IPNI
INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

Mejores Practicas de Manejo de Fósforo

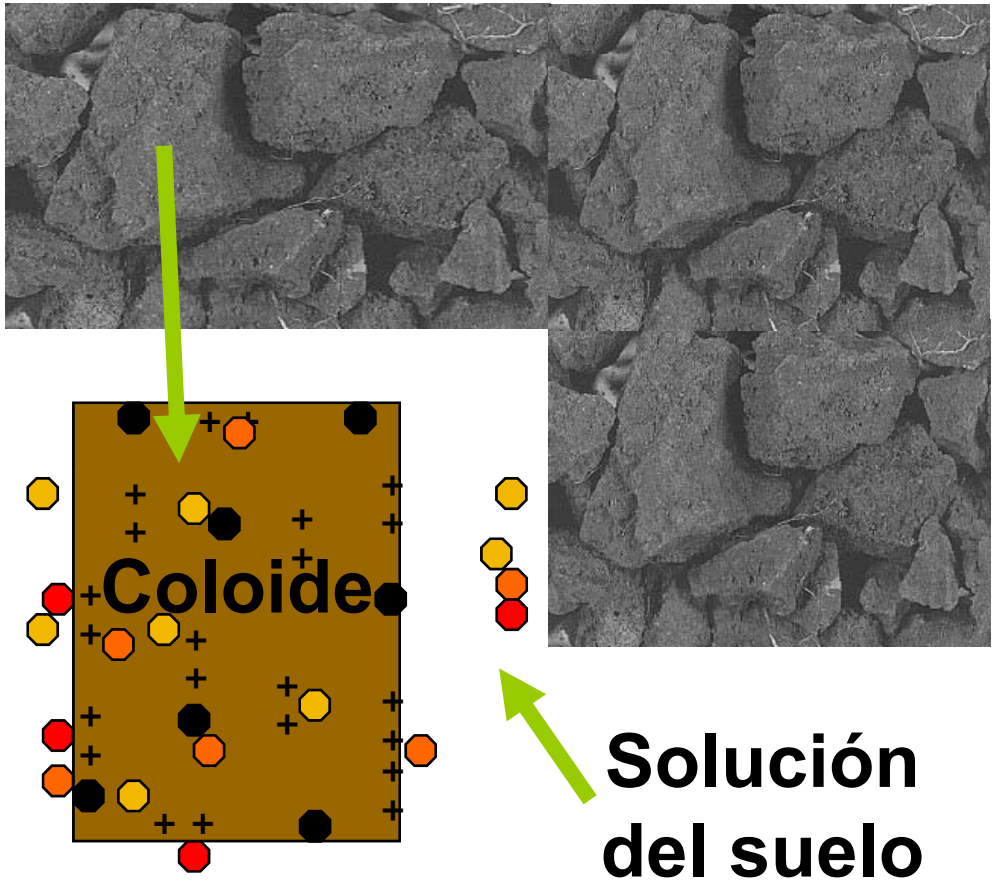
Ignacio A. Ciampitti y Gerardo Rubio

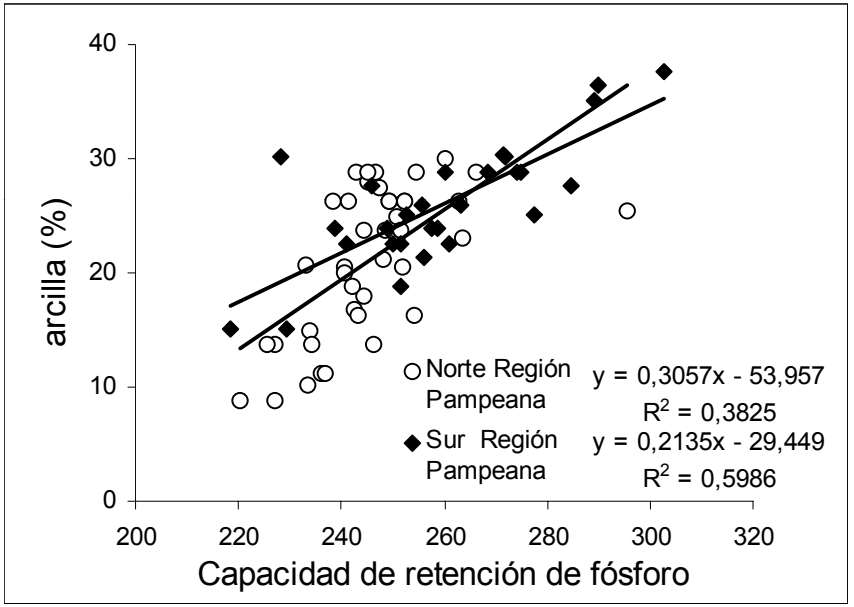
IPNI Cono Sur - UBA/IBYF CONICET

iciampitti@ipni.net; rubio@agro.uba.ar

El Ciclo del Fósforo

El fósforo es retenido por el suelo, el nitrógeno no





+ Arcillas, MO

Ca, Al, Fe

PO_4

1era Fertilización con P

2da Fertilización con P

Rubio et al. 2008

Destino del P del fertilizante

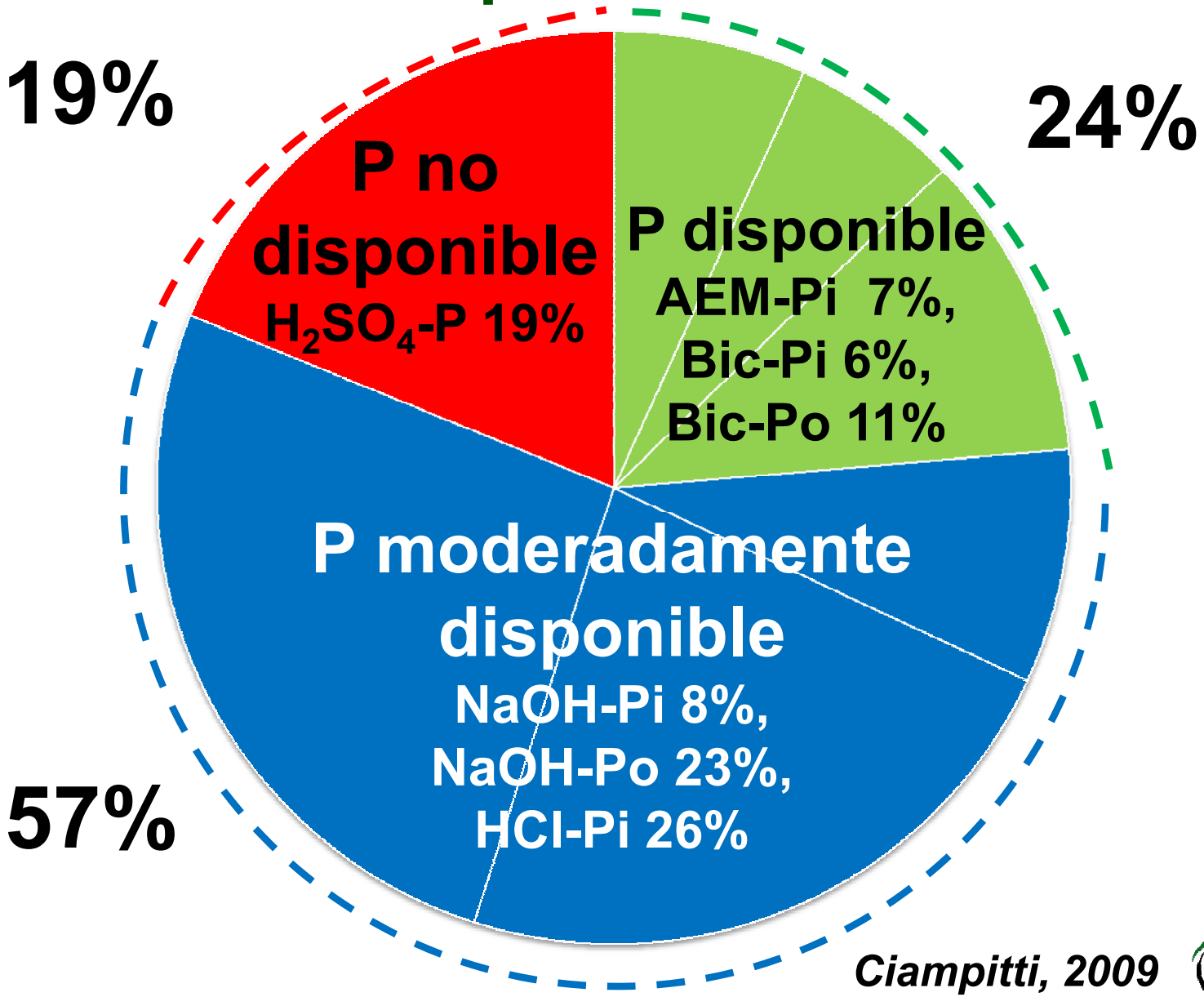
Destino	Rango	Referencias
Planta	**15 al 35%**	Mattingly, 1975; Johnston y Syers, 2001; Ciampitti, 2009, Rubio et al. 1998
Fracciones lábiles de P#	**15 al 44%**	Beck y Sánchez, 1994; Johnston y Syers, 2001; Dobermann et al., 2002; Zheng et al., 2002; Blake et al., 2003; Boschetti et al., 2004; Verma et al., 2005; Picone et al., 2008; Wang et al., 2007; Ciampitti, 2009;
Fracciones moderadamente lábiles†	**26 al 59%**	Johnston y Syers, 2001; Zheng et al., 2002; Blake et al., 2003; Boschetti et al., 2004; Verma et al., 2005; Picone et al., 2008; Wang et al., 2007; Ciampitti, 2009
Fracción recalcitrante o más estable£	**17 al 36%**	Johnston y Syers, 2001; Zheng et al., 2002; Blake et al., 2003; Vázquez et al., 2008; Ciampitti, 2009

