



Jornada de Actualización para Profesionales  
EEA INTA Anguil y Colegio Ing. Agr. de La Pampa  
Anguil, 1 de Diciembre de 2009

# Fertilización Fosfatada en Argentina Actualidad, Manejo y Perspectivas

Fernando O. García



Instituto Internacional  
de Nutrición de Plantas  
[www.ipni.net/lasc](http://www.ipni.net/lasc)

Sin P

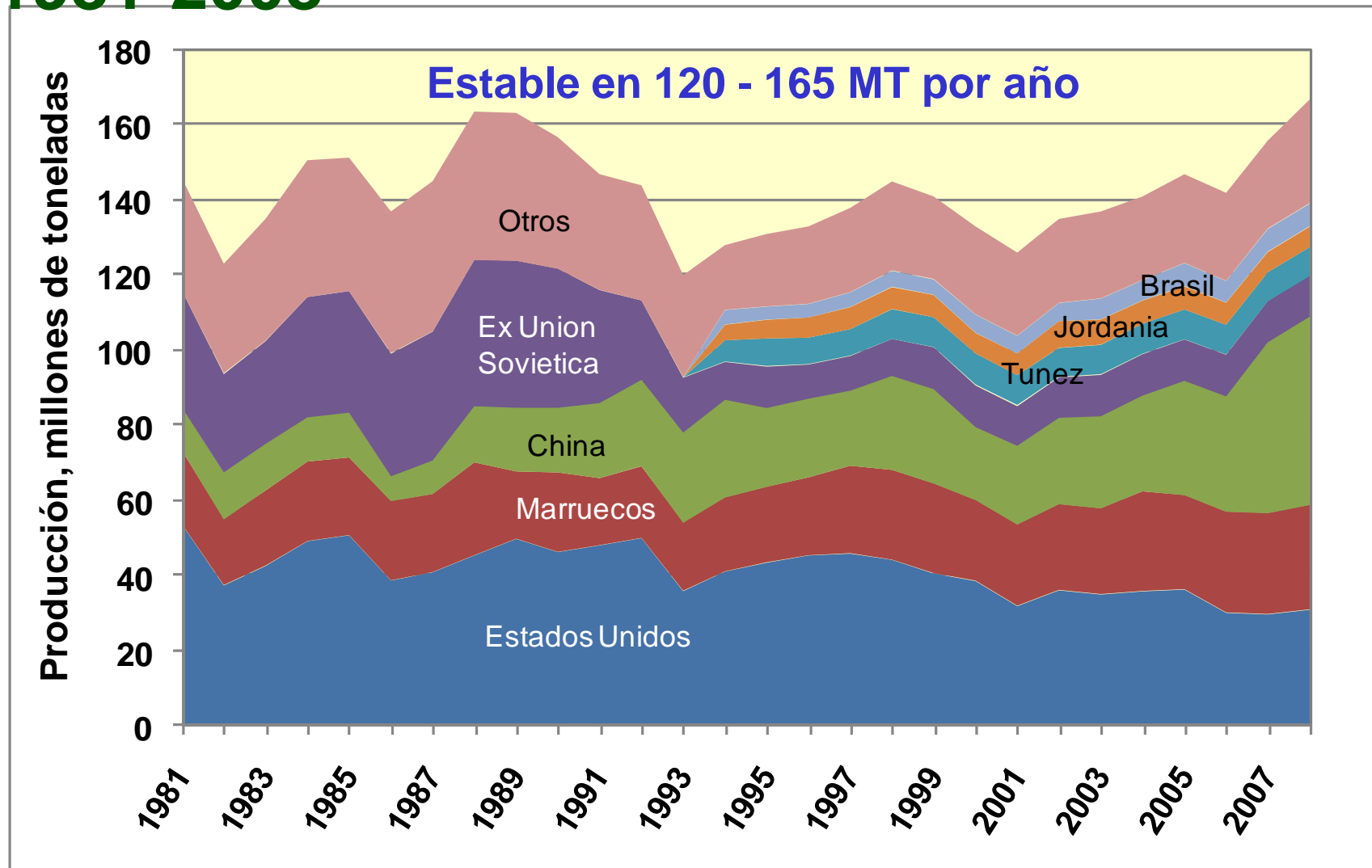
Con P

*Ensayo La Marta - CREA Sur de Santa Fe 2000/01 - Thomas et al. (2001)*

# Temario

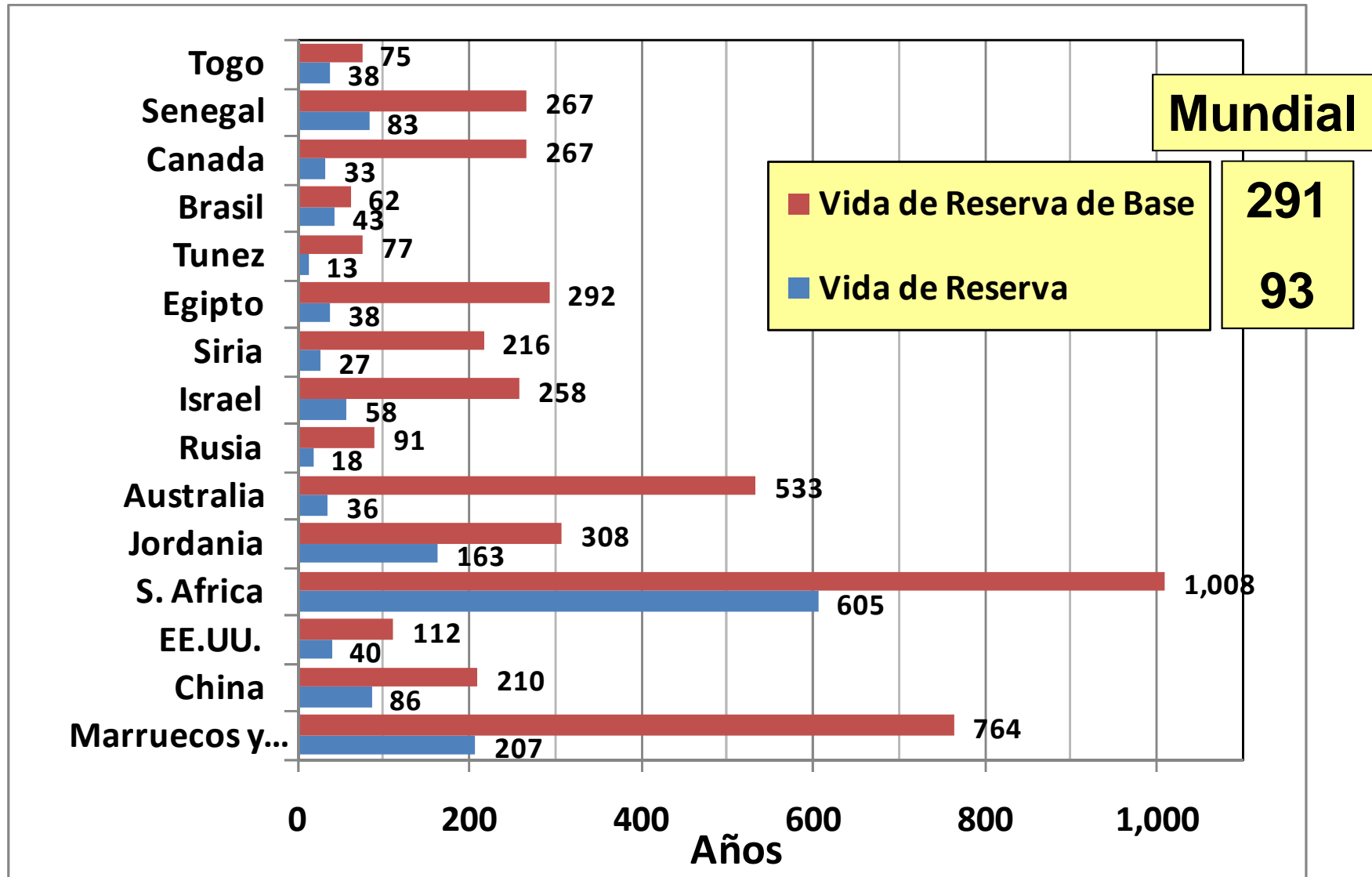
- **Actualidad**
  - Reservas mundiales: ¿Hay suficientes reservas de P?
  - Consumo en Argentina, Balances de P
- **Mejores practicas de manejo de P en cultivos extensivos**
  - Dosis, fuente, momento y forma
- **Perspectivas**
  - Necesidades a futuro
  - Alternativas de manejo

# Producción mundial de roca fosfórica, 1981-2008



<sup>1</sup>1992-1997 Ex Unión Soviética incluye la información de Kazakstán y Rusia; posteriormente, solamente Rusia. <sup>2</sup>Año 2008 estimado. Compilado a partir de USGC Reporte de Comodities de Minerales, 1983-2009.

