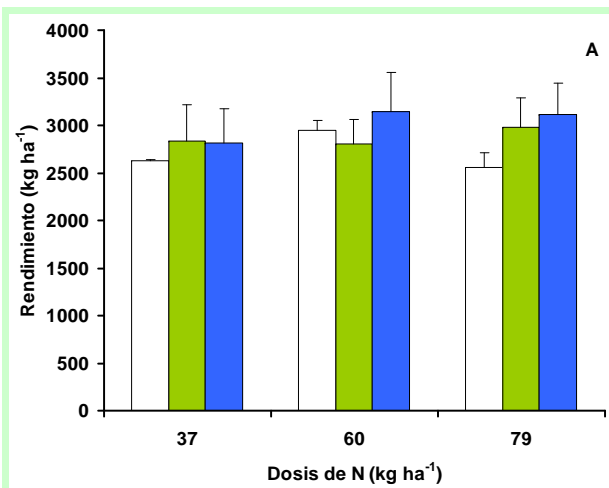
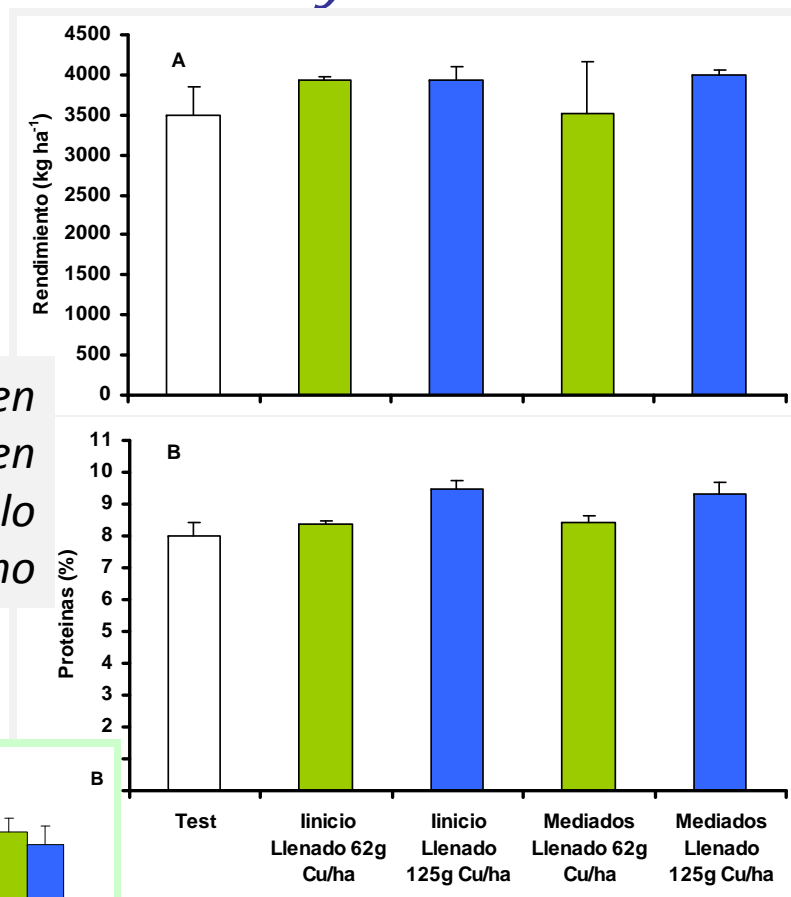
# Fertilización foliar con cobre en cebada