Ciampitti et al., 2009

 # Fracciones P resina o MIA, Pi- y Po-$NaHCO_3$
† Fracciones Pi- y Po- NaOH, y P-HCl
£ Fracción de P extraído con H_2SO_4 o digestión con H_2SO_4/H_2O_2

IPNI

Destino del P del fertilizante no absorbido por la planta

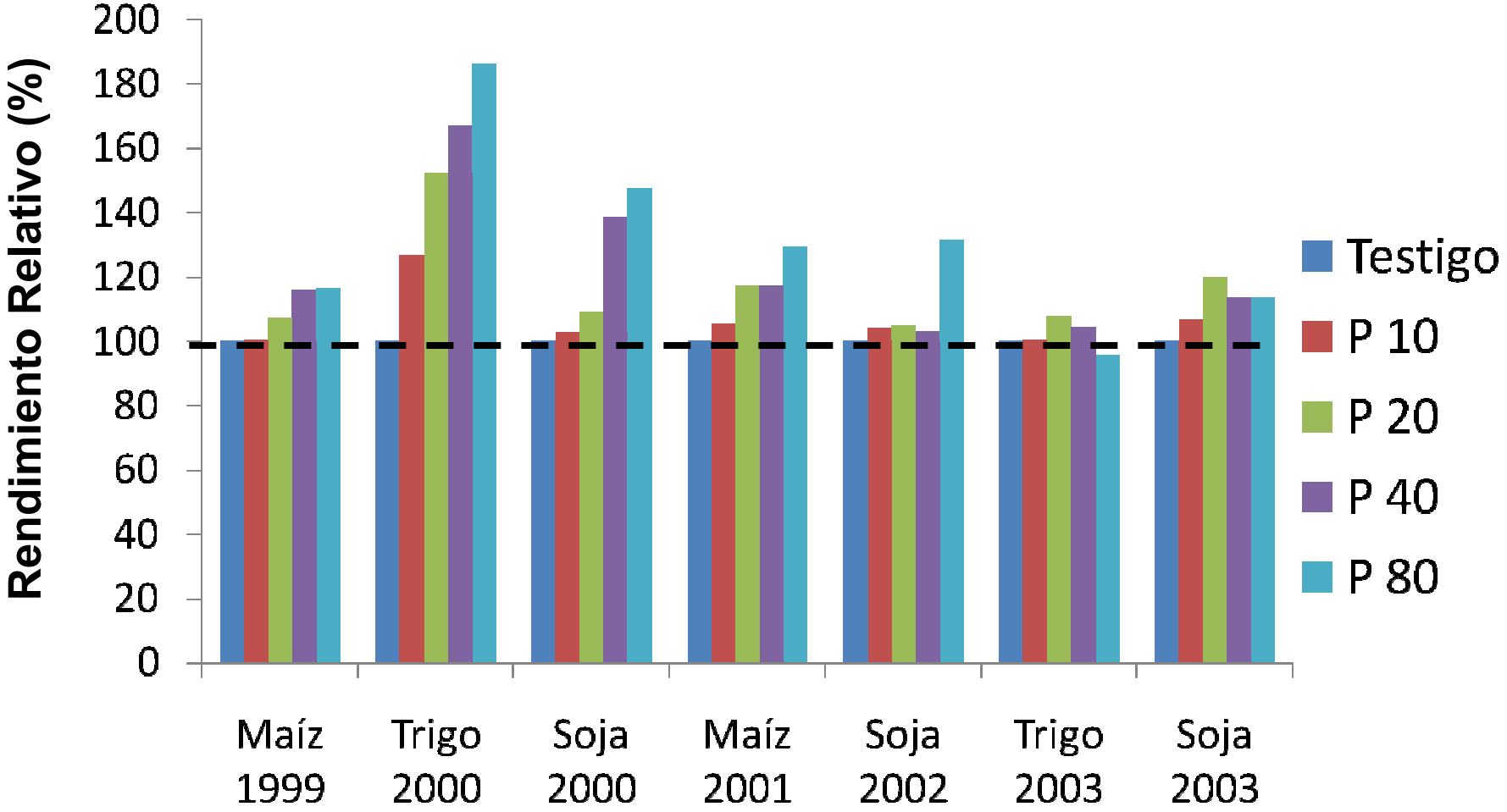


Ciampitti, 2009

IPNI

Residualidad de Fósforo

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

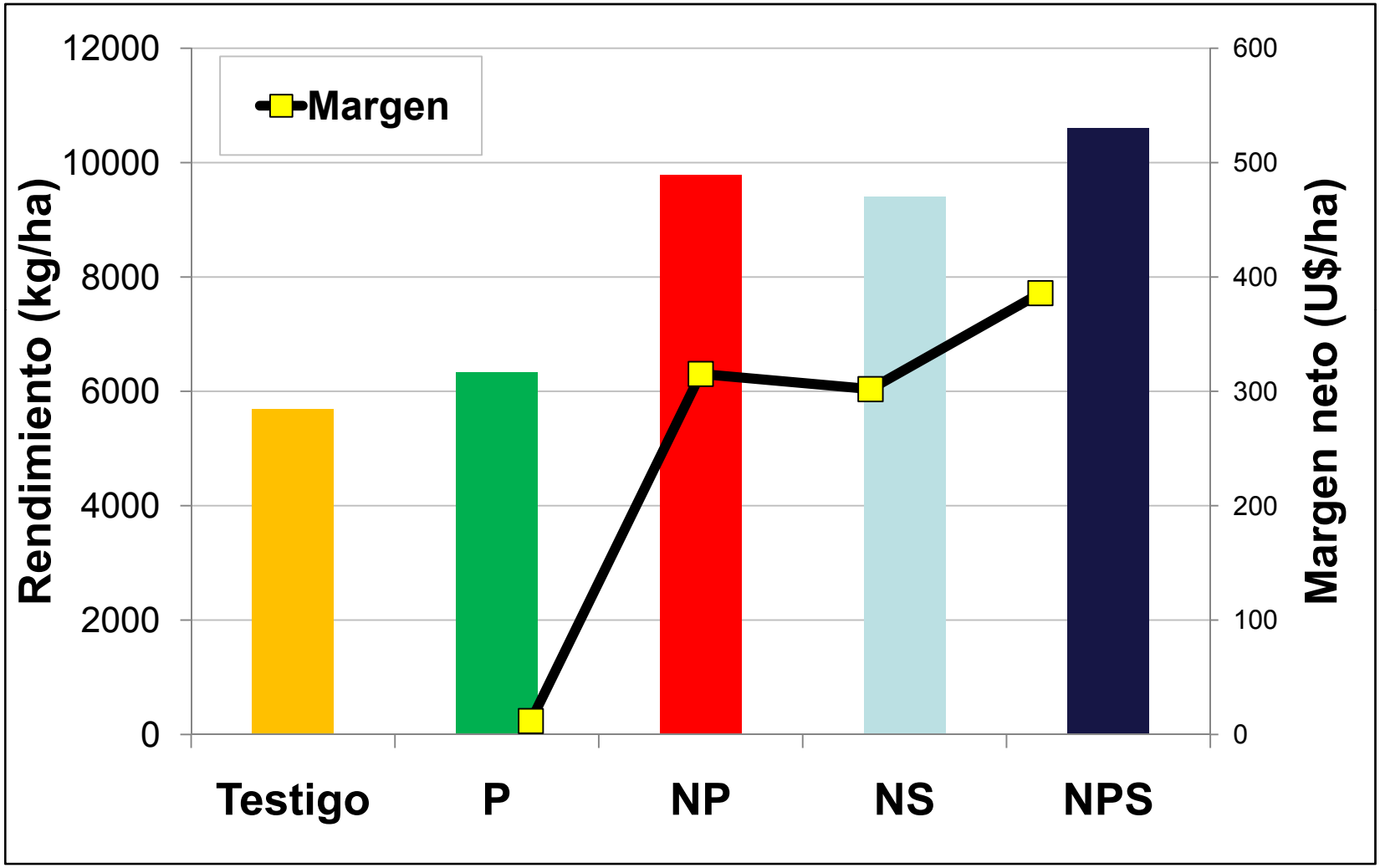


P aplicado a la siembra del Maíz en Septiembre 1999 o en todos los cultivos (R)