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



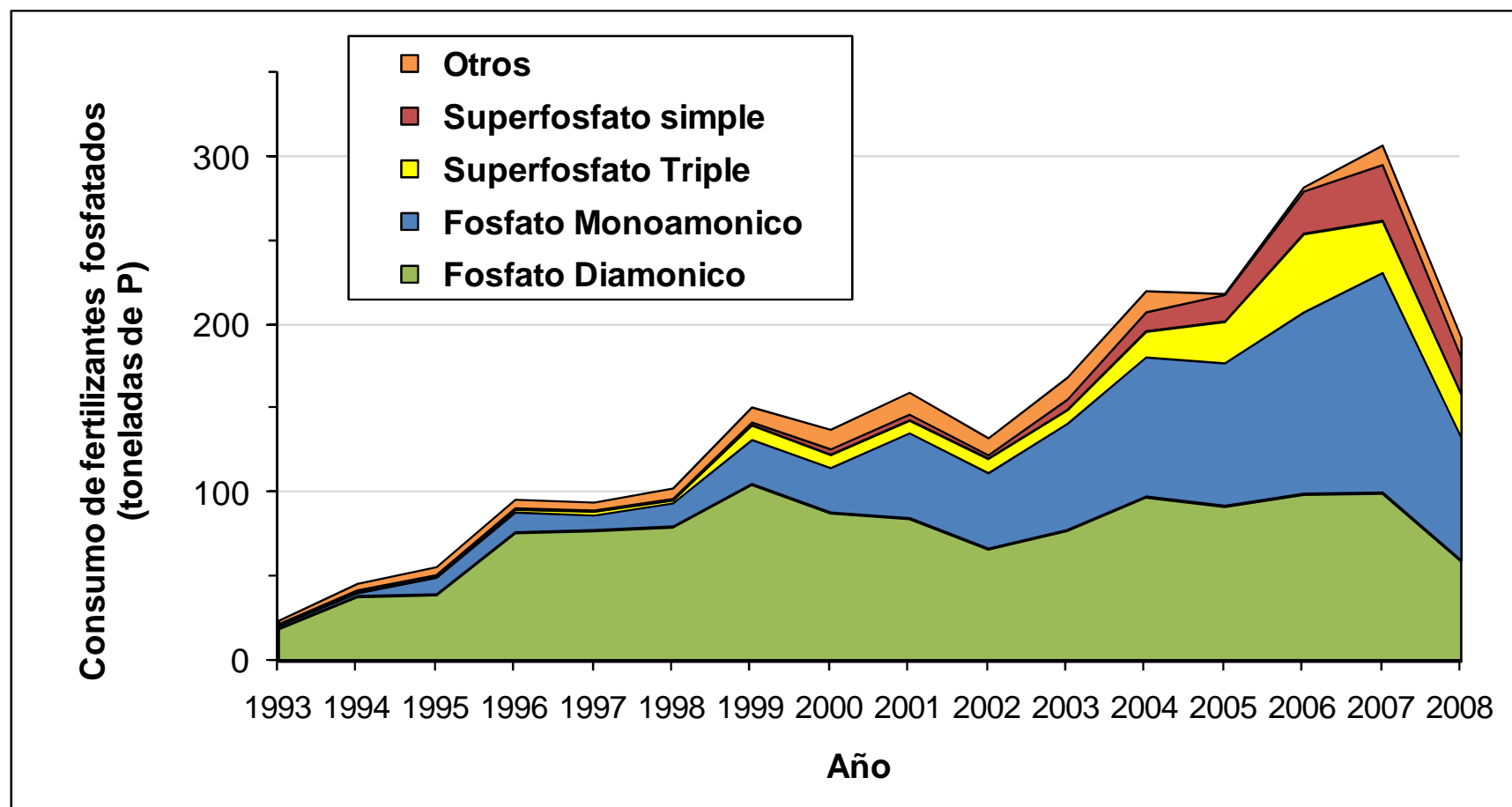
Fuente: Fixen (2009) a partir de USGS, 2009 (basado sobre la producción de 2007-2008)



# Reservas y reservas de base de fosfatos estimadas (Fixen, 2009)

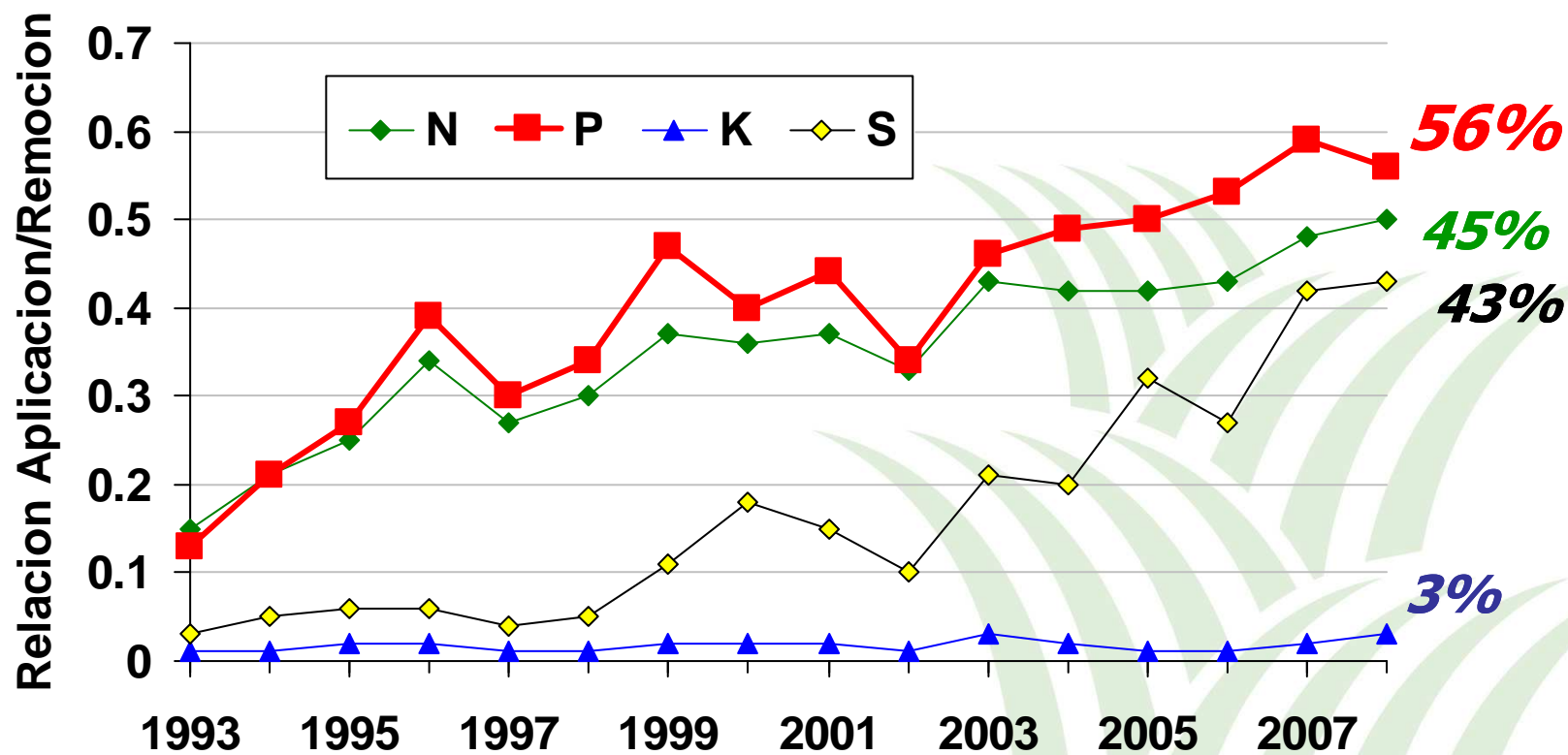
- Existe una gran incertidumbre en las estimaciones pero **el mundo no está al borde de la escasez de fosfatos de las materias primas**
- Las reservas mundiales y los recursos parecen **adecuados para el futuro previsible**
- **Los costos de P se incrementaran** con el tiempo a medida que los materiales que son extraídos con mayor facilidad sean consumidos
- **Ganar en eficiencia retardará el incremento en los costos:** Un incentivo para el perfeccionamiento y la implementación de las Mejores Practicas de Manejo (MPM)
- La roca fosfatada es un recurso natural no renovable de gran importancia para la producción de alimentos: Su administración racional **es una responsabilidad crítica para la agricultura**

