

Taller Fósforo
Zona CREA Oeste
Pehuajó, 1 de Noviembre de 2011

Manejo de la Fertilización Fosfatada

Sin P Con P

Fernando O. García
Instituto Internacional de Nutrición de Plantas
www.ipni.net/fasc

Temario

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

Depósitos mundiales de fosfatos económicos y potencialmente económicos

■ Depósitos igneos
● Depósitos sedimentarios
✕ Depósitos insulares (Islas)

Los depósitos sedimentarios comprenden el 80% de la producción de Roca Fosfórica
McClellan y Van Kauwenbergh, 2004.

Yacimiento de P en Florida (EE.UU.)

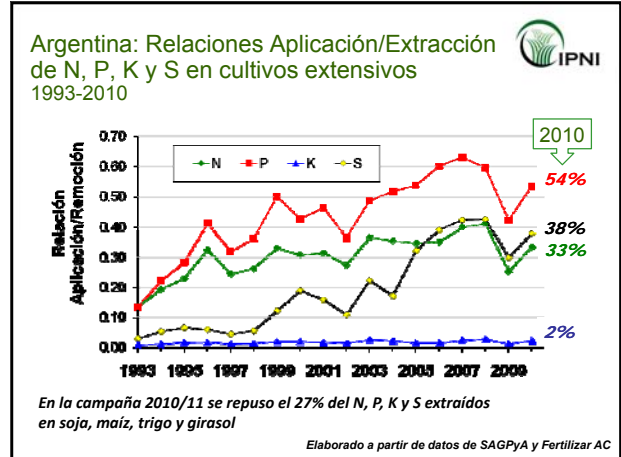
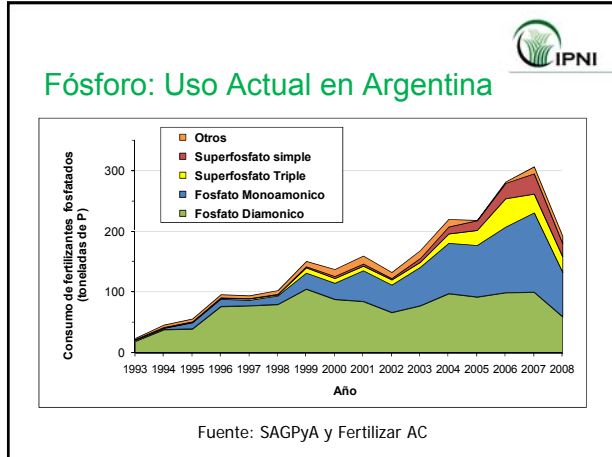
Yacimiento de P en Marruecos (OCP)

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

País	Vida de Reserva de Base (años)	Vida de Reserva (años)
Togo	75	38
Senegal	83	267
Canada	33	267
Brasil	62	43
Tunez	13	77
Egipto	38	292
Siria	27	216
Israel	58	258
Mundial	291	93

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)

Fue

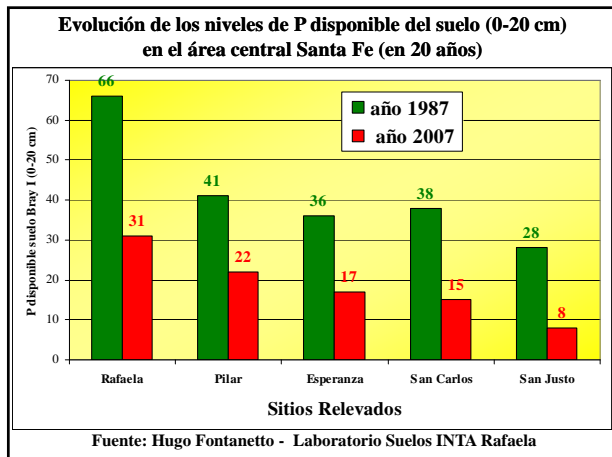
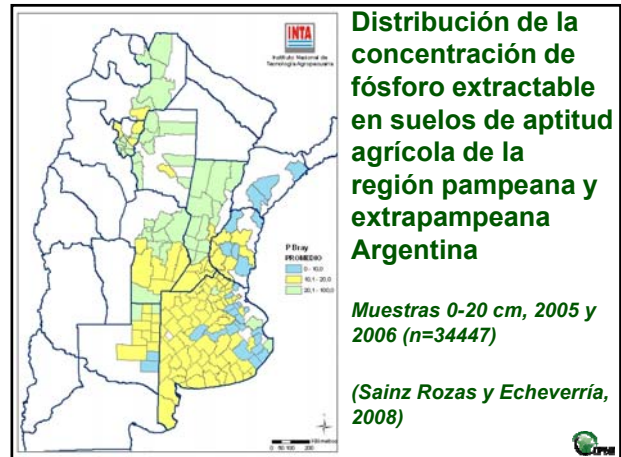