P Bray inicial 9 ppm

IPNI

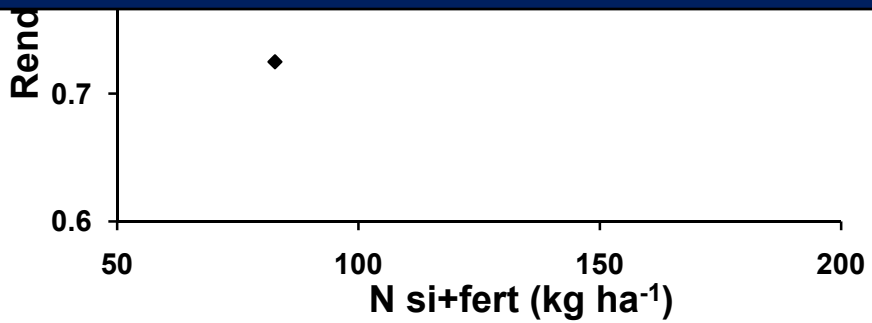
Fósforo y su interacción con otros nutrientes

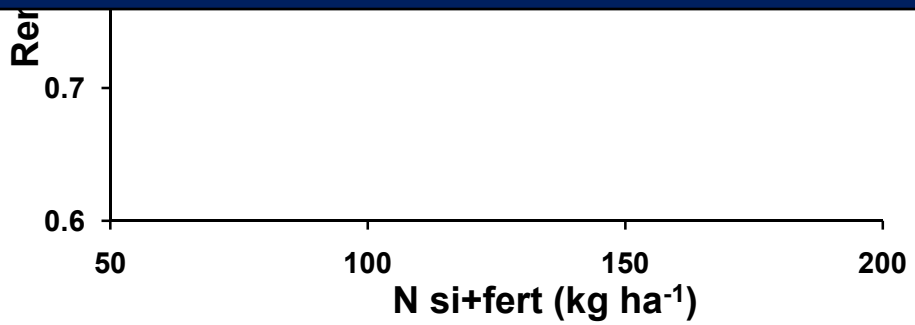


Ensayo San Marcelo (Teodelina, Santa Fe)
J. y A. Avellaneda (Maíz 1998/99)

Relación entre el rendimiento relativo en grano y la disponibilidad de N-$N0_3$ en el suelo a la siembra (Ns) y la cantidad de N aplicada con el fertilizante (Nf)

Los modelos de N disponible asumen optima disponibilidad de P





Calviño , Echeverría y Redolatti, 2002

Extracción de nutrientes de distintos cultivos

Nutriente	kg de nutriente / tonelada de cultivo*					
	Trigo	Maíz	Soja	Girasol	Sorgo	Cebada
Nitrógeno	18	13	49	22	17	13
Fósforo	3.3	2.6	5.3	5.8	3.0	3.0
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

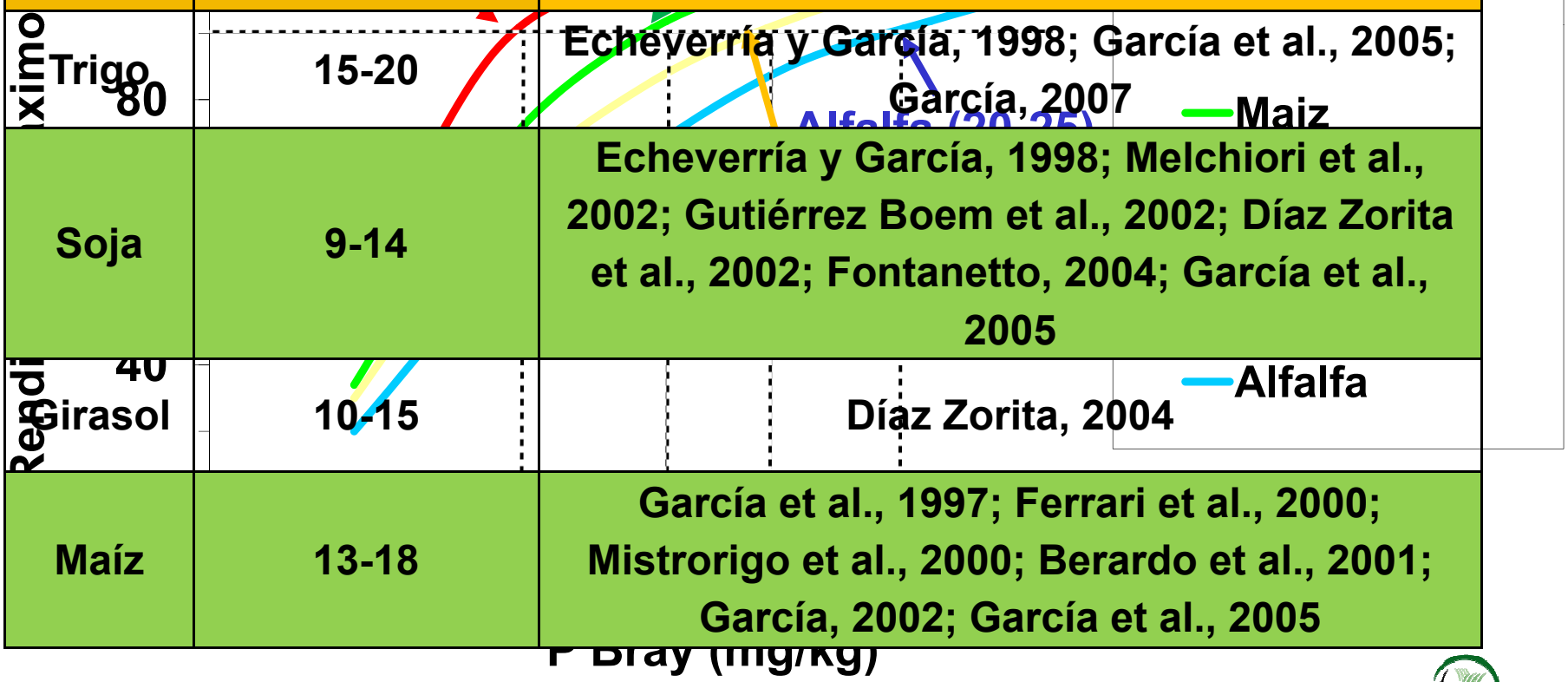
** La extracción está expresada en base a la Humedad Comercial (Hc) de cada cultivo*

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

IPNI

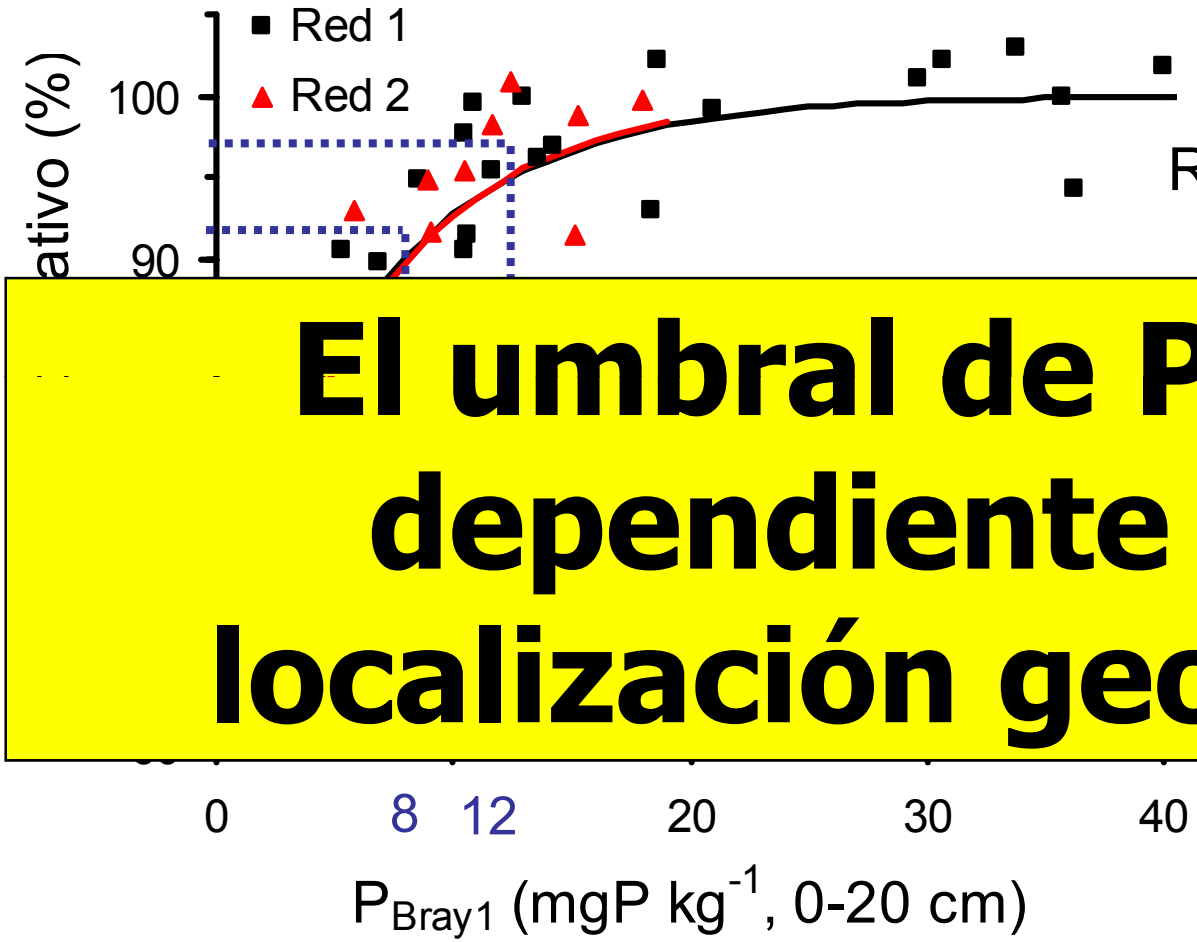
Relación entre el contenido de P disponible del suelo (Bray 1) y los rendimientos de los cultivos