*E. Lemos et al. (2012) – AER INTA Junín y FA-UBA*



*Diferencias en proteína en 2007*

*Respuesta en proteína en 2009 en suelo alcalino*



*Sin respuestas en 2010*



## Deficiencia de Hierro

*Clorosis de hojas nuevas  
con nervaduras mas oscuras*



# Deficiencia de Manganeso en soja RR luego de la aplicación de glifosato



***Clorosis foliar momentánea por efecto del glifosato sobre los microorganismos reductores de Mn***

**Fuente: Don Huber, Purdue University (2005)**

# Deficiencia de Zn en maíz

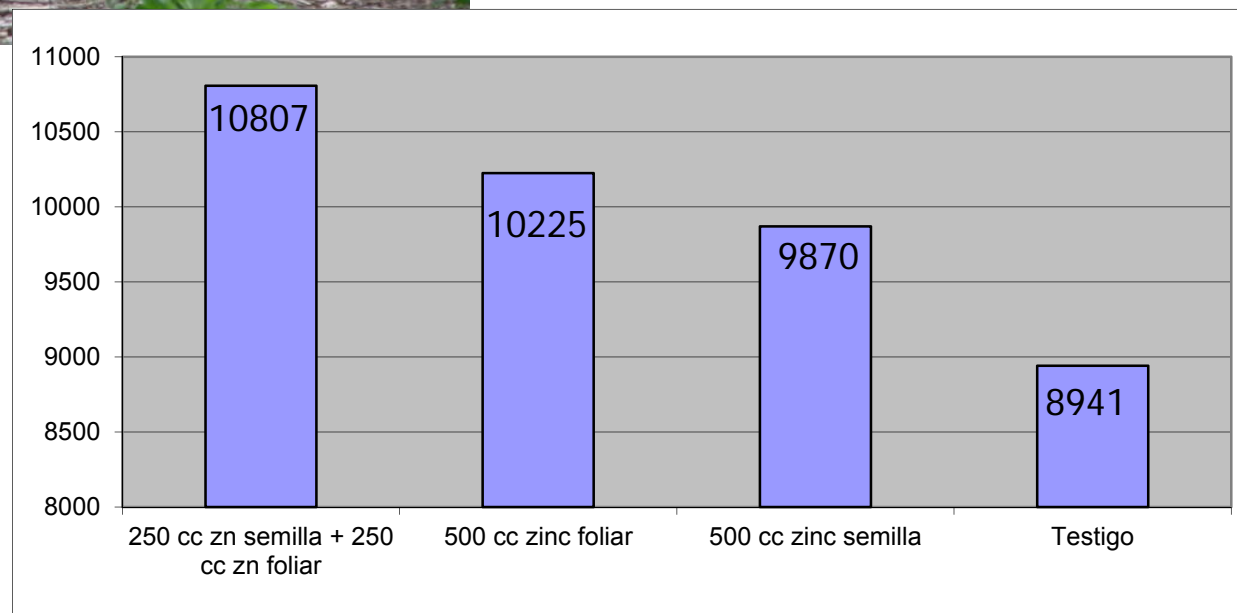


Amarillamiento internerval observable en las hojas más desarrolladas de un cultivo de maíz de tres semanas bajo siembra directa