Soja: Eficiencia agronómica y balance parcial de P en 15 ensayos realizados en la región pampeana norte Campaña 2003/04

Fuente: Melchiori et al. (2004), Proyecto INTA-IPNI-Mosaic

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Eficiencia Agronómica (kg soja/kg P)
Testigo	3135	-
P10	3372	24
P20	3557	21
P30	3695	19

Soja a U\$220 y FMA a U\$650
3 kg soja por kg de FMA o 13 kg soja por kg P
Lotes con niveles de P Bray < 15 ppm



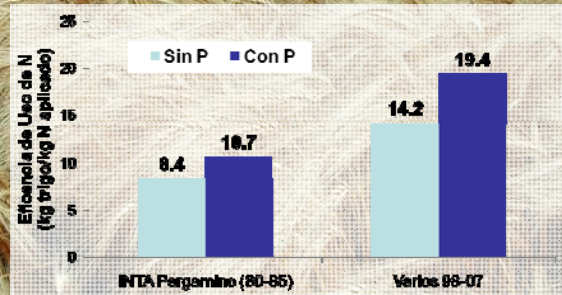
- ### Fósforo
- #### Funciones en las plantas
- Transferencia y almacenamiento de energía: Componente de ATP
 - Fotosíntesis y respiración: Componente de enzimas y NADP
 - Transferencia de características genéticas: Componente de ARN
 - Síntesis de almidón
- Crecimiento y división celular
 - Desarrollo y crecimiento temprano de la raíz
 - Mejora la calidad
 - Vital para la formación de la semilla

Las deficiencias de fósforo

- Disminuyen el crecimiento de los cultivos al afectar el desarrollo y la expansión foliar, y la fotosíntesis (Andrade et al., 2000)
- La expansión foliar es más sensible a las deficiencias de P que la tasa de fotosíntesis por unidad de área de hoja (Colomb et al., 2000).
- Demoran la formación de órganos reproductivos y restringen la formación de grano (Marschner, 1995)

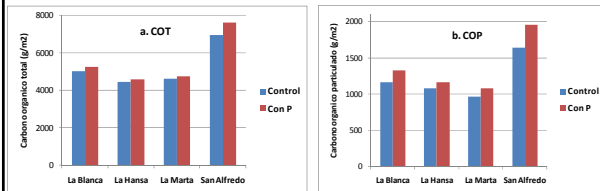
Trigo: Eficiencia de uso de N sin y con aplicación de P

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



Efecto de la fertilización fosfatada sobre la acumulación de C orgánico

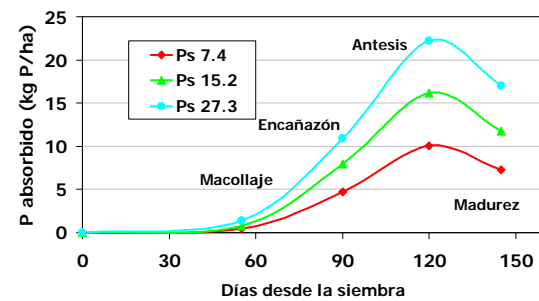
Fuente: Ciampitti et al. (2010) – Red de Nutrición Región CREA Sur de Santa Fe (CREA-IPNI-ASP)



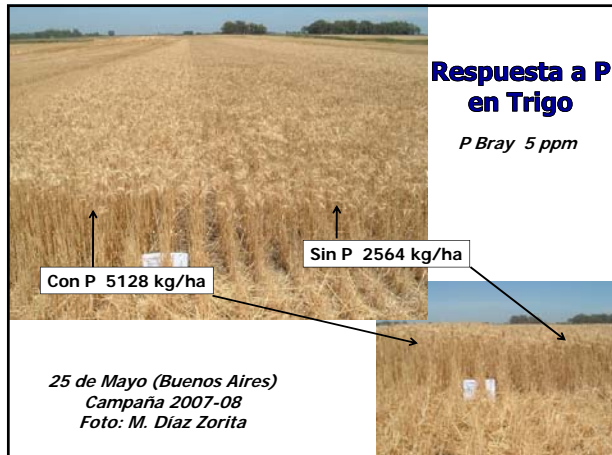
La fertilización fosfatada durante seis años incremento el C orgánico total en 3055 kg/ha y el C particulado en 1678 kg/ha a 0-20 cm, en promedio para los cuatro sitios evaluados