# Fósforo: Uso Actual en Argentina

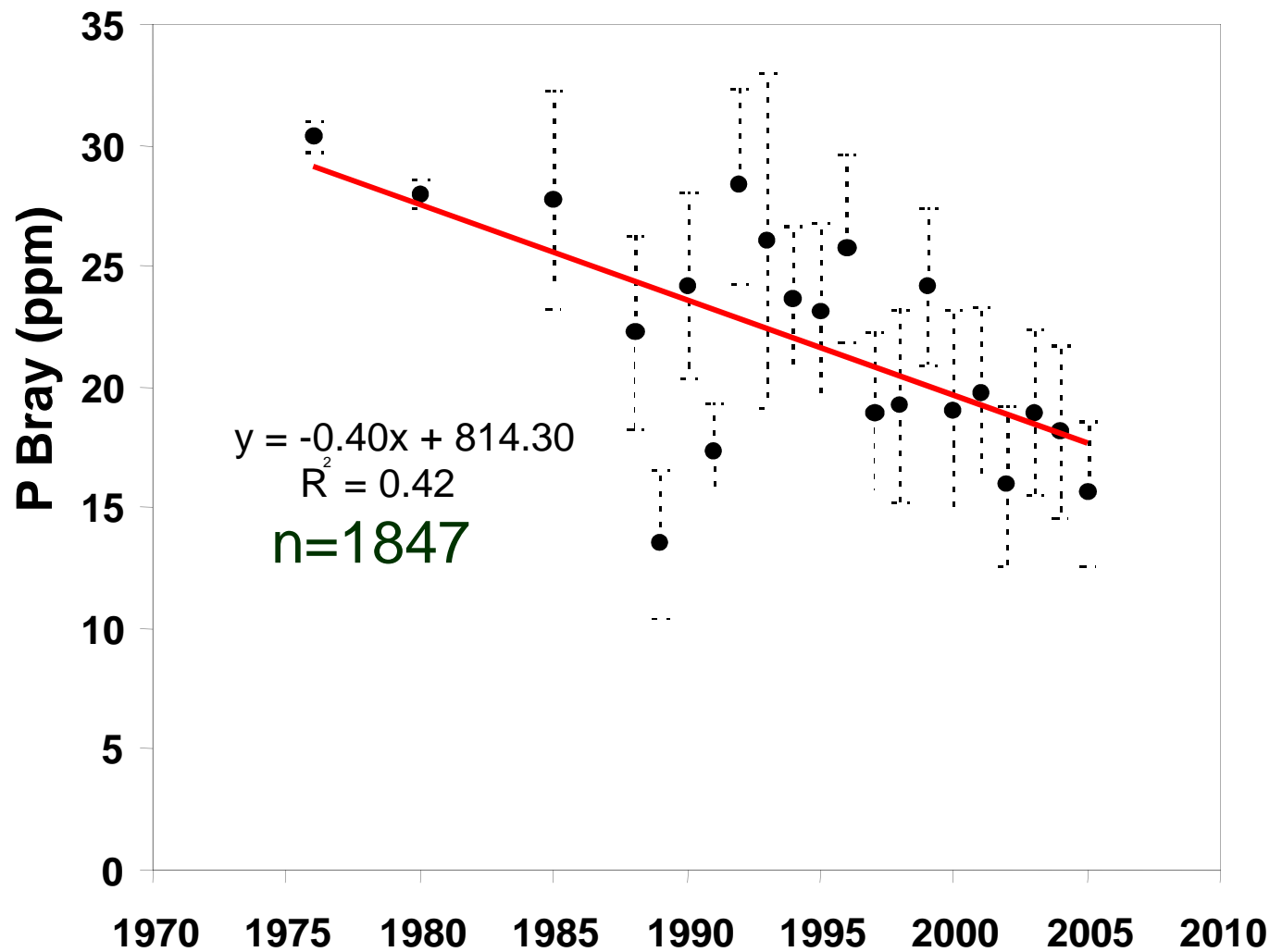


Fuente: SAGPyA y Fertilizar AC

# Argentina: Relaciones Aplicación/Extracción de N, P, K y S en cultivos extensivos 1993-2008



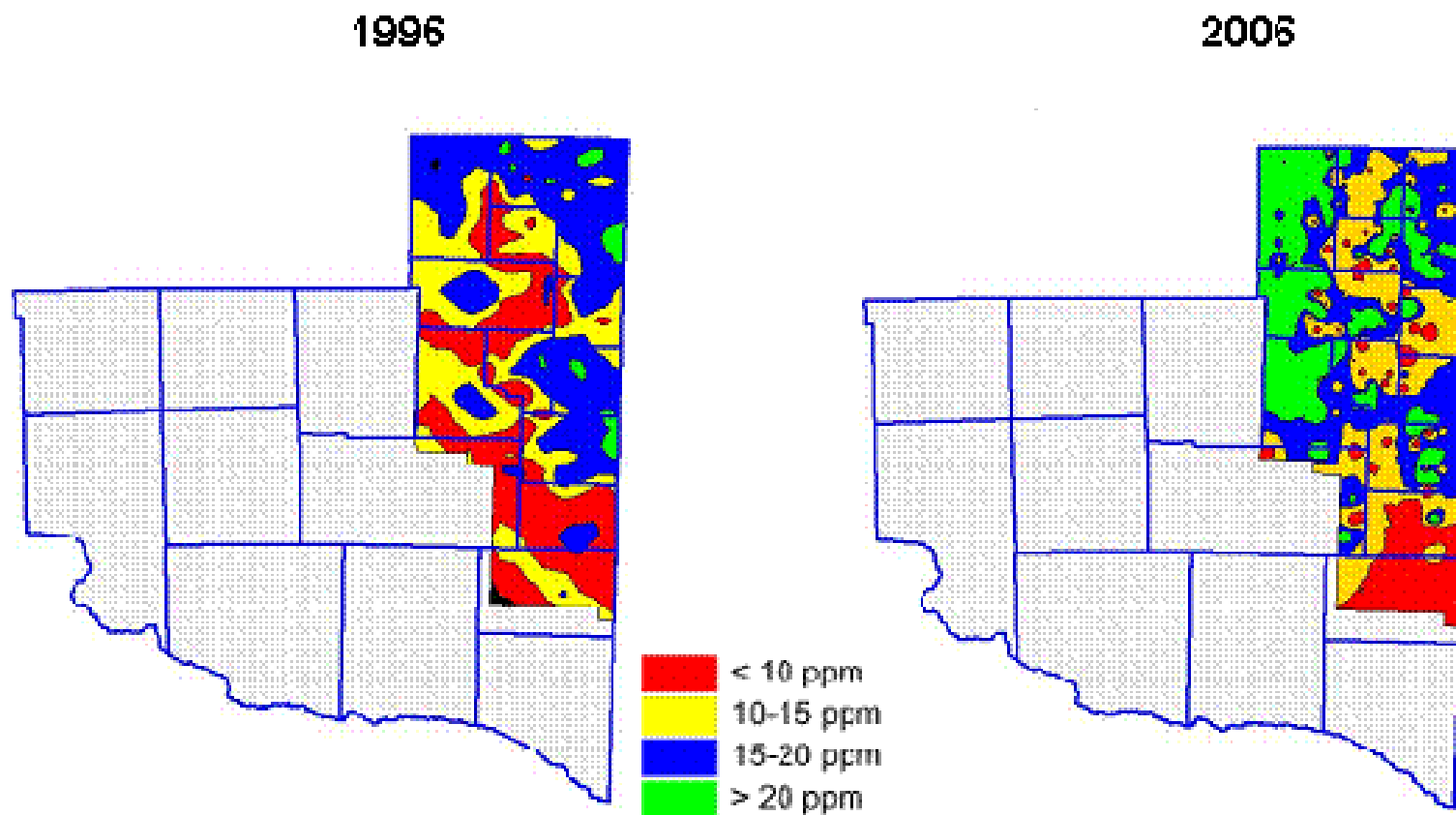
# P extractable en suelos del oeste de la región pampeana argentina



Fuente: Díaz-Zorita, Duarte & Asoc. (2005)