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

# Zinc en Maíz en Bolívar

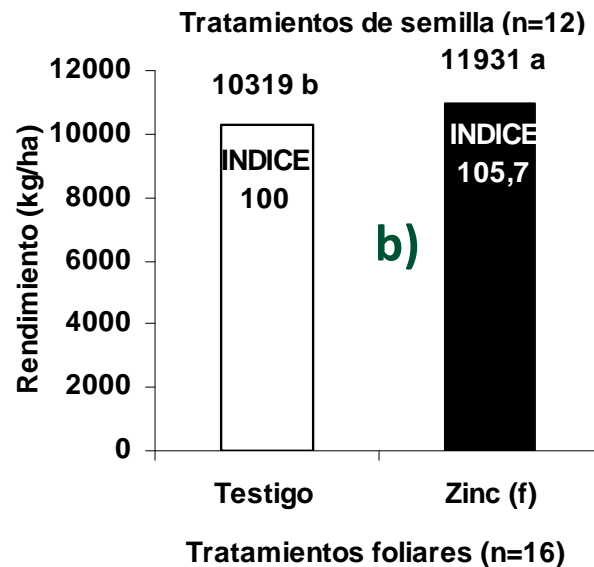
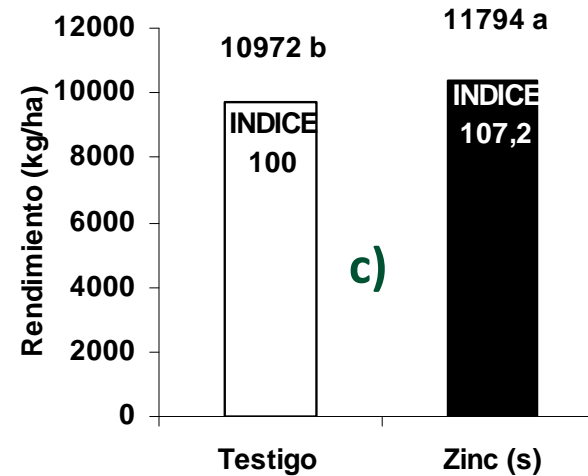
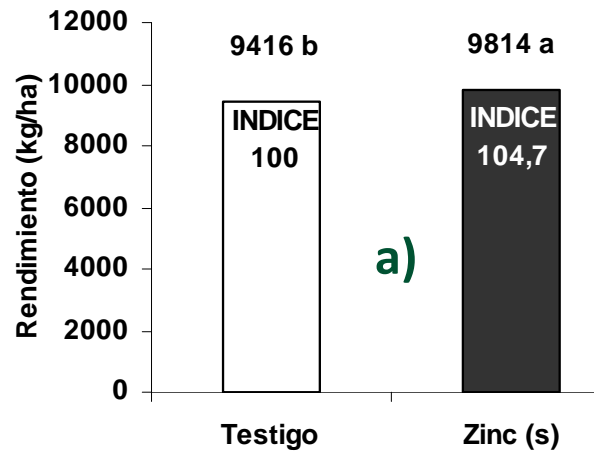
INTA-ASP Bolívar – Campaña 2009/10



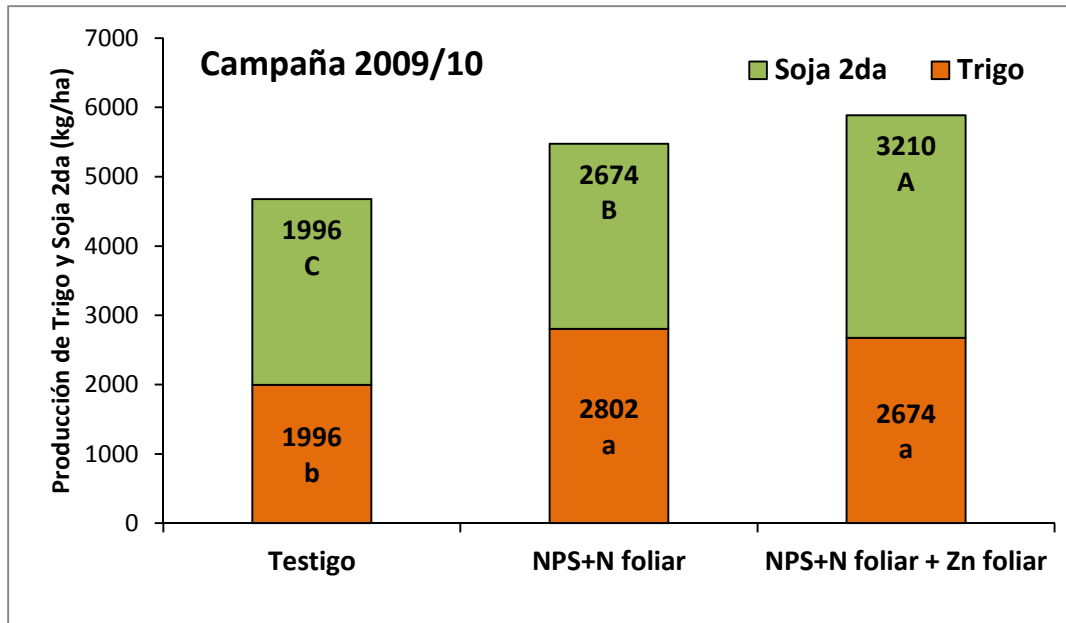
# Zinc en Maíz

Respuesta porcentual por medio de a) tratamientos de semilla ( $0,1-0,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ) b) aplicaciones foliares entre V5-V7, ( $0,3-0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y c) aplicaciones al suelo entre V0 y V6 ( $0,4-3,5 \text{ kg ha}^{-1}$ )