Trigo: Absorción de P según niveles de P en suelo

Berardo y col. (1996) – EEA INTA/FCA Balcarce

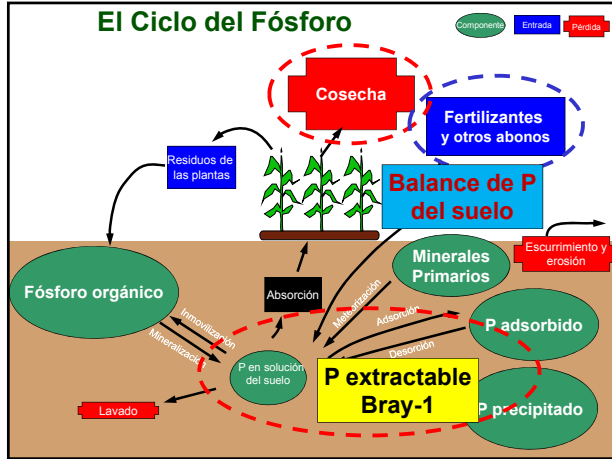


Ps = Nivel de P Bray en el suelo a la siembra



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

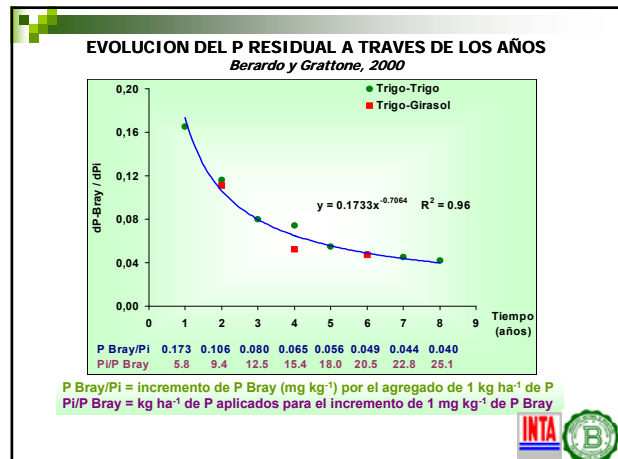
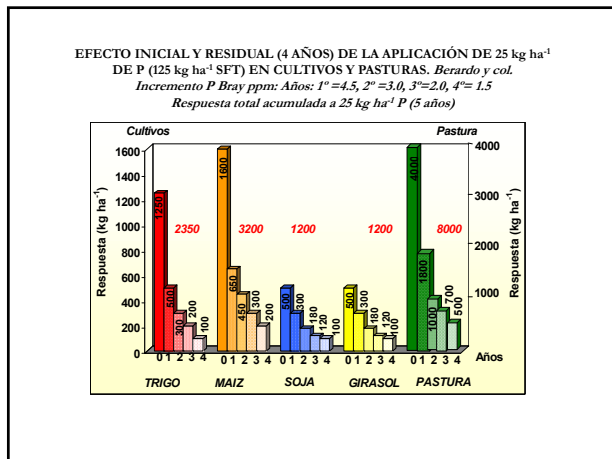
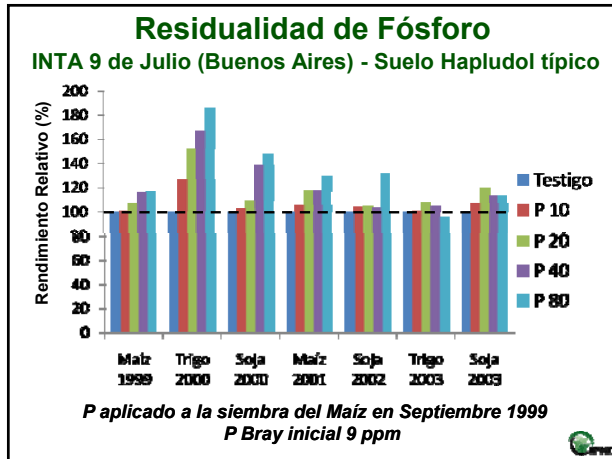