Cultivo	Umbral Crítico (ppm)	Referencia
Trigo	15-20	Echeverría y García, 1998; García et al., 2005; García, 2007
Soja	9-14	Echeverría y García, 1998; Melchiori et al., 2002; Gutiérrez Boem et al., 2002; Díaz Zorita et al., 2002; Fontanetto, 2004; García et al., 2005
Girasol	10-15	Díaz Zorita, 2004
Maíz	13-18	García et al., 1997; Ferrari et al., 2000; Mistrorigo et al., 2000; Berardo et al., 2001; García, 2002; García et al., 2005



IPNI

¿Los umbrales de P de que dependen?



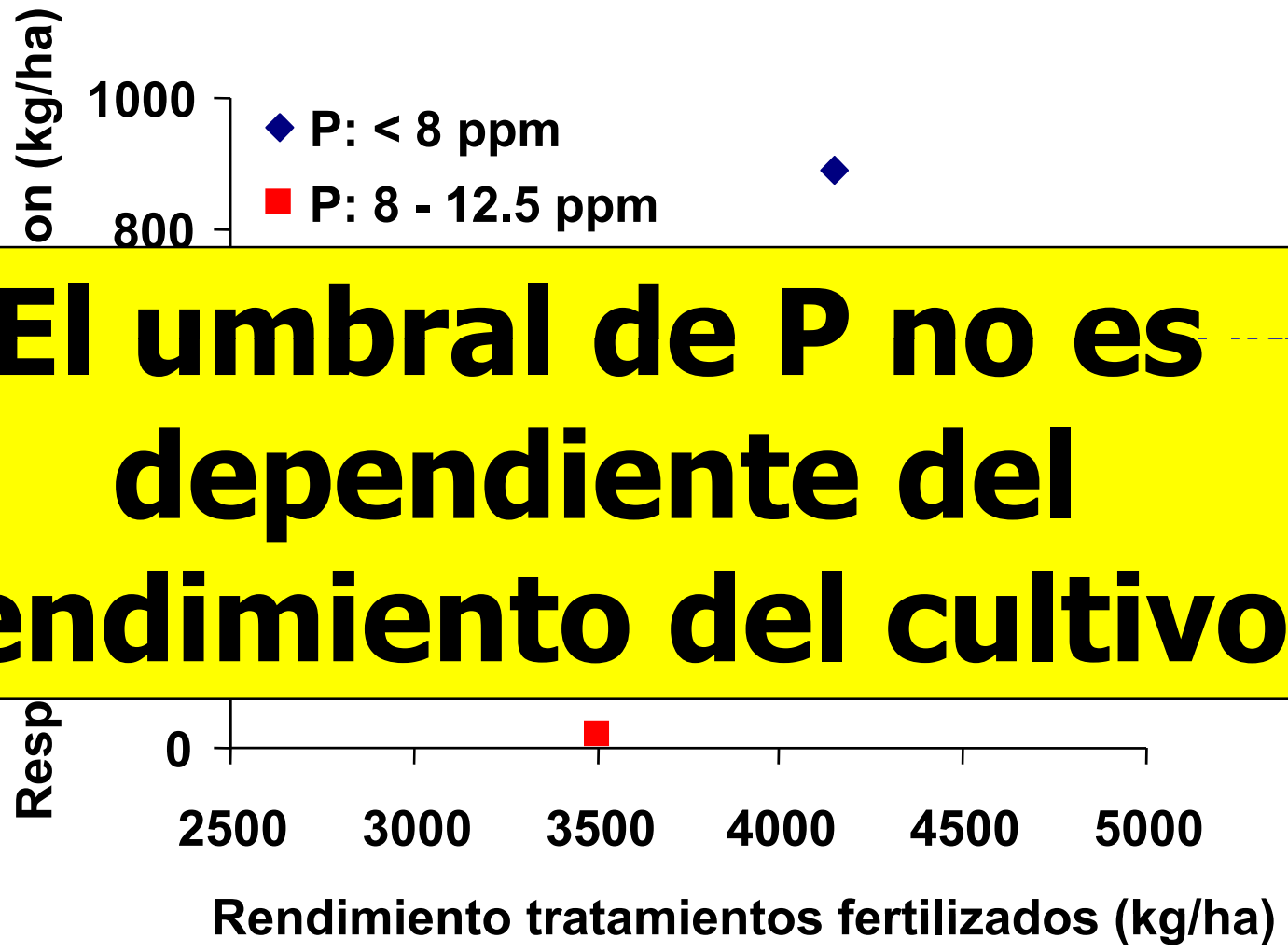
$$RR\ (\%) = \frac{\text{Testigo}}{\text{Fertilizado}} \times 100$$