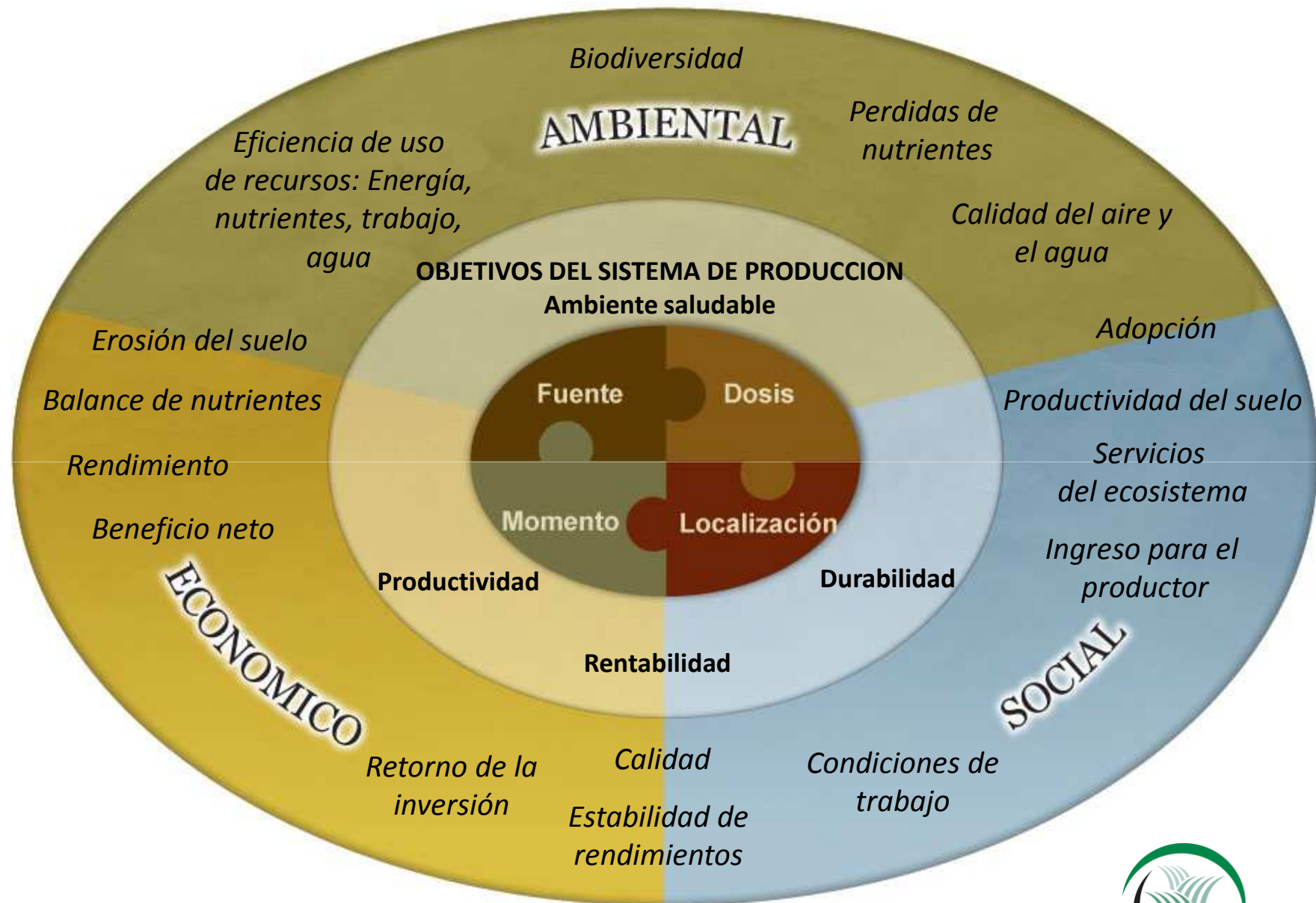


# Evolución de los contenidos de P para el período 1996-2006 en La Pampa



*Fuente: Romano y Zinda (2007)*

# Los cuatro fundamentos básicos de la nutrición (4Fs)





# Red INTA Pergamino, Paraná y Rafaela 2003/04 (Argentina) - 15 ensayos de P en Soja

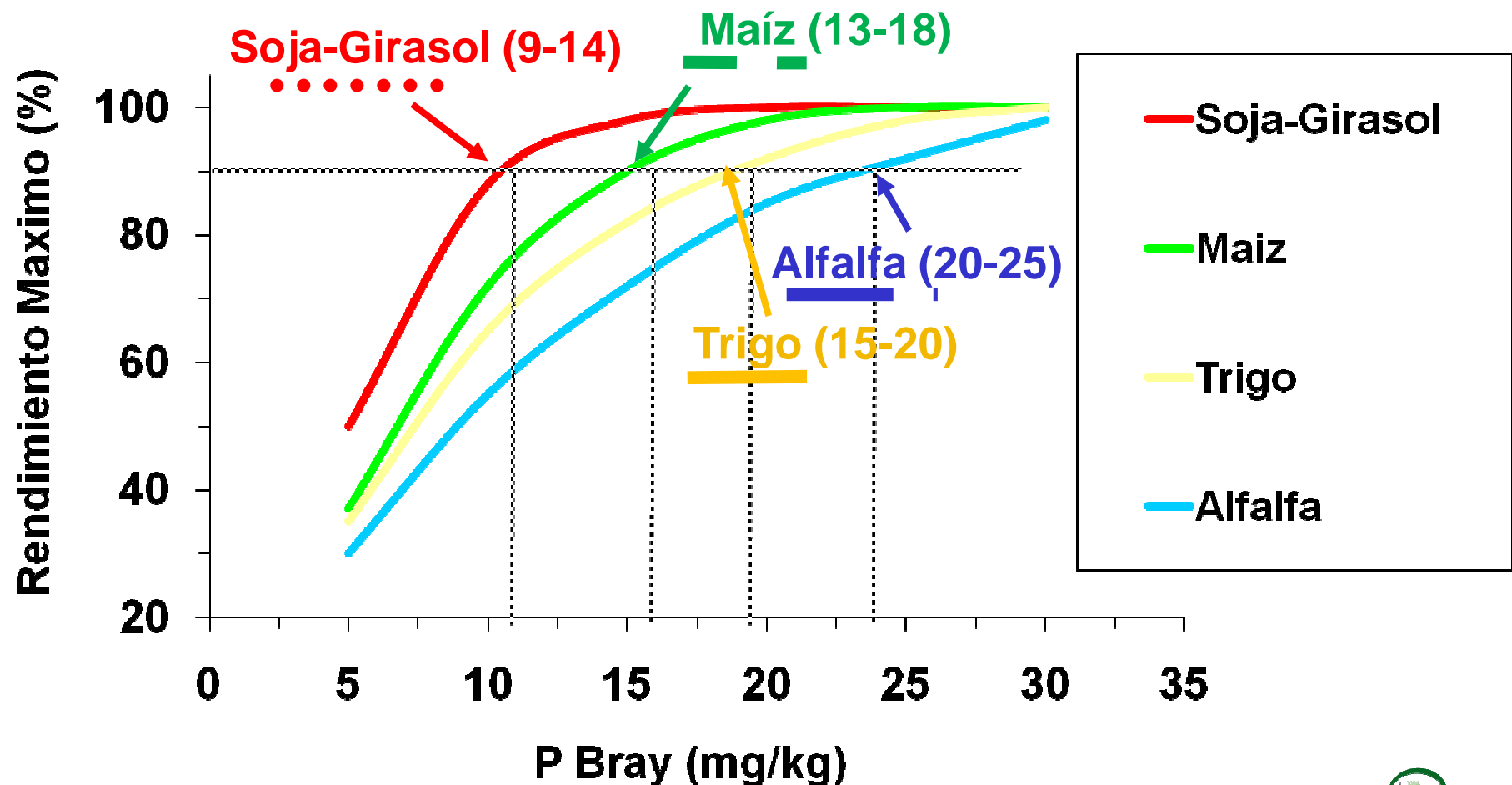
Tratamiento	Rendimiento	Eficiencia Agronómica	Balance Parcial de P	Productividad Parcial del Factor P
	kg/ha	kg soja / kg P aplicado	kg P removido / kg P aplicado	kg grano / kg P aplicado
Testigo	3135	-	-	-
P10	3372	24	1.81	337
P20	3557	21	0.96	178
P30	3695	19	0.67	123

# ¿Cómo deberíamos manejar fósforo?

- Conocer el nivel de P Bray según análisis de suelo



# Relación entre el contenido de P disponible del suelo (Bray 1) y los rendimientos de los cultivos





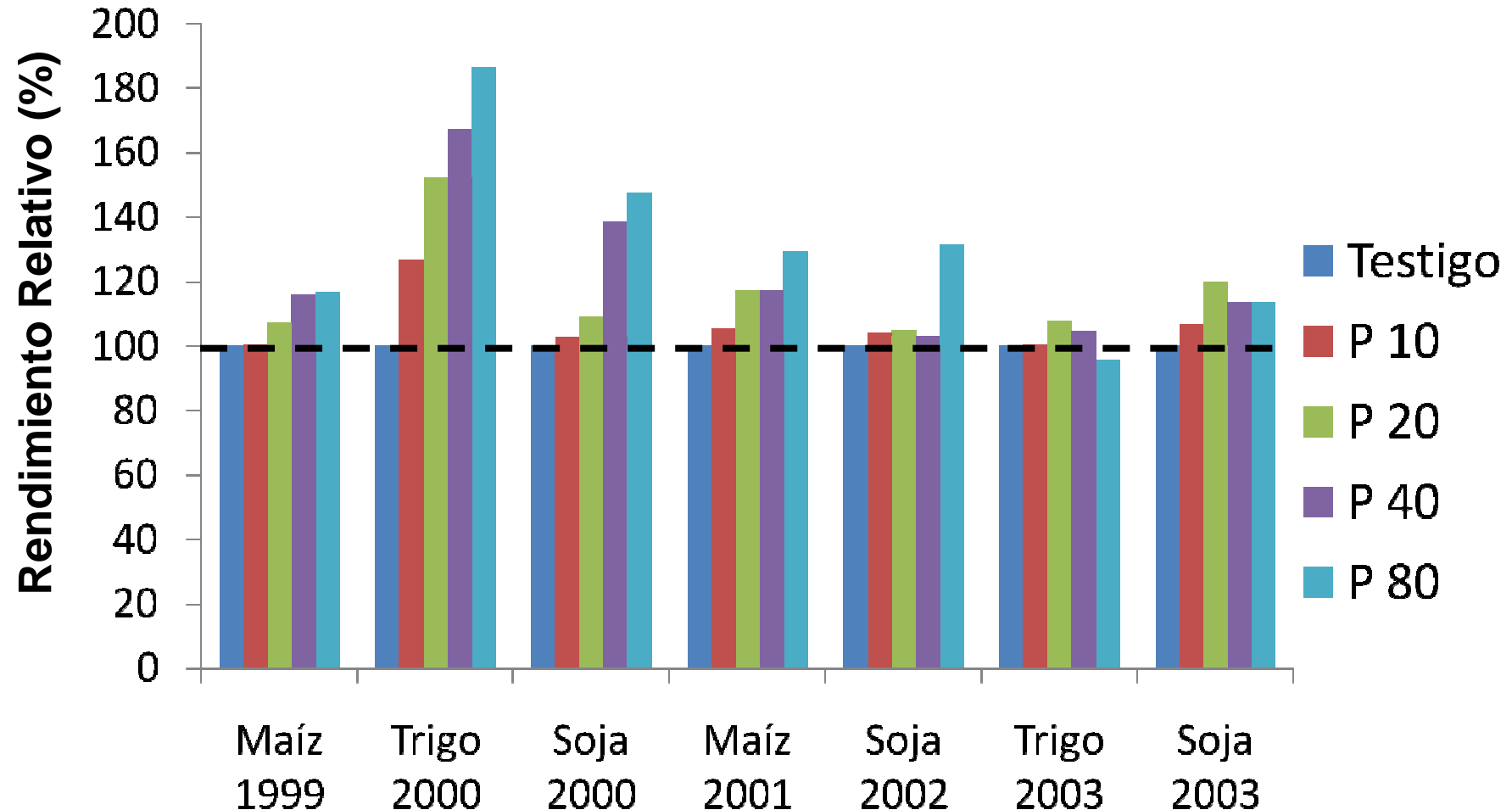
# Rangos críticos de P Bray 1 para los cultivos de grano en Argentina

Cultivo	Nivel crítico (mg/kg)	Eficiencia Agronómica por debajo del Rango Crítico (kg grano/kg P)
Trigo	15-20	25-60
Maíz	13-18	30-70
Soja	9-14	20-40
Girasol	10-15	18-30