Destino del P del fertilizante

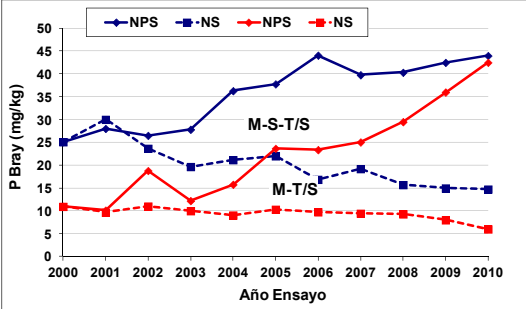
Destino	Rango	Referencias
Planta	15 al 35%	Mattingly, 1975; Johnston y Syers, 2001; Ciampitti, 2009, Rubio et al. 1998
Fraciones lábiles de P#	15 al 44%	Beck y Sánchez, 1994; Johnston y Syers, 2001; Dobermann et al., 2002; Zheng et al., 2002; Blake et al., 2003; Boschetti et al., 2004; Verma et al., 2005; Picone et al., 2008; Wang et al., 2007; Ciampitti, 2009
Fraciones 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
Fración 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

Fracciones P resina o MIA, Pi- y Po-NaHCO₃ Ciampitti et al., 2009
 † Fracciones Pi- y Po- NaOH, y P-HCl
 ‡ Fracción de P extraído con H₂SO₄ o digestión con H₂SO₄/H₂O₂



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

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

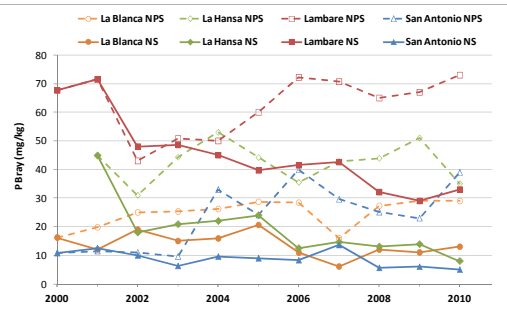


Dosis P: Remoción en granos + 5-10%

Fuente: CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP

Evolución P Bray con y sin aplicación de P en cuatro ensayos en rotación M-S-T/S

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

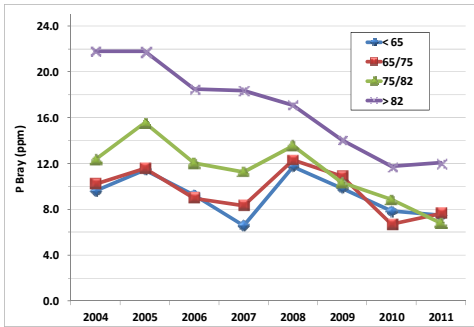


Dosis P: Remoción en granos + 5-10%

Fuente: CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP

Evolución P Bray según porcentaje de arena de los ambientes

CREA Oeste – 2004 a 2011



Fuente: Nicolás Bosch – CREA Oeste

¿Cómo deberíamos manejar fósforo?

- Conocer el nivel de P Bray según análisis de suelo



Métodos de análisis para P (Extractantes)



Análisis	Composición del extractante	Comentarios	Fuente
Bray 1	0.03 M NH ₄ F + 0.025 M HCl	Extractante para P en suelos ácidos	Bray y Kurtz, 1945
Olsen	0.5 M NaHCO ₃ – pH 8.5	Extractante para suelos alcalinos, también en suelos neutros a ácidos.	Olsen et al., 1954
Mehlich 1	0.05 M HCl + 0.0125 M H ₂ SO ₄	Extractante multinutriente para suelos ácidos	Mehlich, 1953
Mehlich 3	0.2 M CH ₃ COOH + 0.25 M NH ₄ NO ₃ + 0.015 NH ₄ F + 0.013 M HNO ₃ + 0.001 M EDTA – pH 2.5	Extractante multinutriente para un rango amplio de suelos. Correlaciona con Bray 1, Mehlich 1 y Olsen.	Mehlich, 1984
AB-DTPA	NH ₄ HCO ₃ + DTPA – pH 7.5	Extractante multinutriente para suelos alcalinos.	Soltanpour y Schwab, 1977
Morgan y Morgan modificado	Morgan: 0.7 M Na ₂ C ₂ H ₃ O ₂ + 0.54 M CH ₃ COOH – pH 4.8 Modificado: 0.62 M NH ₄ OH + 1.25 M CH ₃ COOH – pH 4.8	Extractante multinutriente utilizado en el noreste de EEUU para suelos ácidos. No adaptado a suelos calcáreos.	Morgan, 1941
Egner	0.01 M lactato de Ca + 0.02 M HCl O 0.10 M lactato de Ca + HOAc – pH 3.75	Extractante multinutriente utilizado en Europa	Egner et al., 1960