El umbral de P no es dependiente de la localización geográfica

Gutierrez Boem et al., 2006

IPNI

Soja: Respuesta a P y rendimiento esperado



El umbral de P no es dependiente del rendimiento del cultivo

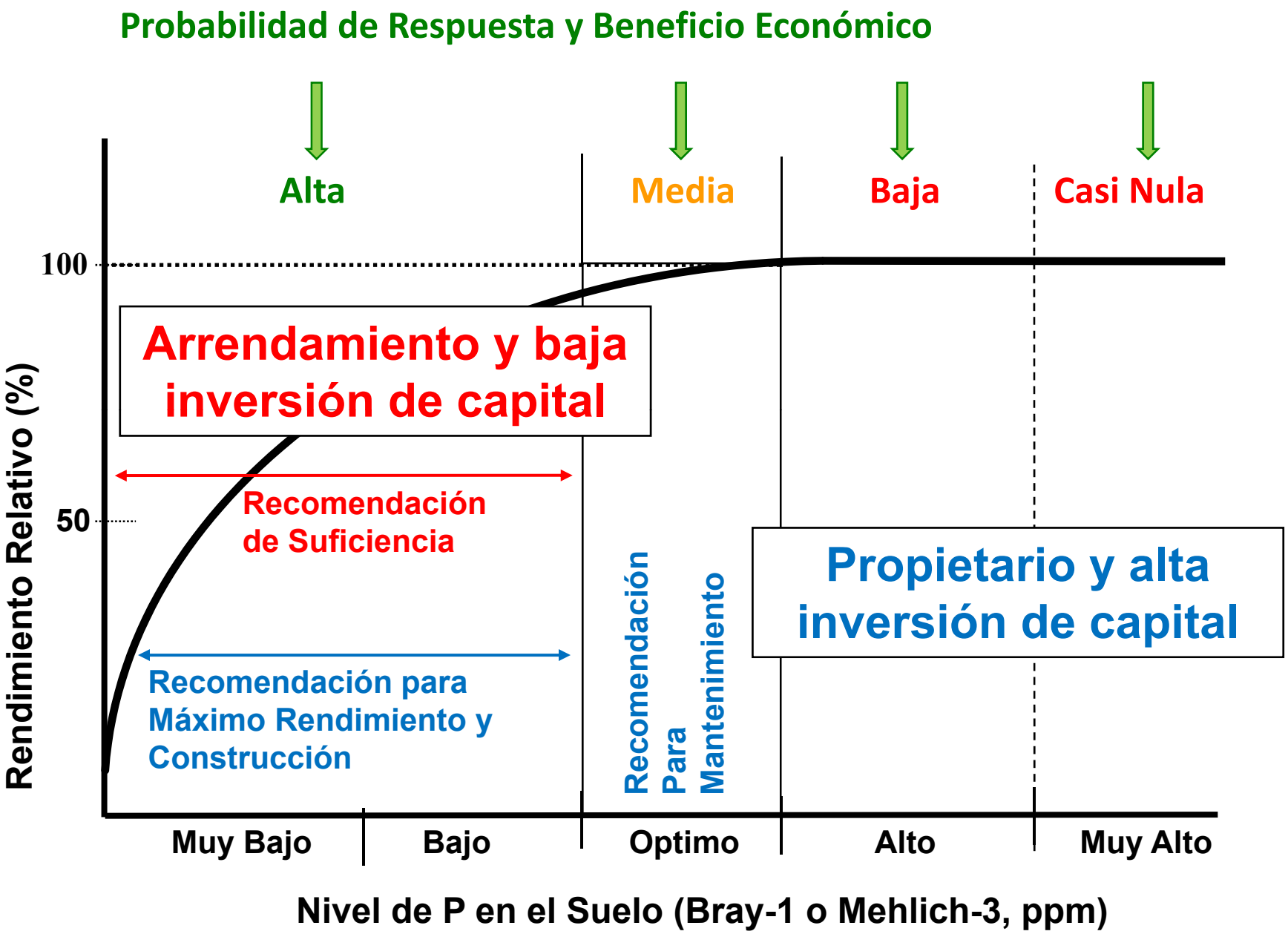
Gutierrez Boem, inédito

IPNI

Dosis Correcta de P: ¿Cómo deberíamos manejar fósforo?

- Conocer el nivel de P Bray según análisis de suelo
- Decidir la dosis
  - Fertilización para alcanzar el umbral crítico del cultivo (***Suficiencia***),
  - Fertilizar para reponer la extracción de P del cultivo o la rotación, en caso de realizar una "fertilización de la rotación" (***Reposición***)
  - Fertilizar para a elevar el nivel de P del suelo y reponer lo que extrae el cultivo (***Mantenimiento y Enriquecimiento***)