*Fuente: Berardo et al., 2001; Díaz Zorita et al., 2002; Díaz Zorita, 2004; Echeverría y García, 1998; Esposito et al., 2009; Ferrari et al., 2000; Fontanetto, 2004; García et al., 1997; Garcia et al., 2006; García, 2007; Gutiérrez Boem et al., 2002*

# Residualidad de Fósforo

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



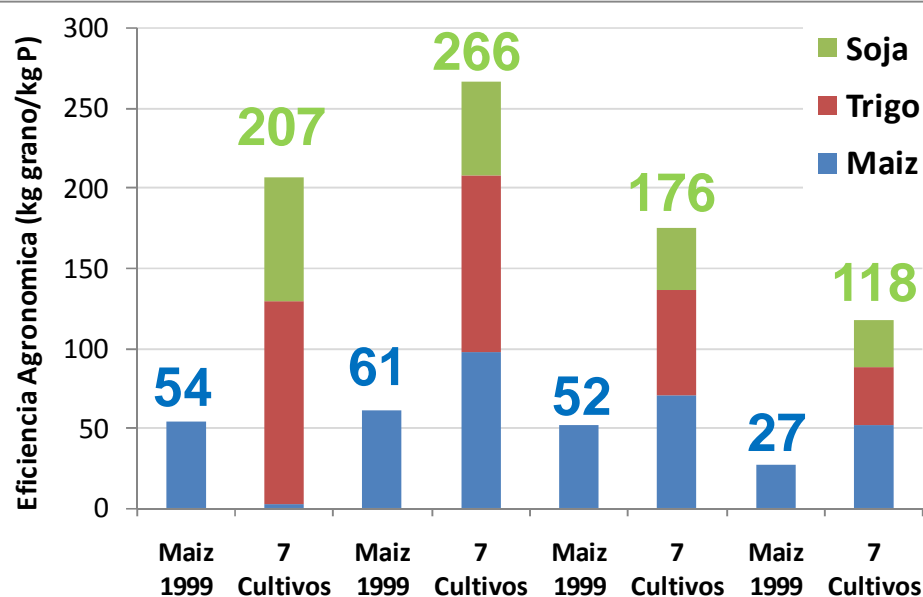
***P aplicado a la siembra del Maíz en Septiembre 1999***  
***P Bray inicial 9 ppm***