Ferraris et al. (2010) - INTA Pergamino

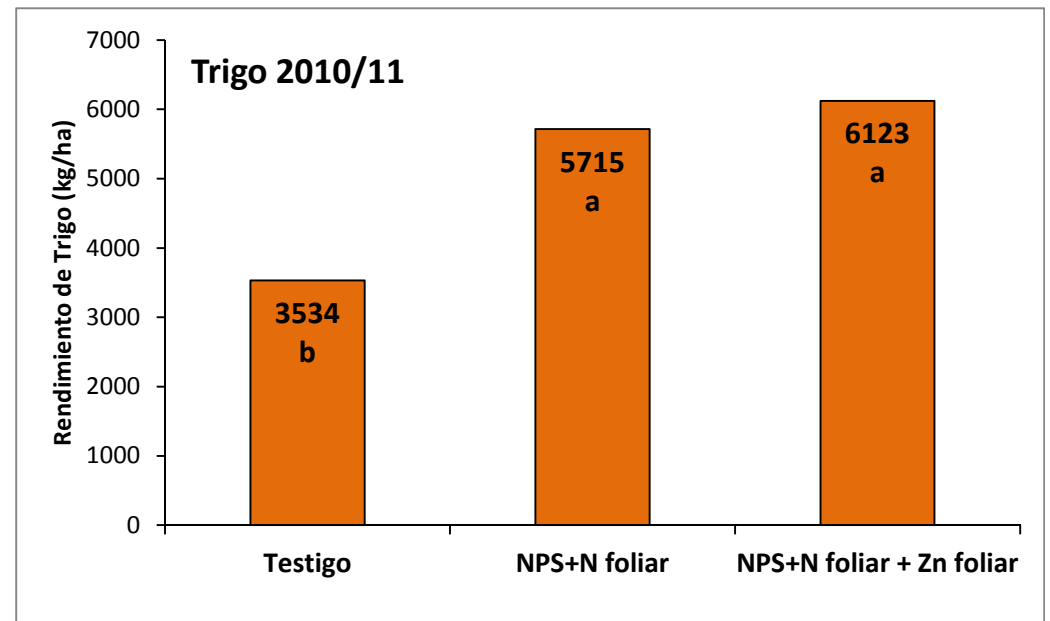


# Zinc en Trigo



*Gral. Arenales, Buenos Aires  
Ferraris et al., 2011*

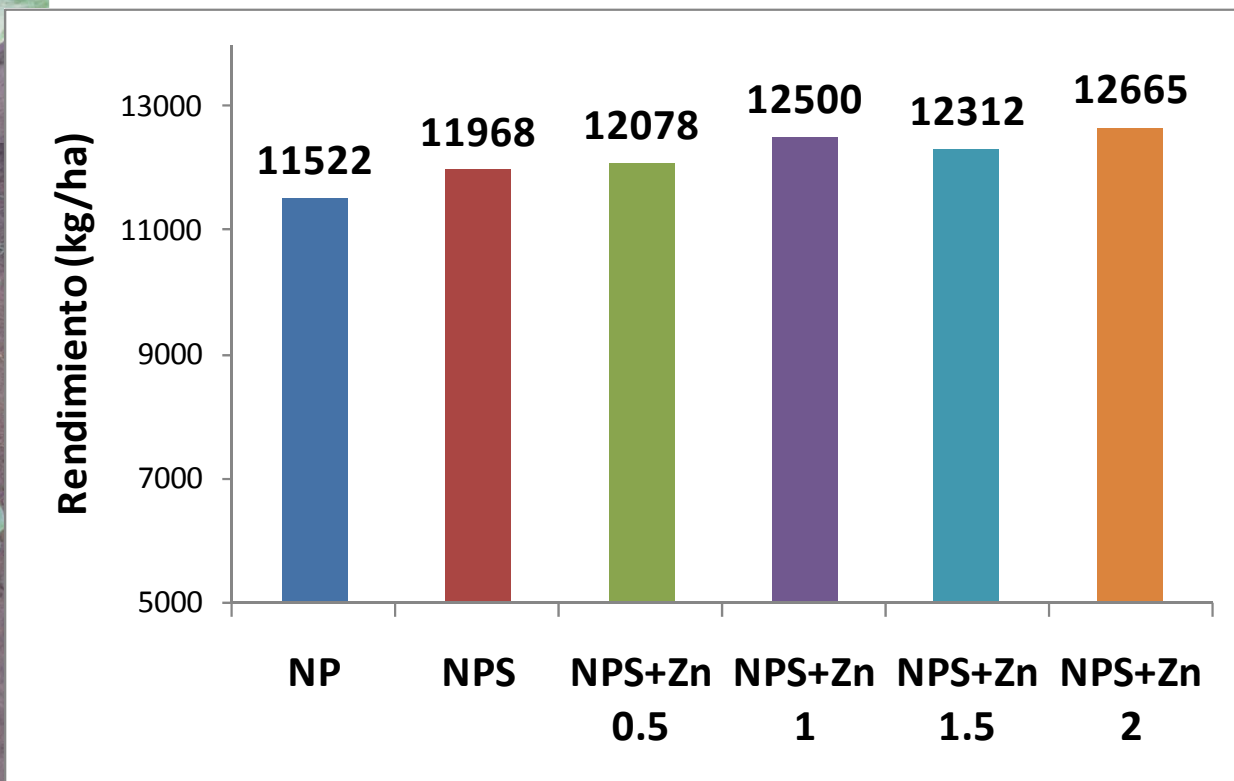
- Sin respuesta significativa en trigo 2009
- Respuesta significativa en trigo 2010
- Respuesta residual en soja de 2<sup>a</sup>





# Zinc en Maíz

*Promedios de seis ensayos en Córdoba, Buenos Aires y Santa Fe  
Campaña 2009/10*