Adaptado de Sims, 2000

Métodos alternativos de análisis para P (Métodos "Sink")



- Resinas de intercambio aniónico: Resinas saturadas con HCl; relación suelo:resina 1:1; 10-100 mL agua por 16-24 horas (Raj et al., 1986; Kuo, 1996)
- Membranas de intercambio iónico: Facilitan la separación de la resina del suelo (Qian et al., 1992)
- Papel impregnado en óxido de hierro (Sharpley et al., 1993;

Categorías de P extractable según el método de determinación y el contenido de P en suelo

Método	Niveles de Análisis				
	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
	----- mg/kg -----				
Bray-1 ¹	<6	6-14	14-20	20-30	30+
Olsen ²	<5	6-10	11-14	15-20	21+
Mehlich-1 ³	<3-4	4-10	10-15	15-30	30+
Mehlich-3 ⁴	<8	9-15	16-20	21-30	31+
Resina ⁵	<6	7-15	16-40	41-80	80+

¹ Adaptado de información de Argentina; ² Adaptado de Iowa State University; ³ Adaptado de M. Cubilla (Paraguay); ⁴ Adaptado de Iowa State University; ⁵ Adaptado de información para el estado de San Pablo (Brasil).



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



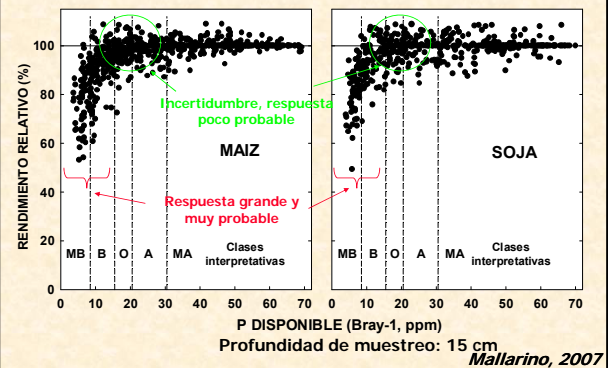
- ... bueno para el monitoreo de la fertilidad de suelos en el tiempo, para determinar la probabilidad de respuesta, y para estimar rendimientos relativos a largo plazo
- ... pero pobre para determinar dosis óptimas y respuesta en rendimiento para un cultivo específico
- Requiere muestreo representativo → 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.

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 — Maiz
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 — Alfalfa
Maiz	13-18	García et al., 1997; Ferrari et al., 2000; Mistrorigo et al., 2000; Berardo et al., 2001; García, 2002; García et al., 2005

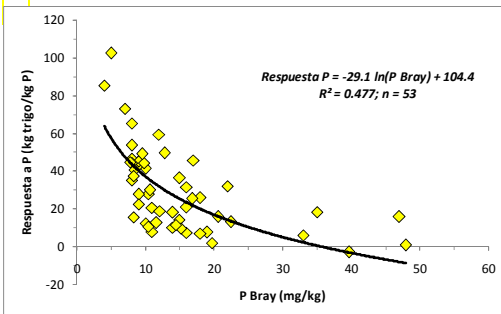
P Bray (mg/kg)