# Efectos residuales de la fertilización fosfatada en eficiencia agronómica y balance parcial de P



INTA 9 de Julio (Buenos Aires)-IPNI

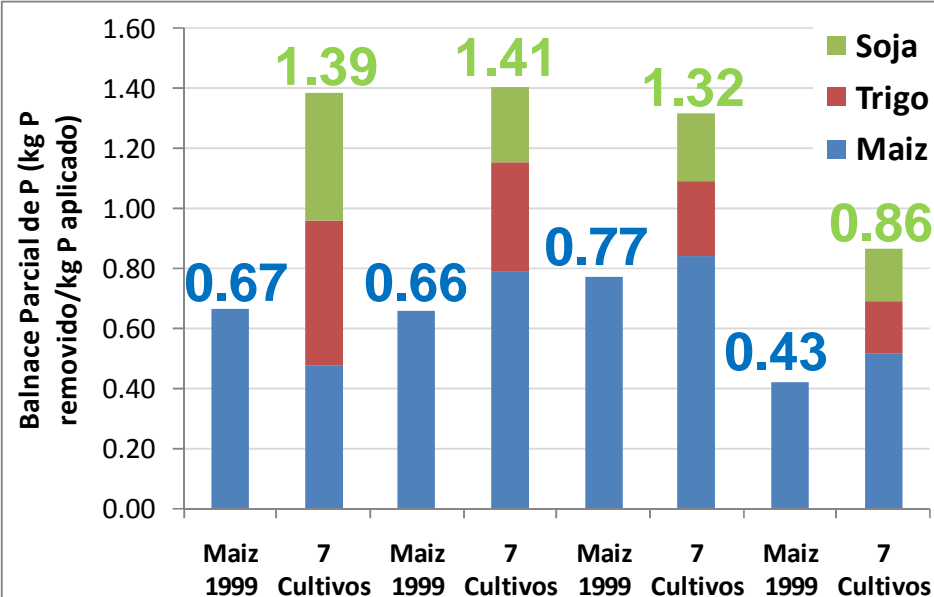
**Eficiencia Agronómica**



**P10 P20 P40 P80**

**Dosis aplicada en 1999**

**Balance Parcial de P**



**P10 P20 P40 P80**

**Dosis aplicada en 1999**

**Rotación: 1999 Maíz – 2000 Trigo/Soja – 2001 Maíz – 2002 Soja – 2003 Trigo/Soja**  
**Suelo Hapludol típico**

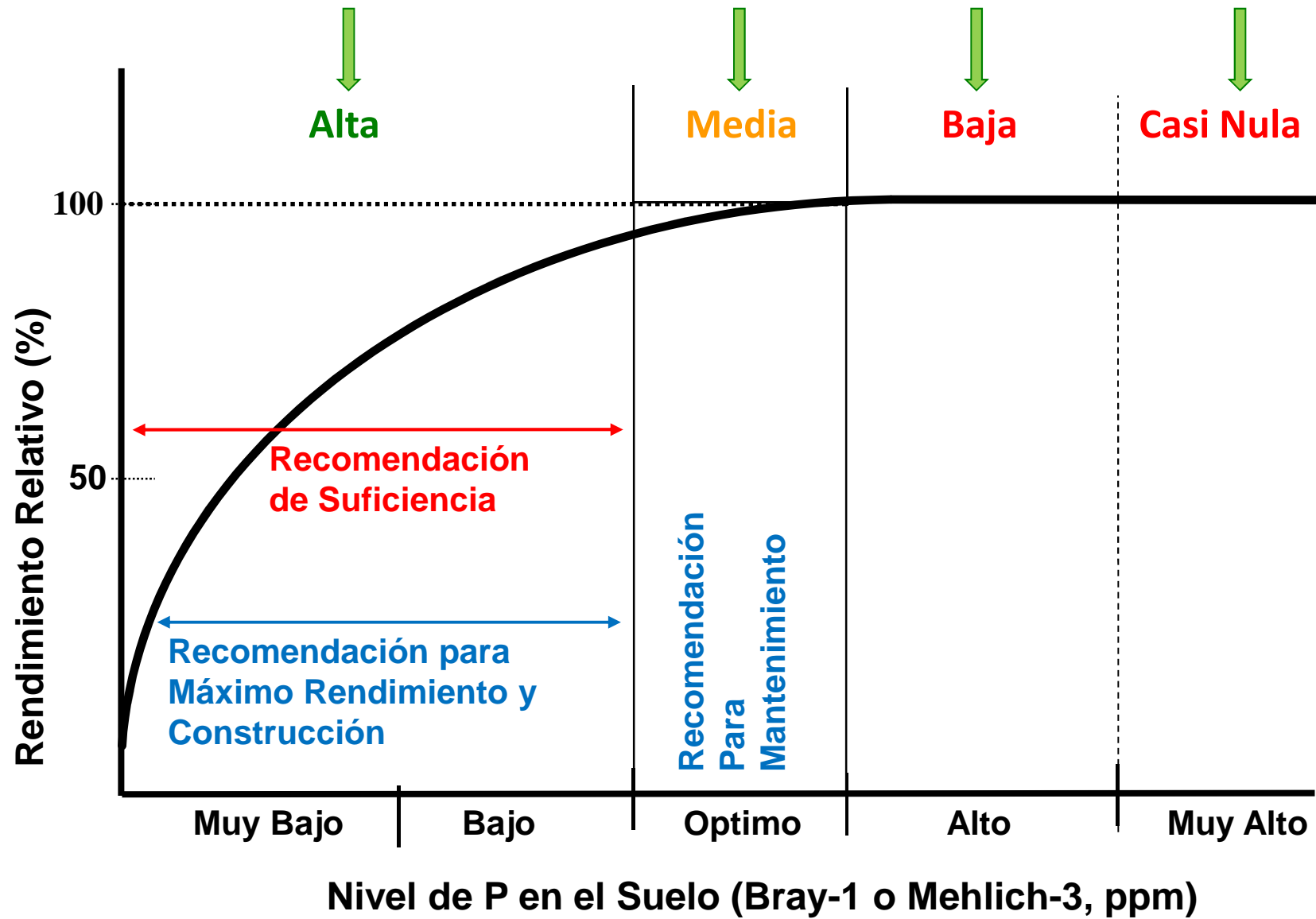


# ¿Cómo deberíamos manejar fósforo?

- 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  IPNI

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

## **1. Suficiencia o Respuesta Estricta**

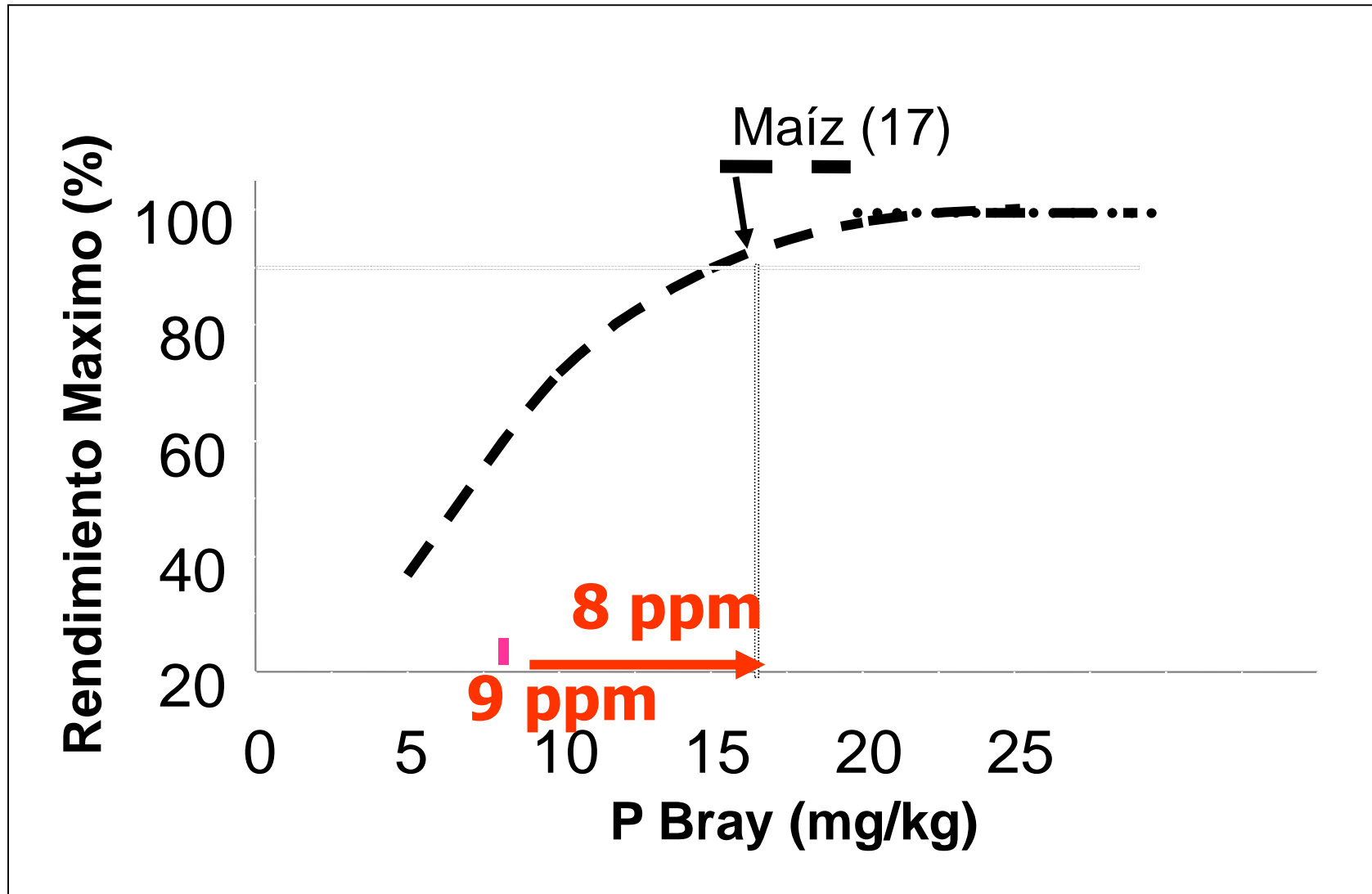
- **Se fertiliza solamente por debajo del nivel crítico.**
- Para cada nivel debajo del nivel crítico distintas dosis determinan el óptimo rendimiento físico o económico.
- No consideran efectos de la fertilización en los niveles de nutriente en el suelo.
- Requiere buen conocimiento de las dosis óptimas 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)***



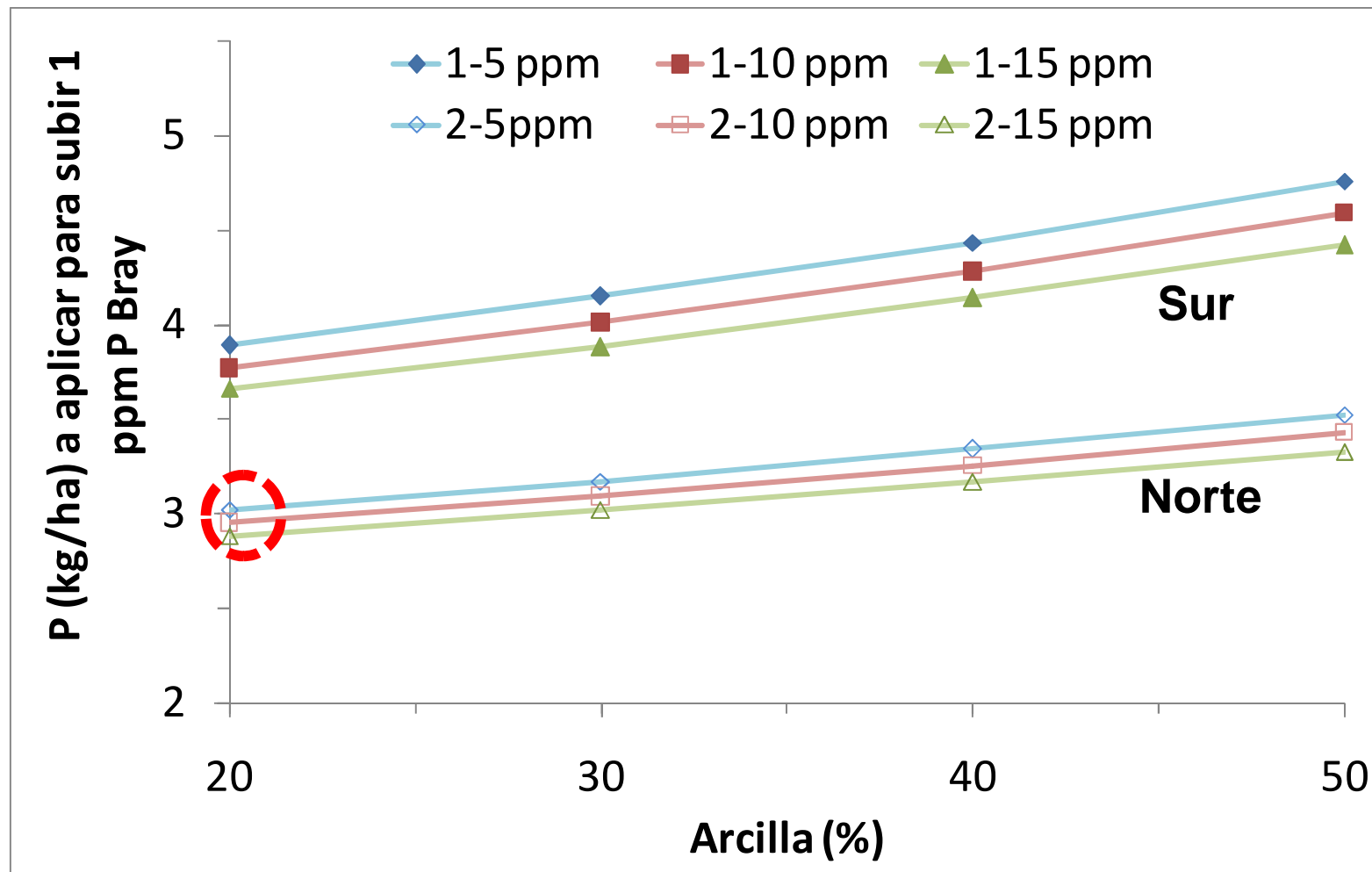
# Criterio de Suficiencia

¿Qué herramientas poseemos para determinar la dosis de P?



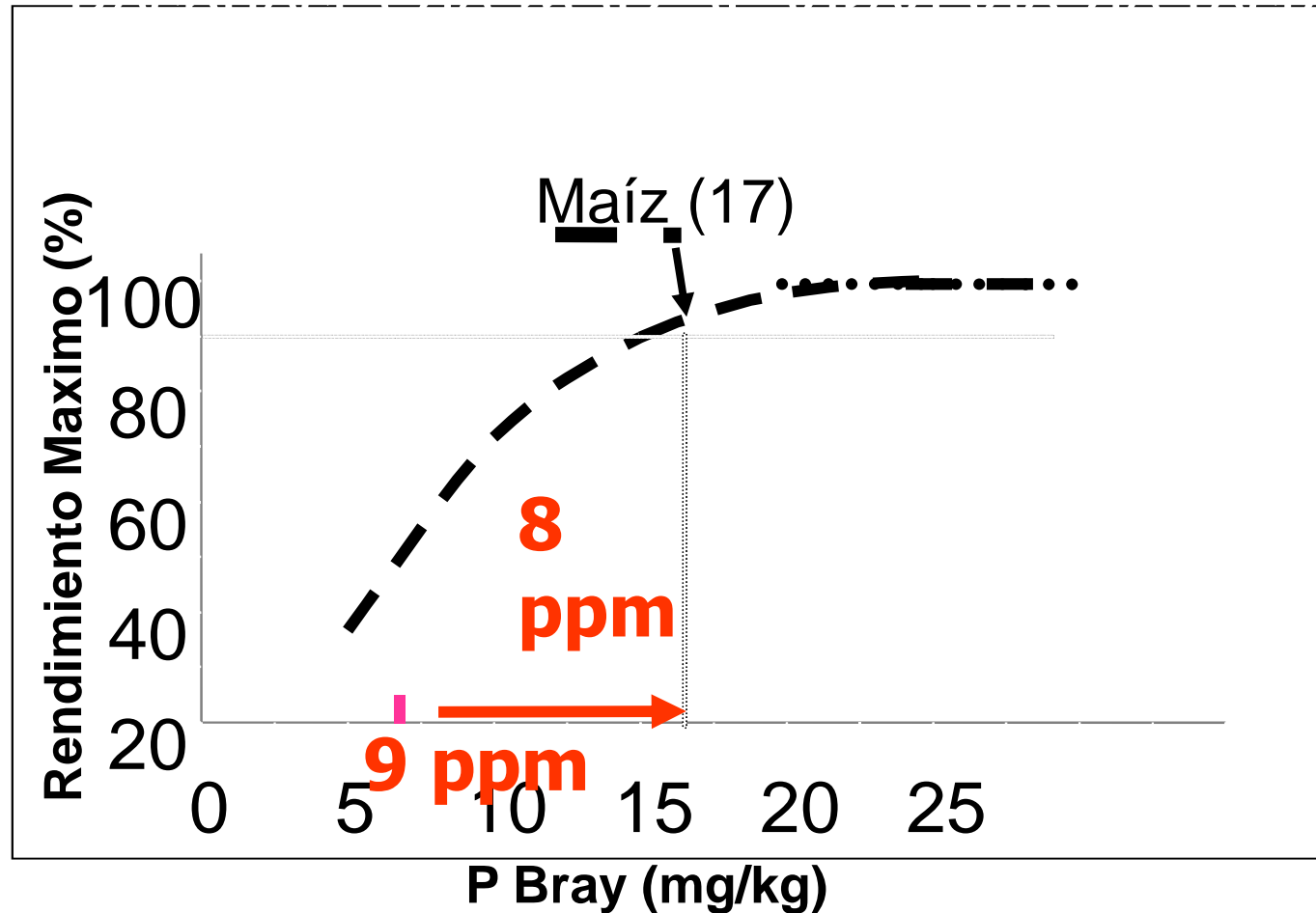
# ¿Cuánto kg de P debo aplicar para subir 1 ppm de P Bray en Región Pampeana? Dosis según P Bray inicial, % de Arcilla y Zona