IPNI



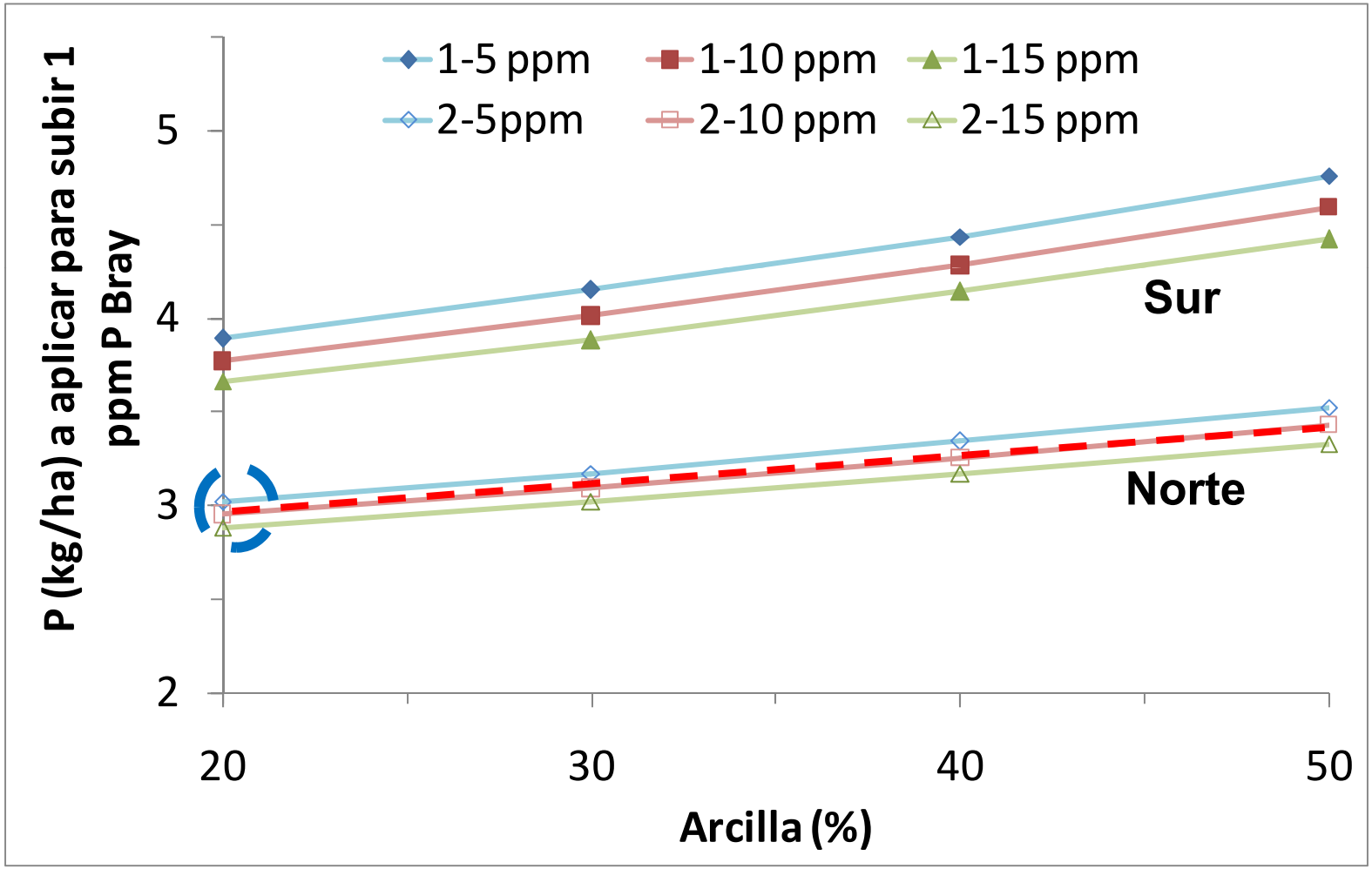
Adaptado de Mallarino, 2007

Por ejemplo: suelo con 20% de arcilla, en la región Norte

¿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

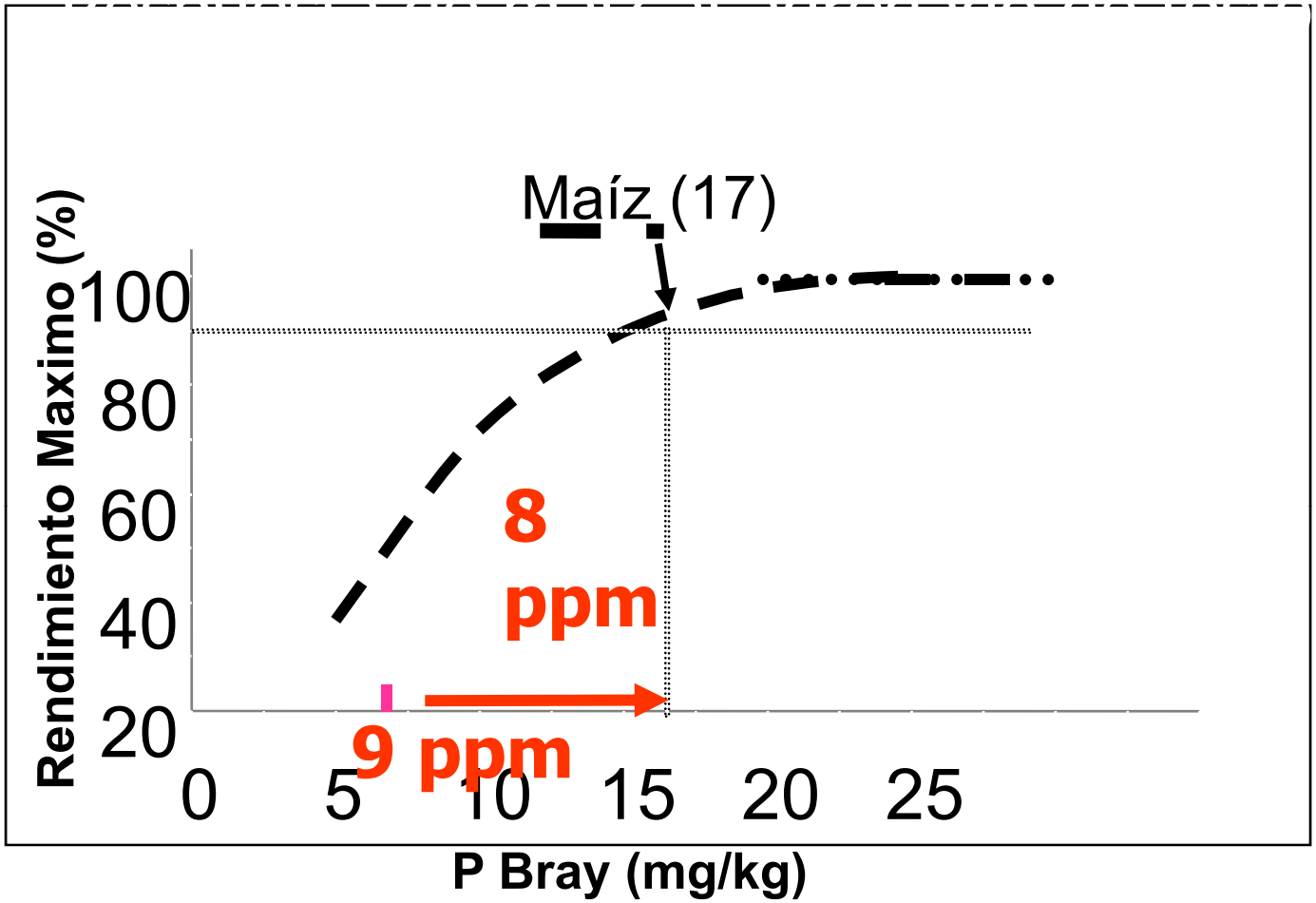
Rubio et al. (2008) - FAUBA



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

IPNI

¿Qué herramientas poseemos para determinar la dosis de P?



3 kg P ha^{-1} para aumentar 1 ppm de P Bray

8 ppm (*3)= 24 kg P ha^{-1}

En términos de fertilizante fosfatado seria aprox. de 120 kg ha^{-1} de FDA o SPT (46% P_2O_5).

Criterios de Manejo de la Fertilización

2. Mantener el nivel de fertilidad (Reposición)

3. Reposición y Construcción

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

Suelos < 20 ppm

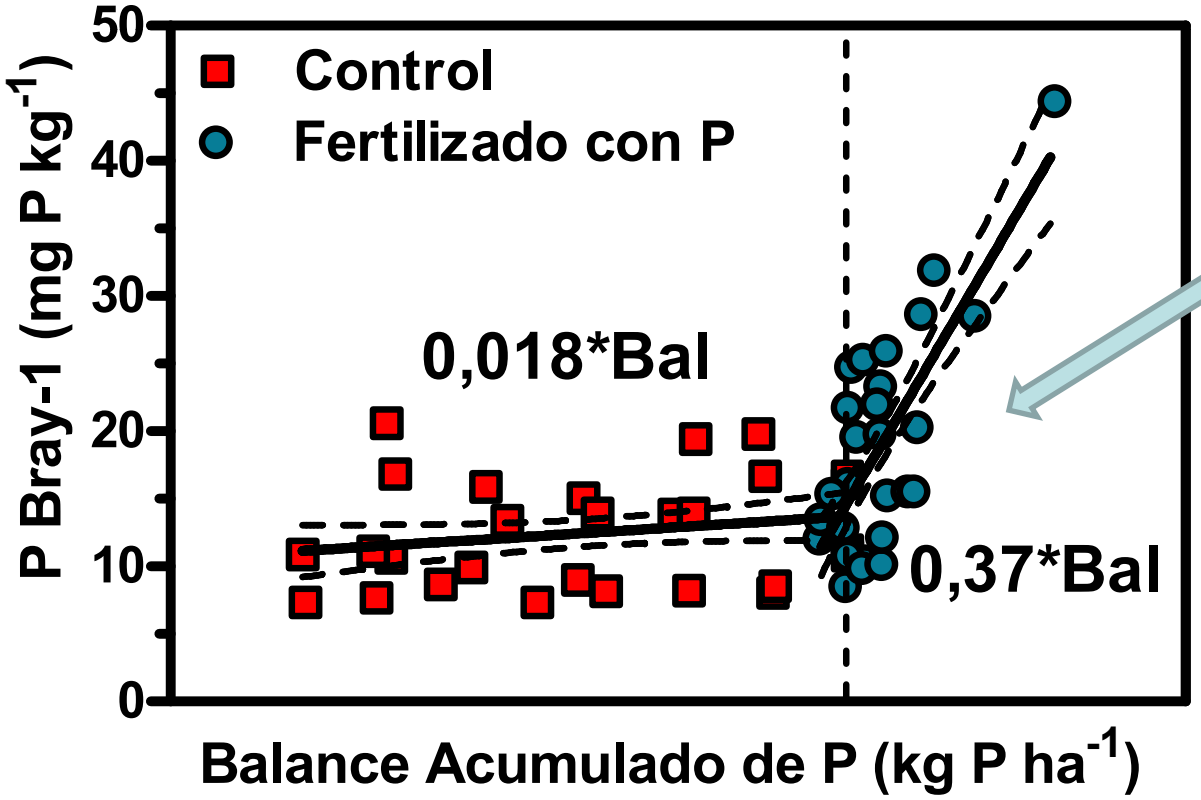
La dinámica del P Bray depende del nivel inicial de P y del balance de P (P aplicado – P removido por el cultivo)

Ciampitti, 2009

IPNI

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

Rendimiento de maíz de 8 ton ha^{-1}
Extracción de P de 21 kg P ha^{-1},
Balance negativo en 21 kg P ha^{-1} (105 kg STP ha^{-1})
Caída estimada de P Bray = 0.018*21= *0.38 ppm*