Calibraciones para Fósforo



Diagnóstico de P en trigo

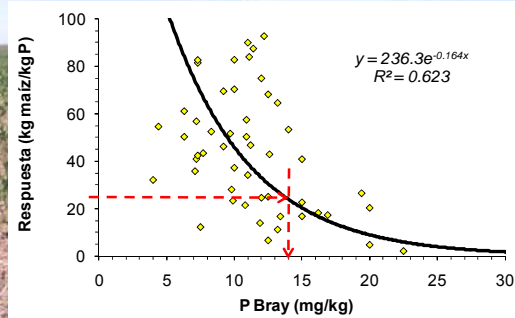
53 ensayos en Argentina - 1998 a 2007



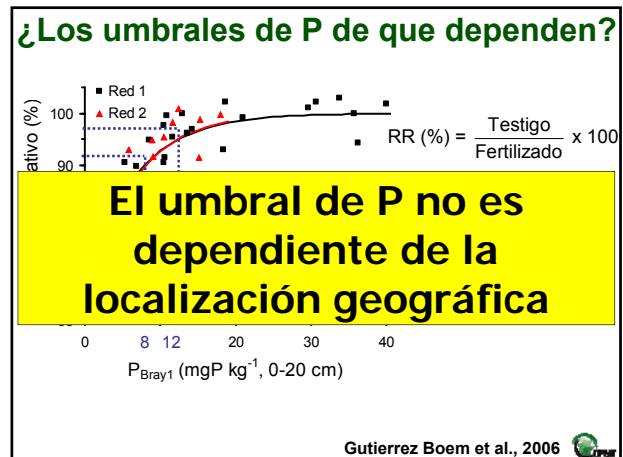
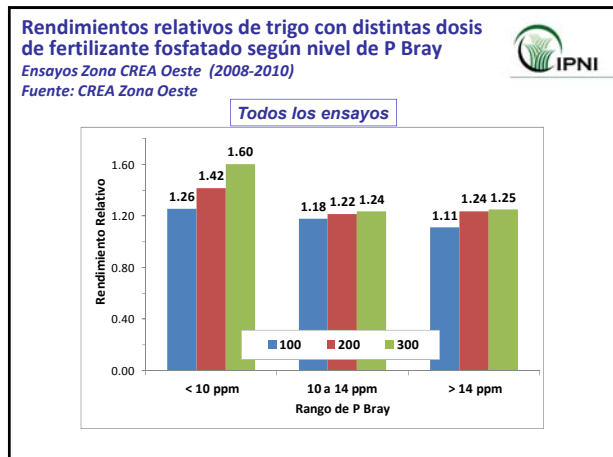
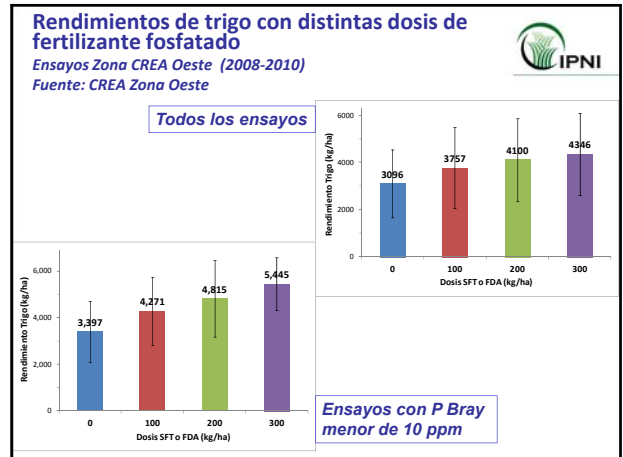
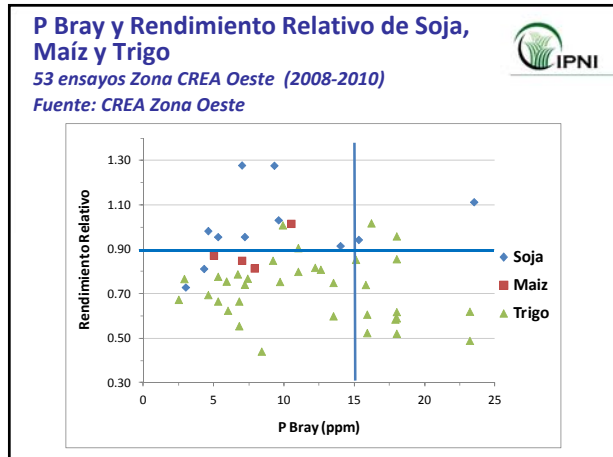
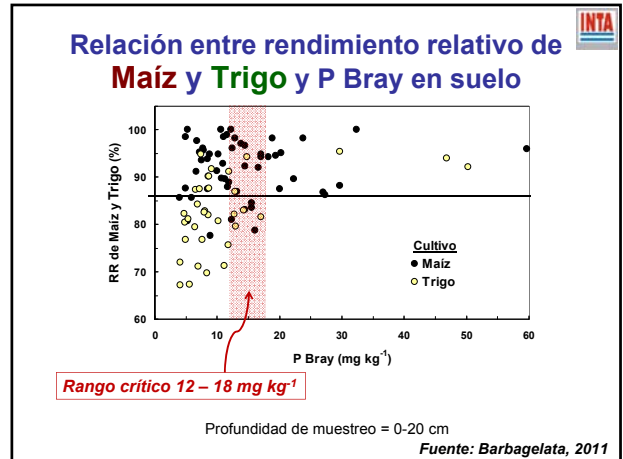
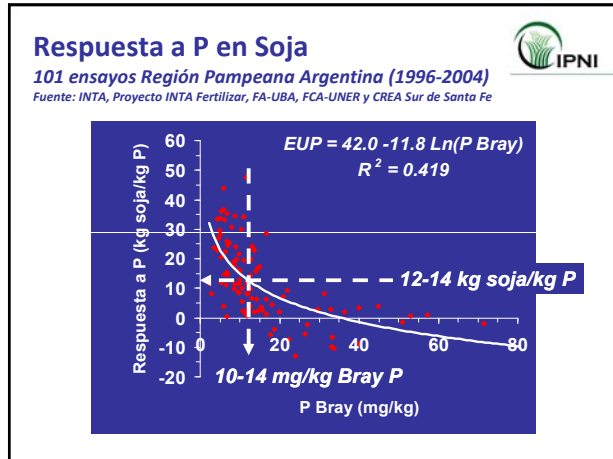
• Para relaciones trigo/nutriente de 17 a 26 kg de trigo por kg de P, los niveles críticos de P Bray se ubican entre 15 y 20 ppm.