Rubio et al. (2008) - FAUBA



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

## ¿Qué herramientas poseemos para determinar la dosis de P?



**3 kg P ha<sup>-1</sup> para aumentar 1 ppm de P Bray**

**8 ppm (\*3) = 24 kg P ha<sup>-1</sup>**

**En términos de fertilizante fosfatado sería aprox. de  
120 kg ha<sup>-1</sup> de FDA o SPT (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).**

# *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)***



# Extracción de nutrientes de distintos cultivos

<b>Nutriente</b>	<b>kg de nutriente / tonelada de cultivo*</b>					
	<b>Trigo</b>	<b>Maíz</b>	<b>Soja</b>	<b>Girasol</b>	<b>Sorgo</b>	<b>Cebada</b>
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

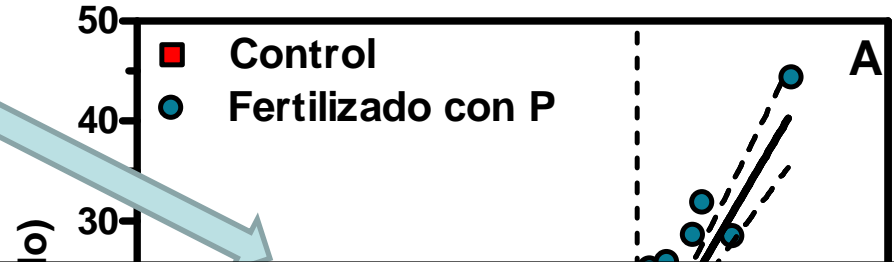
**Ciampitti y García (2007), IA No. 33, AA No. 11**



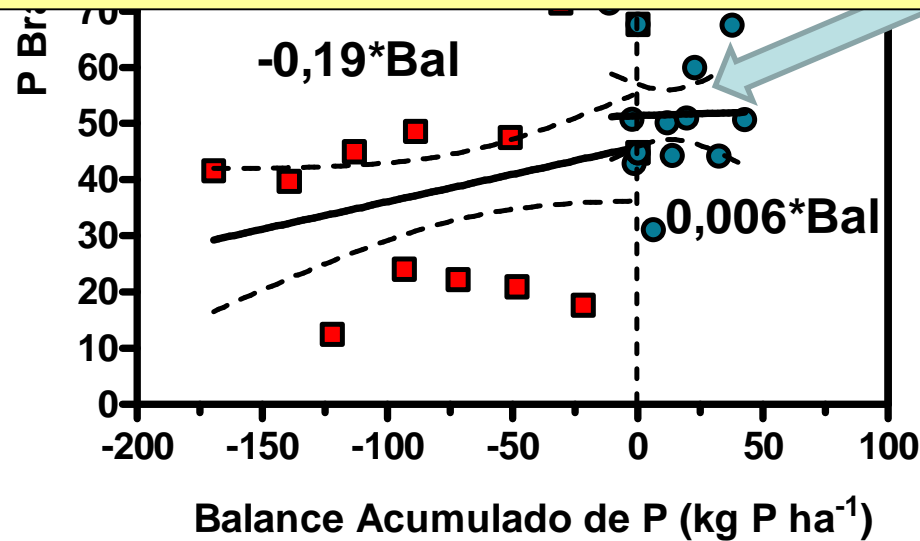


# Región Pampeana Central: Relación entre el balance de P en suelo y el P extractable Bray P-1

Suelos  
< 20 ppm



*La dinámica del P Bray depende del nivel inicial de P y del balance de P (P aplicado – P removido por el cultivo)*



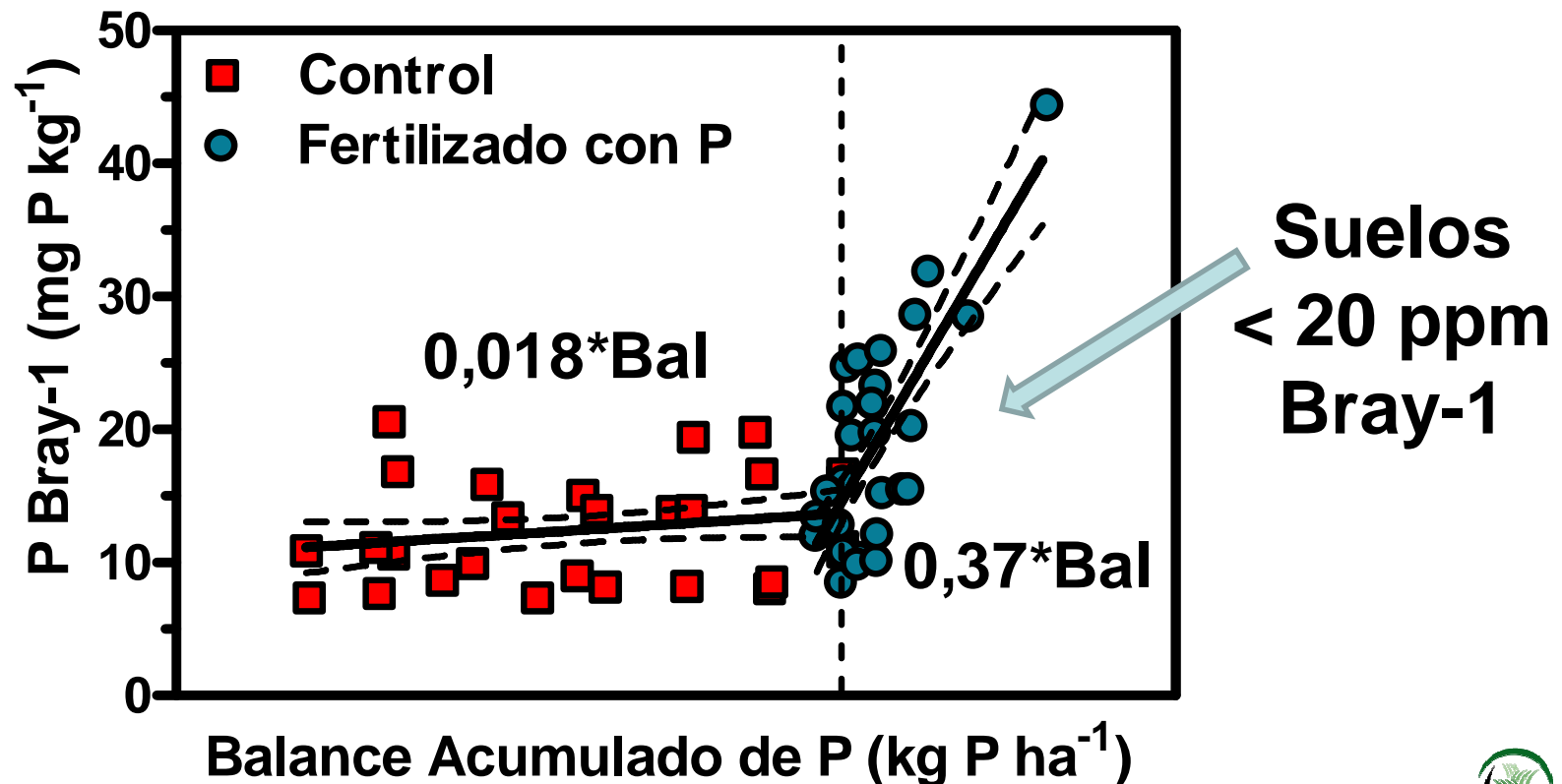
Con balance positivo, en suelos < 20 ppm de P Bray

Rendimiento de Maíz de 8 ton ha<sup>-1</sup>

Extracción 21 kg P ha<sup>-1</sup> - Aplicación 30 kg P ha<sup>-1</sup>

Balance positivo de 9 kg P ha<sup>-1</sup> (45 kg STP ha<sup>-1</sup>)

Aumento P Bray =  $0.37 * 9 = 3.3 \text{ ppm}$  (12 U\$S/ 1 ppm)