*Fuente: Mosaic-IPNI*

# Zinc en Maíz en Monte Buey (Córdoba)

*Máximo Uranga – Campaña 2010/11*

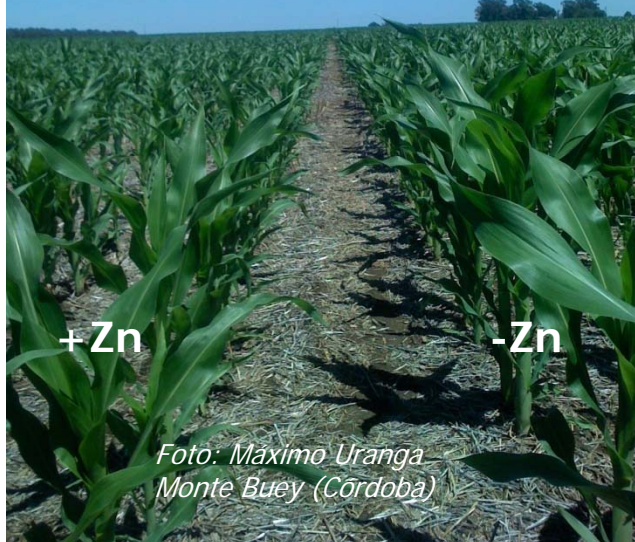


## Rendimientos

**-Zn 13590 kg/ha**

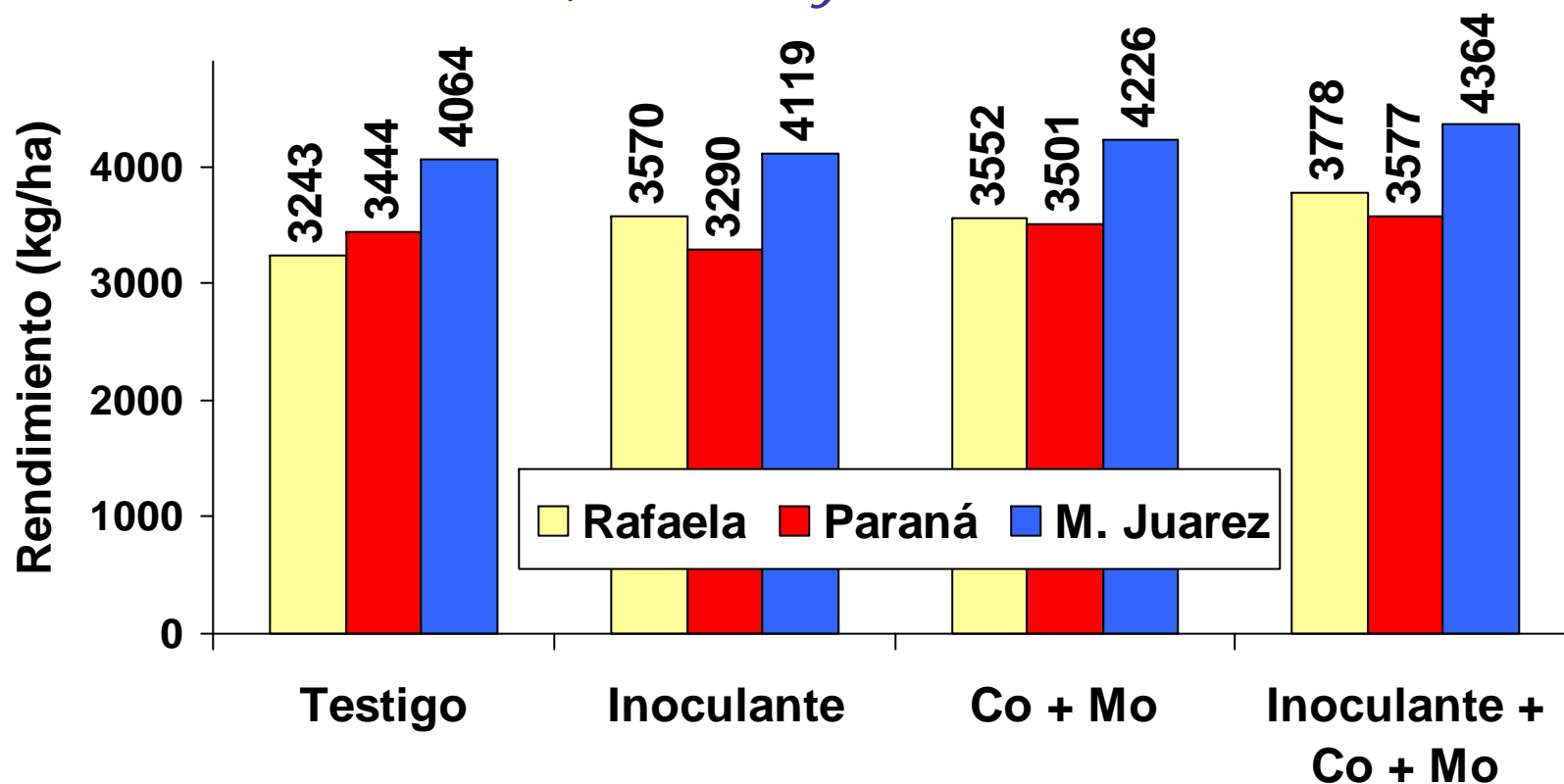
**+Zn 14430 kg/ha**

***Diferencia + 6%***



# 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

## ESTIERCOL: Cálculo del aporte de Nutrientes

Ton. Estiércol seco	Kg de Nutrientes con diferentes cantidades de Estiércol					
	kg de N	kg de P	kg de S	kg de K	Kg de Ca	Kg de Mg
1	22	8	6	11	8	4
2	43	16	12	22	16	8
4	87	33	24	44	33	16
6	130	49	36	65	49	24
8	174	65	48	87	65	33
10	217	82	60	109	82	41
15	325	122	90	163	122	61
20	434	163	120	218	163	82