Fósforo en maíz

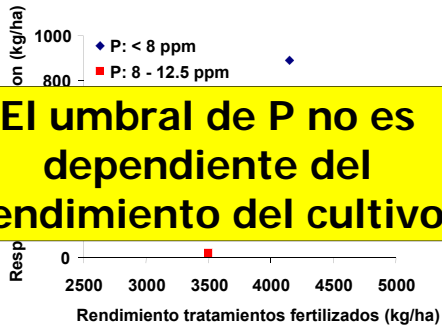
Recopilado de información de 56 ensayos de Región Pampeana INTA, FA-UBA y CREA Sur de Santa Fe (1997-2008)



Para un costo de indiferencia de 20-30 kg maíz/kg P el nivel crítico de P Bray sería de 13-15 mg/kg



Soja: Respuesta a P y rendimiento esperado

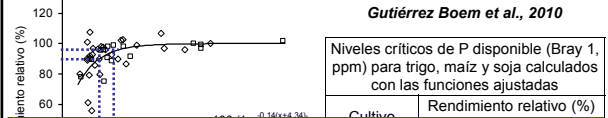


El umbral de P no es dependiente del rendimiento del cultivo

Gutiérrez Boem, inédito

Métodos de determinación de umbrales críticos de P

Red de Nutrición Sur de Santa Fe (CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP)



El umbral de P depende del método de determinación

P Bray1 (0-20 cm, ppm)

Niveles críticos de disponibilidad de P determinados por los métodos estadístico y gráfico (fijando el RR en 90%) de Cate y Nelson

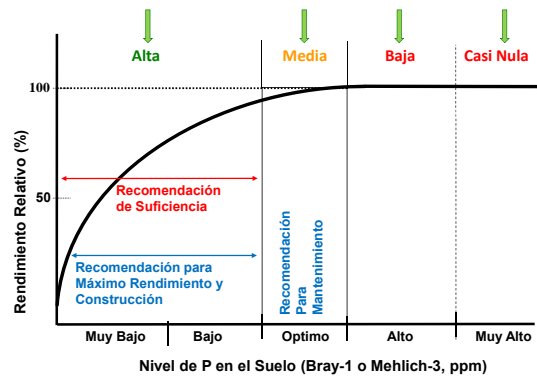
Cultivo	Método estadístico			Método gráfico
	Nivel crítico ppm	Rendimiento relativo	R ²	Nivel crítico ppm
Trigo	12	80	0.36	18.5
Maíz	12	95	0.18	11.1
Soja	11	90.6	0.19	9.7

¿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

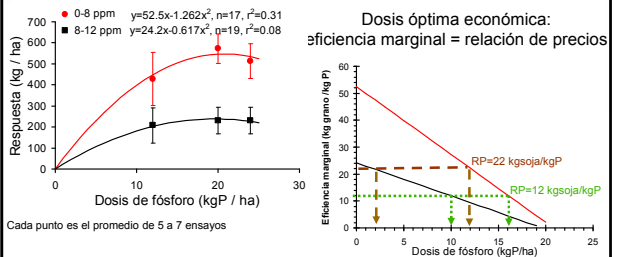
- Se fertiliza solamente por debajo del nivel crítico.
- Para cada nivel debajo del nivel crítico distintas dosis determinan el óptimo rendimiento físico o económico.
- No consideran efectos de la fertilización en los niveles de nutriente en el suelo.
- Requiere buen conocimiento de las dosis óptimas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



Dosis óptima económica (suficiencia)