# 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

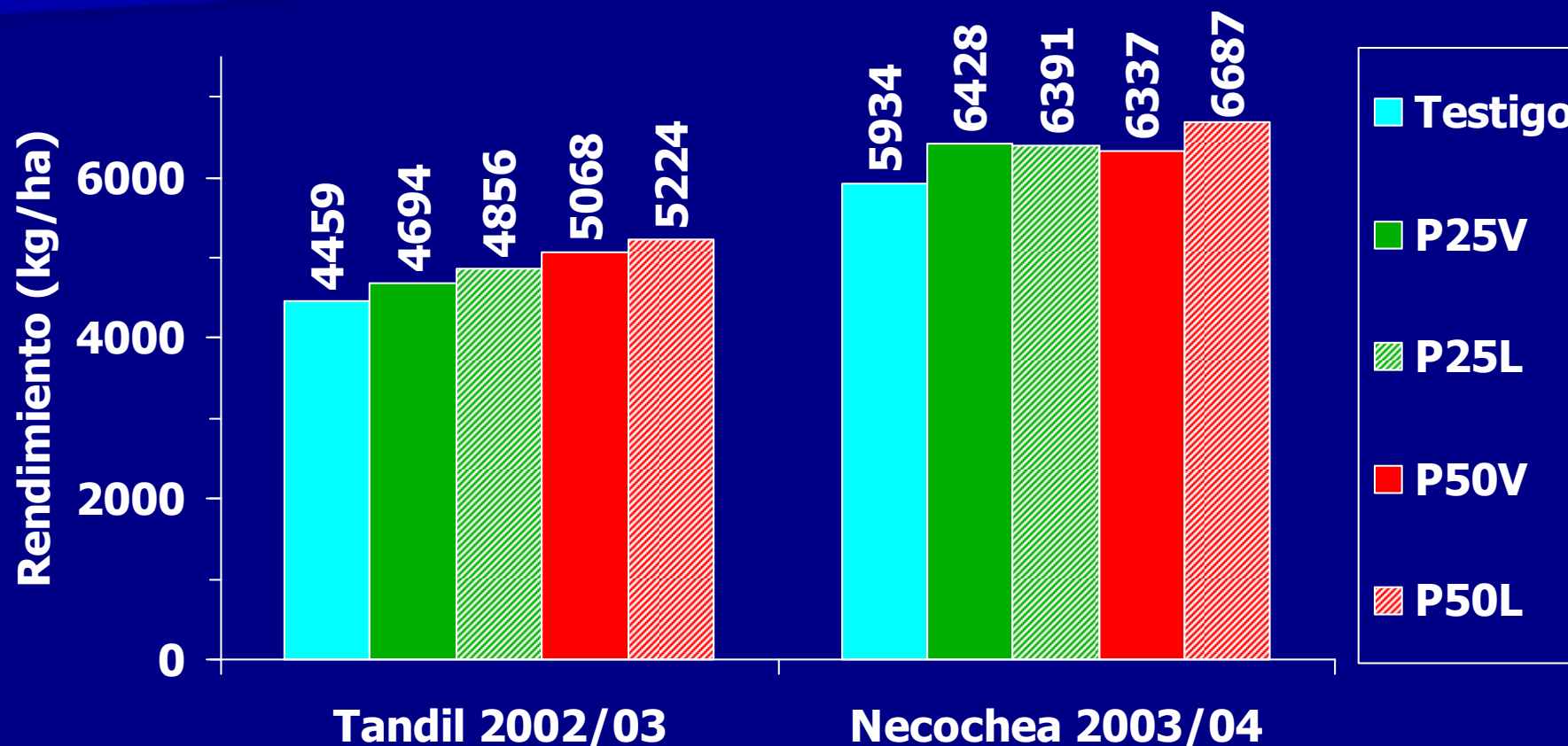
- » **Fitotoxicidad:** evitar contacto con semilla y aplicar el fertilizante por lo menos a 5 cm de las semillas

# Métodos de aplicación de P en trigo bajo siembra directa

*Sainz Rozas et al. (2003) y Echeverría et al. (2004)*

*EEA INTA-FCA Balcarce - Ensayos Red AAPRESID-Mosaic*

*L = Localizado en bandas V = al voleo anticipado*



*P Bray 8.3 ppm - MO 5.5% - pH 6.4*

*P Bray 14 ppm - MO 5.7% - pH 6.0*

N no limitante

# ¿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)*



# P en Soja

Sin  
P

Con  
P

*Perspectivas*

Testigo

Fertilizado con P

## Proyección de producción de cultivos de granos y del consumo de P en base al porcentaje de reposición o a la dosis promedio por cultivo

Cultivo	Superficie ha	Producción ton	Base reposición		Base dosis promedio	
			Reposición %	Consumo miles ton P	Dosis kg P/ha	Consumo miles ton
Trigo	6.300.000	17.760.432	100	63	12	75.6
Maíz	6.100.000	37.687.603	98	97.6	15	91.5
Sorgo	700	3.487.959	91	10.5	15	10.5
Soja	19.100.000	55.092.779	96	286.5	15	286.5
Girasol	2.300.000	4.348.039	96	25.3	12	27.6
<b>Total</b>	<b>34.500.000</b>	<b>118.376.833</b>		<b>482.9</b>		<b>491.7</b>

*Proyección de producción de Oliverio y López (2008)*

*García y Darwich, 2009*



# Diagnóstico de la fertilidad

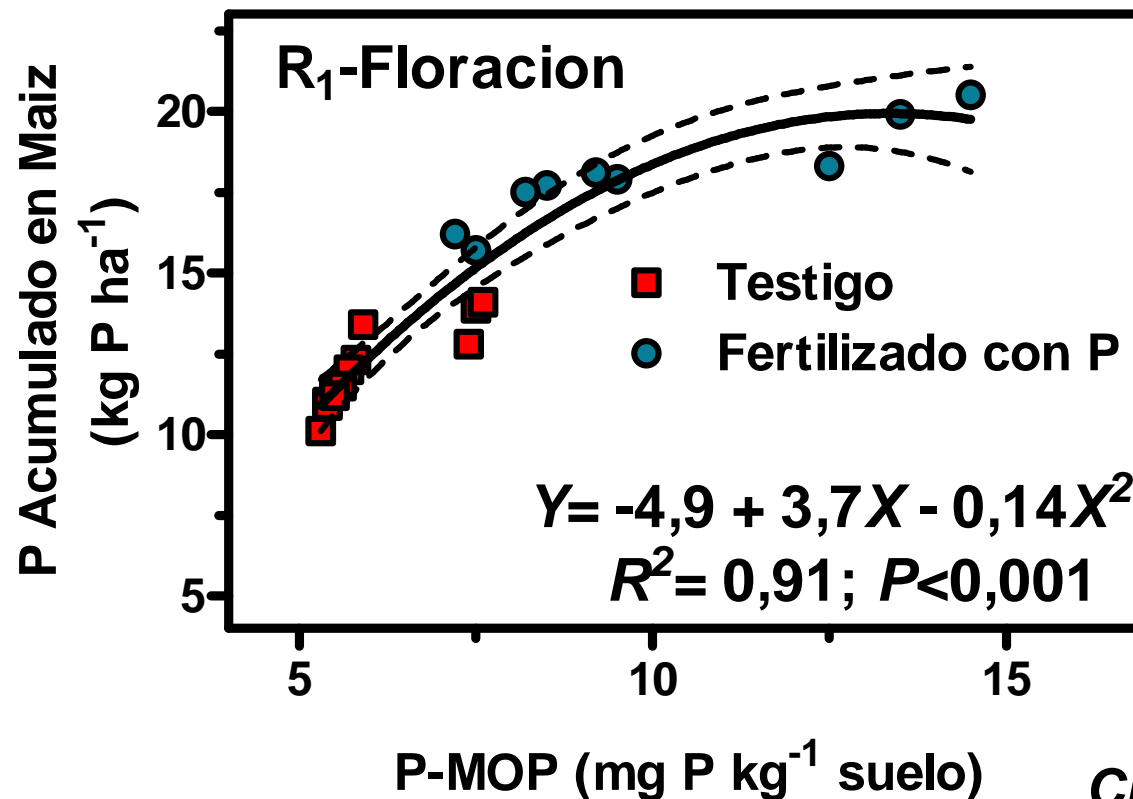
- Alternativas de extracción con otros extractantes (Mehlich 3), resinas (van Raij, 1998)
- Problemas de muestreo
- Efectos de estratificación
- Desarrollo de modelos mecanísticos
- Rol de la fracción orgánica de P





# P en materia orgánica particulada o joven

## *Futura línea de investigación*




*En promedio para suelos de la región pampeana norte, en los primeros 20 cm del perfil, con valores de 2.6% de MO podrían presentar 17 kg P orgánico potencialmente disponible para la nutrición del cultivo.*

# Estrategias de Manejo

- Reciclado: Estiércol, cama de pollo, biosólidos, compost
- Rol de micorrizas y otros microorganismos
- Fertilizantes de mayor eficiencia: polímeros, otros
- Aplicaciones en dosis variables



The background of the slide is a photograph of a rural landscape. In the foreground, there is a field of tall, dry grasses. In the middle ground, there is a dirt road and some green crops. In the background, there are trees and a building under a blue sky with some clouds.

“El país no tiene otra alternativa que practicar una agricultura basada en la ciencia y la tecnología, ya que poseer algunas de las mejores tierras agrícolas del mundo no es suficiente”

Informe “Las Ciencias Agropecuarias en la Argentina”  
R. Blake, E. Fereres, T. Henzell y W. Powell  
Fundación Antorchas, 2002

*Un desafío para toda la Sociedad*

**Muchas Gracias!**



**Presentación disponible en  
[WWW.IPNI.NET/LASC](http://WWW.IPNI.NET/LASC)**