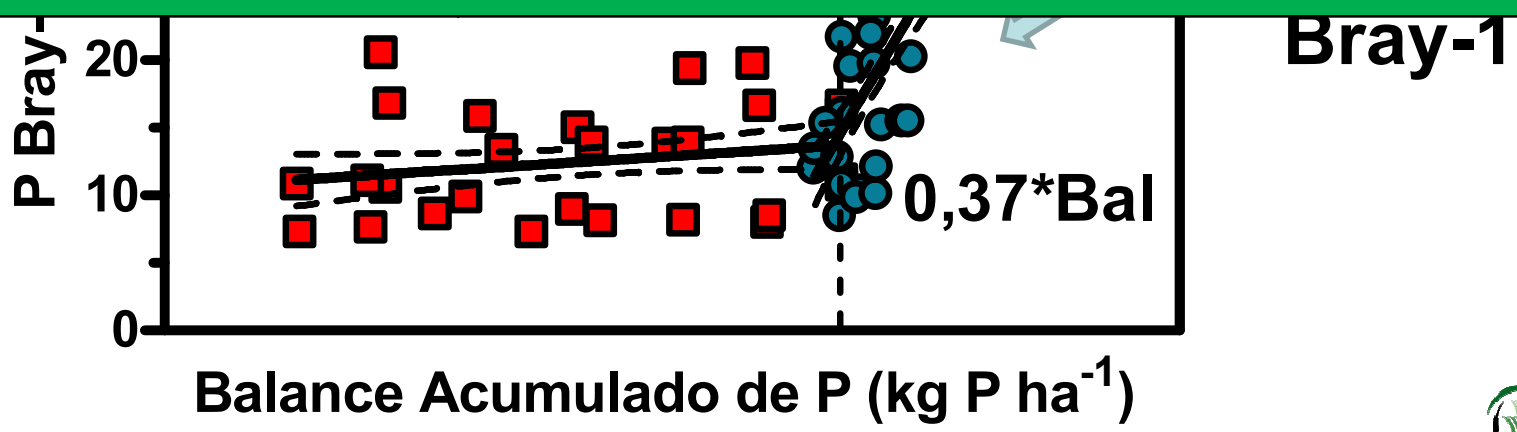
Suelos < 20 ppm Bray-1

IPNI

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

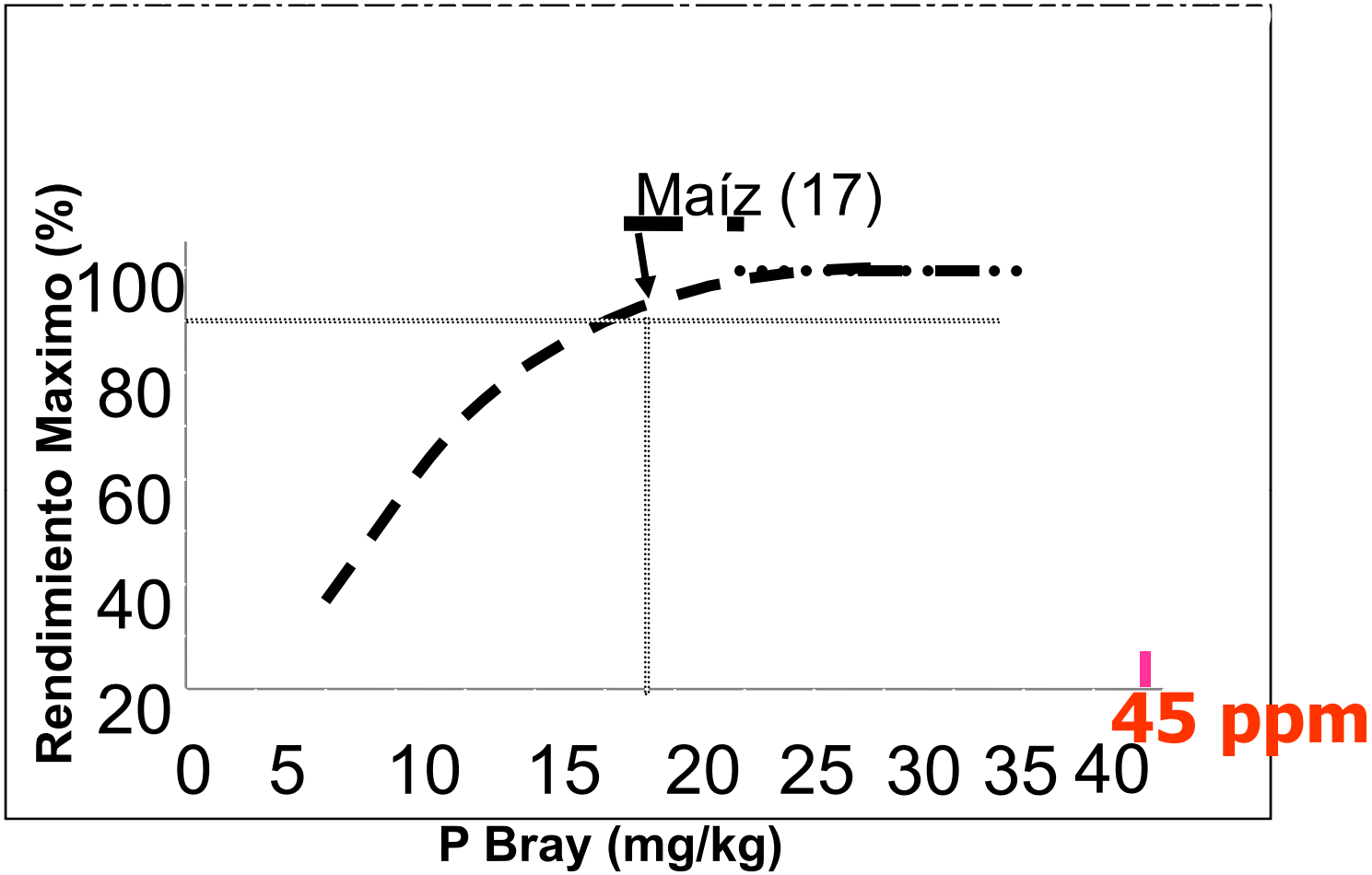
Rendimiento de Maíz de 8 ton ha^{-1}
Extracción 21 kg P ha^{-1} - Aplicacion 24 kg P ha^{-1}
Balance positivo de 3 kg P ha^{-1} (15 kg STP ha^{-1})
Aumento P Bray = 0,37*3 = 1,1 ppm (9 U$S/ 1 ppm)

El P Bray aumento en 1 ppm, llegando a 10 ppm de P Bray, al final del cultivo



IPNI

¿Qué herramientas poseemos para determinar la dosis de P?

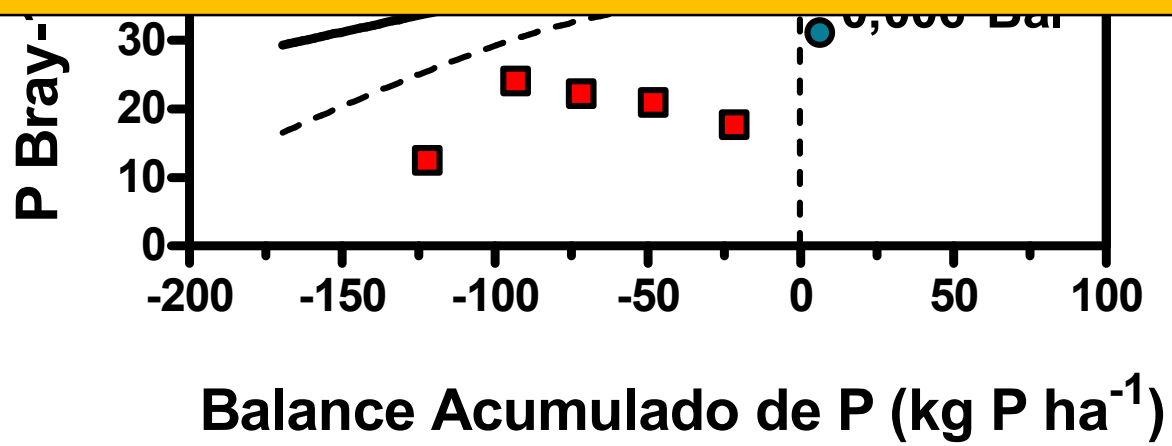


No seria necesario aplicar P mediante fertilizante fosfatado, debido a que estamos por encima del valor umbral, y la probabilidad de respuesta es baja.

Con balance negativo, en suelos > 40 ppm de P Bray

Rendimiento de maíz de 14 ton ha^{-1}
Extracción 36 kg P ha^{-1}

El P extractable disminuiría en 7 ppm, el valor de P extractable final seria de 38 ppm de P Bray



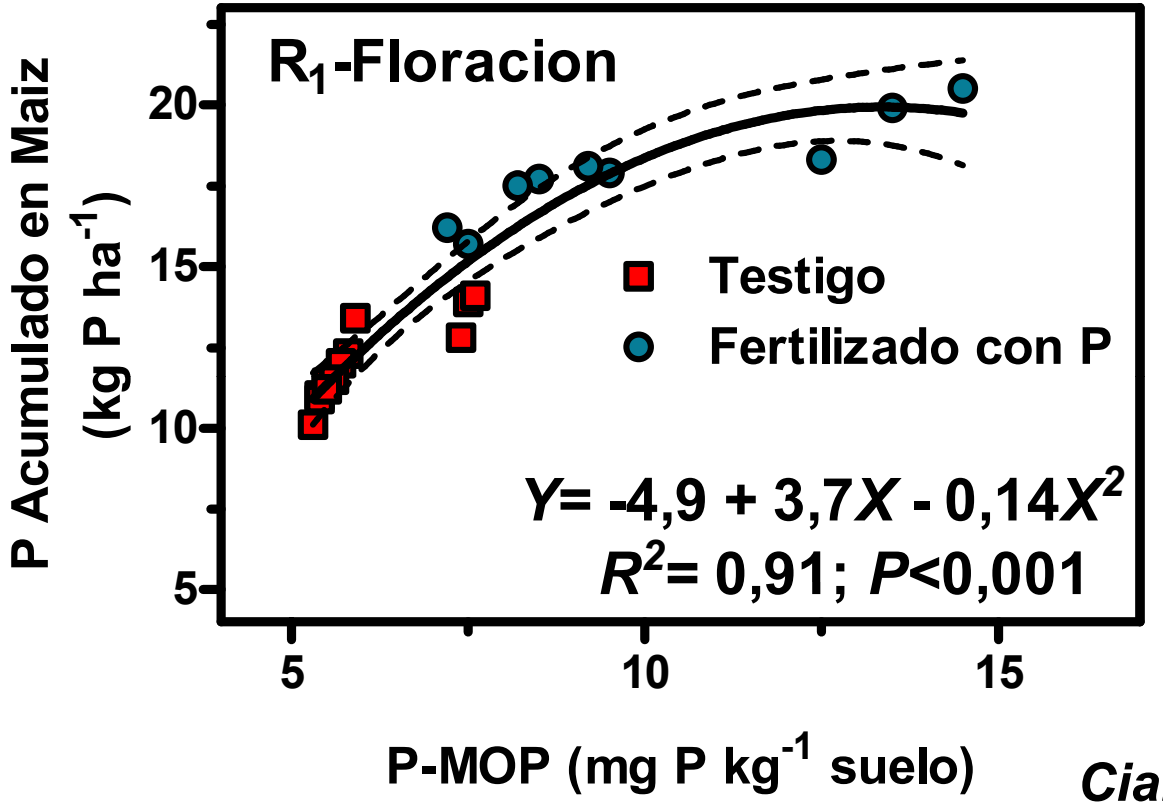
En breves….

- **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
  - Las aplicaciones de P al voleo funcionan:
    - » *Dosis mayor 20-25 kg de P/ha,*
    - » *Niveles de P extractable mayores 8-10 ppm,*
    - » *Aplicar con anticipación a la siembra (60 días)*

IPNI

P en materia orgánica particulada o joven

Futura línea de investigación



Ciampitti, 2009

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 organico potencialmente disponible para la nutrición del cultivo.