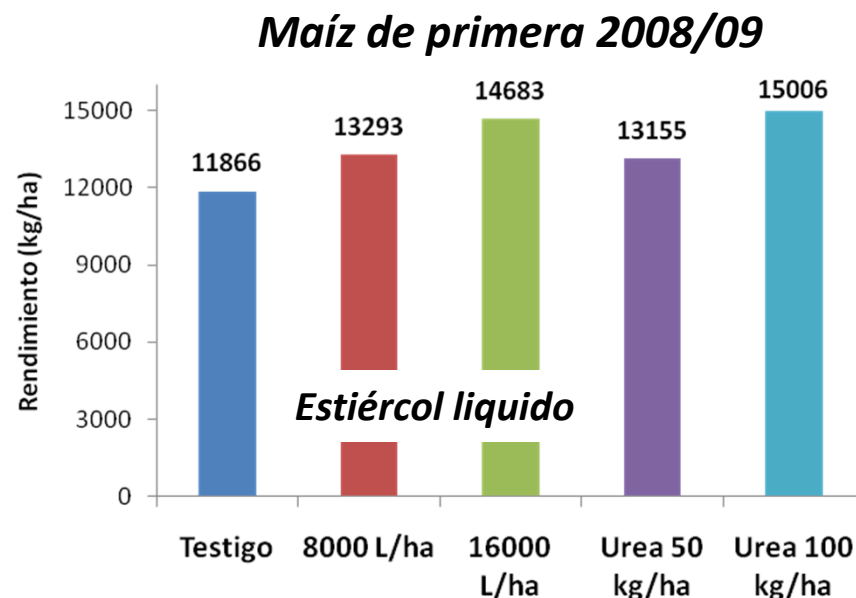
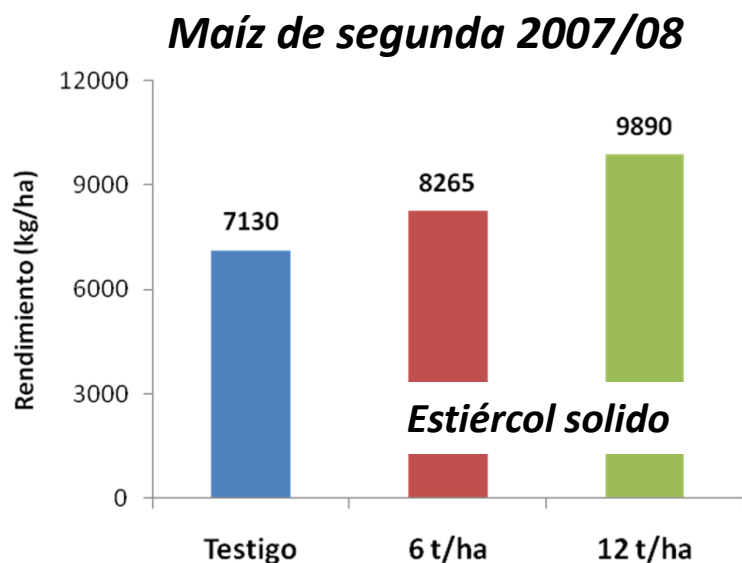
Fuente: H. Fontanetto (2010)



Foto: Ing. Edith Weder

# Experiencias con el uso de efluentes de tambo en la región central de Santa Fe

*Fontanetto y col. (2010)- EEA INTA Rafaela (Santa Fe)*



**Efecto en propiedades del suelo – Tambo en Humboldt (2009), aplicación de 72000 L/ha de efluentes**

Tratamiento	MO	N total	P Bray
	%	%	ppm
Sin efluentes	2.27	0.11	11
Con efluentes	2.94	0.15	34

***Composición de efluente de sala de ordeño 10.4% MS, 0.14 g/L N y 0.01 g/L P***

# 19th ISTRO CONFERENCE

XIX ISTRO 2012 - IV Reunión SUCS



**ISTRO**  
International Soil Tillage  
Research Organization

## Uruguay 2012

Montevideo, 24 al 28 de Septiembre de 2012

[www.fagro.edu.uy/ISTRO](http://www.fagro.edu.uy/ISTRO)

**ISTRO - International Soil Tillage Research Organization**  
Founded on 27 September 1973

Non-profit Organization  
Organized as a corporation for education and scientific

ii Muchas gracias!!



[www.lacs.ipni.net](http://www.lacs.ipni.net)  
[fgarcia@ipni.net](mailto:fgarcia@ipni.net)