Conclusiones

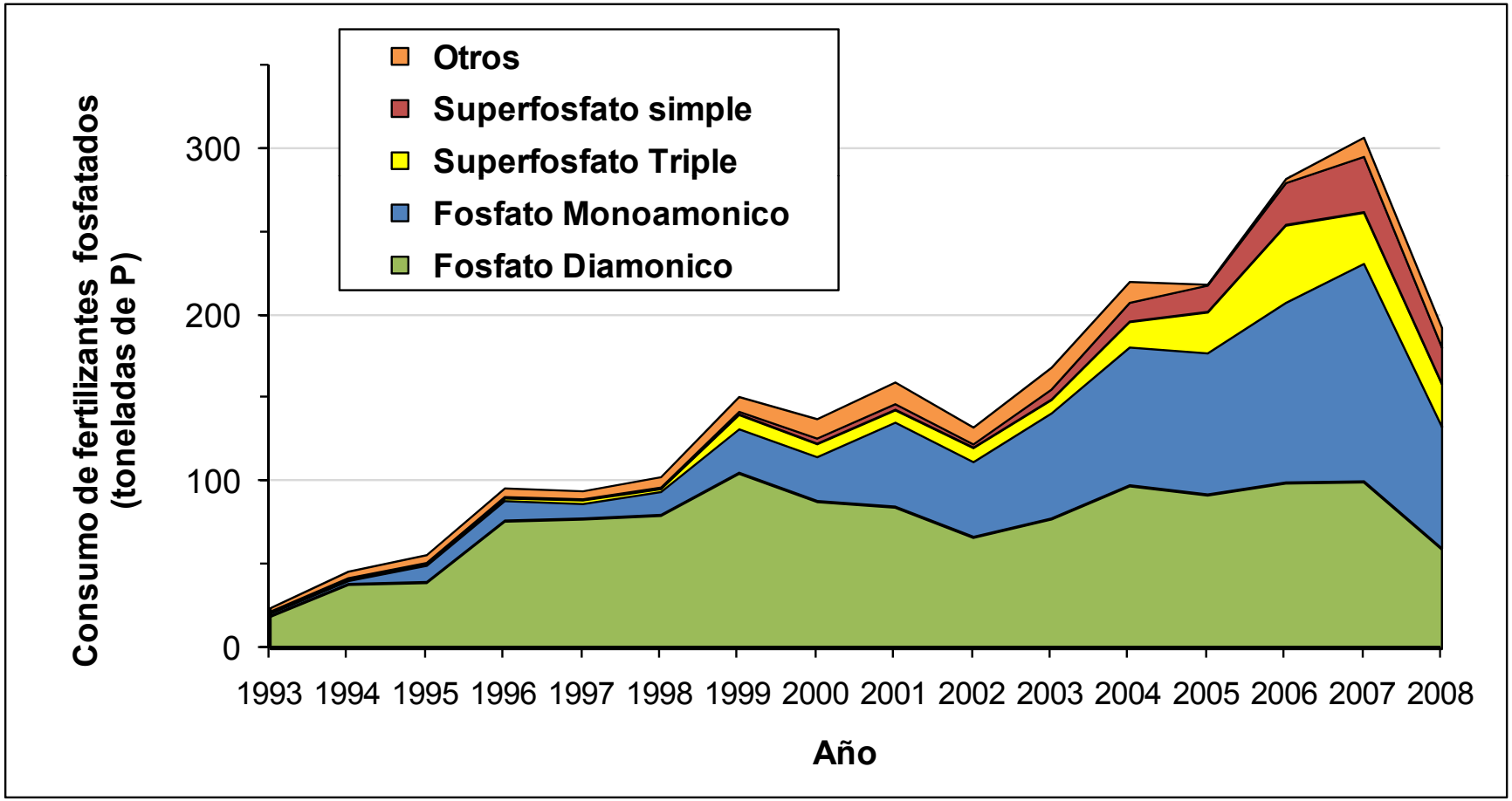
- *Estimar la dosis correcta: primera etapa para la determinación de las MPMs del P*
- *El conocimiento de la relación entre el P Bray y el balance de P, permiten ajustar las dosis e incrementar la EU del P*
- *El uso de dosis de suficiencia en años económicos difíciles es una alternativa a corto plazo, que debe monitorearse cada año*
- *Las MPM para fuente, momento y forma correctas son piezas esenciales para el uso eficiente y responsable de los nutrientes*

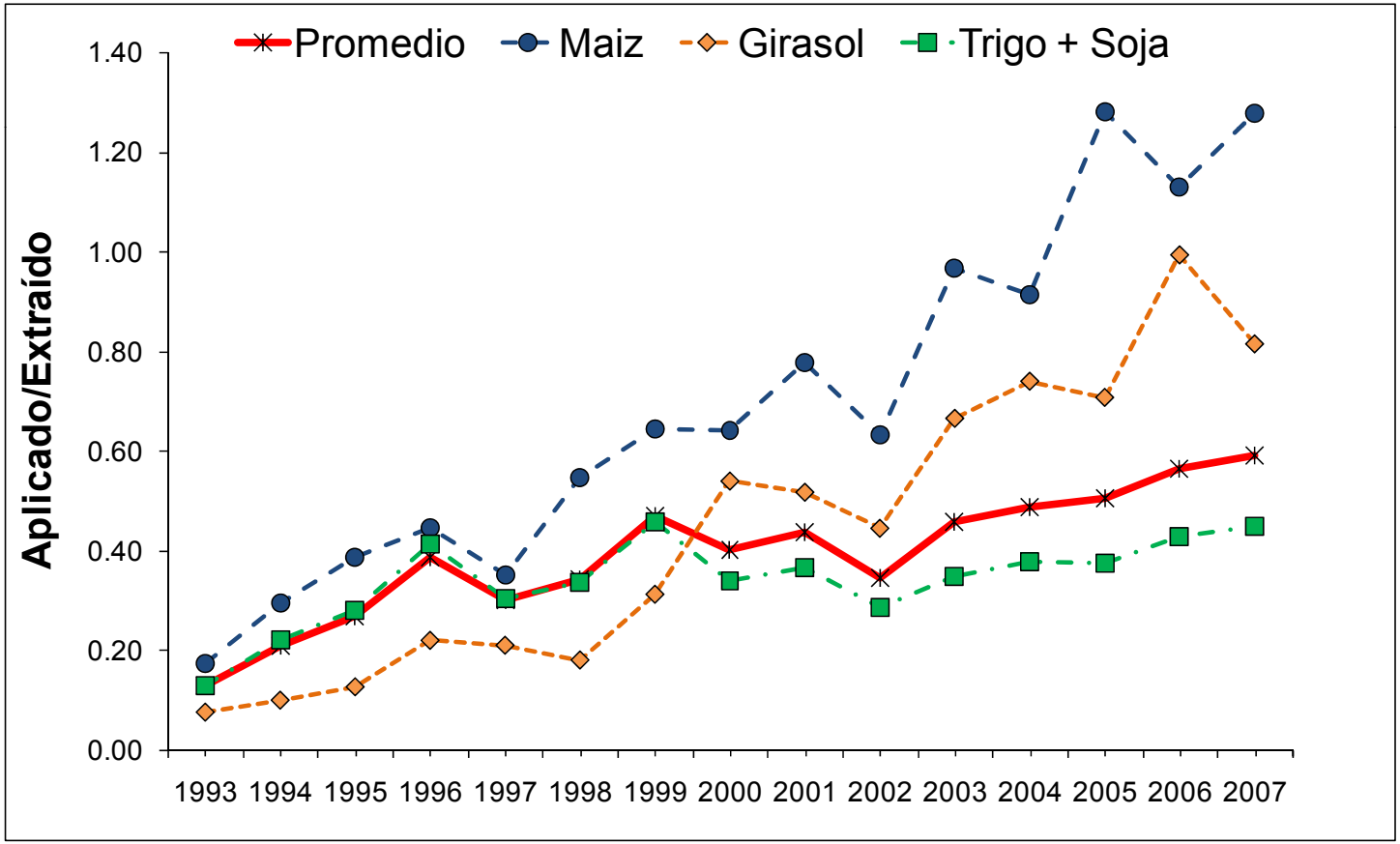
IPNI

Muchas Gracias!!!!

Fósforo: Uso Actual en Argentina

- El consumo de P a nivel país se ha incrementado notablemente en los últimos años, fue de 19 mil ton en 1993, alcanzó las 307 mil ton en 2007 y cayo a 193 mil ton en 2008.



Fósforo: Uso Actual en Argentina

- La relación aplicación/remoción muestra un balance negativo, reponiéndose en promedio un 59% del P extraído en grano por los principales cuatro cultivos (soja, maíz, trigo y girasol).