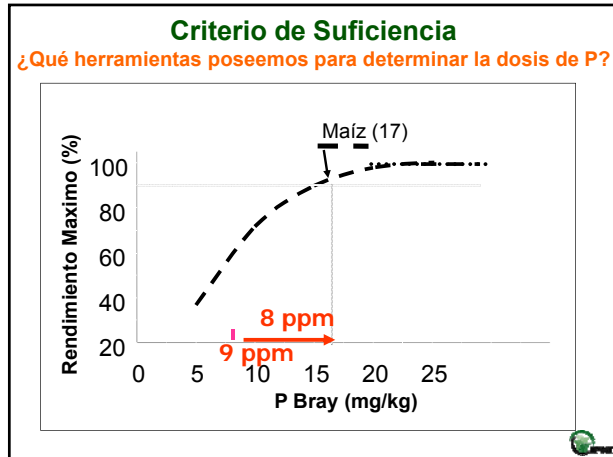
Elaborado por Gutiérrez Boem (2008)



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

La eficiencia marginal cae a mayor dosis:

Fuente: Echeverría et al., 2002; Calviño & Redolatti, 2004



¿Cuánto kg de P debo aplicar para subir 1 ppm de P Bray en el próximo cultivo?

Rubio et al. (2007) - FAUBA

$$\text{Dosis P (kg P/ha)} = \frac{0.1 * (\text{Densidad aparente (t/m}^3) * \text{Prof (cm)})}{\text{Coeficiente b}}$$

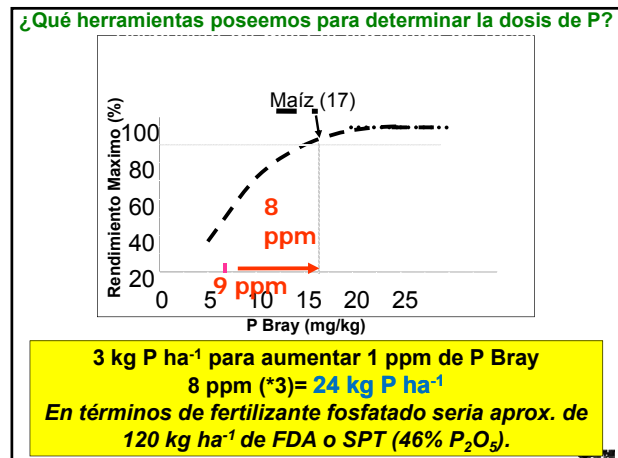
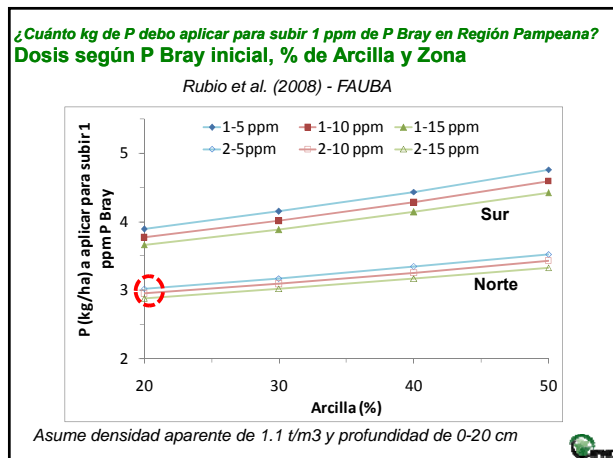
Coeficiente b = 0.45369 + 0.00356 P Bray + 0.16245 Z - 0.00344 Arcilla

donde

- Z es zona, Z es 1 al norte de la región pampeana y 2 al sur de la misma
- Arcilla es el porcentaje de arcilla del suelo

Se considera un aumento a los 45 días de aplicación del P del fertilizante, es decir para el ciclo del cultivo a fertilizar

En general, la dosis necesaria es mayor a menor P Bray inicial, en el Norte y con mayor concentración de arcilla



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)

IPNI

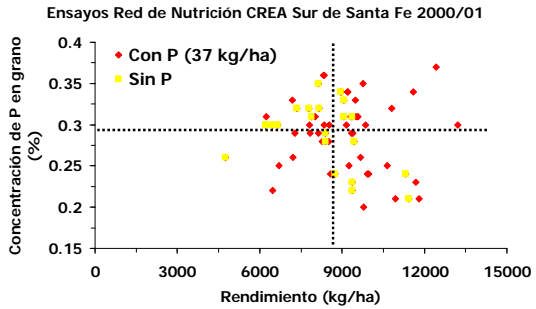
Extracción de nutrientes de distintos cultivos

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

Maíz: Concentración de P en grano



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

Requerimientos nutritivos de especies forrajeras Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Calcio y Magnesio

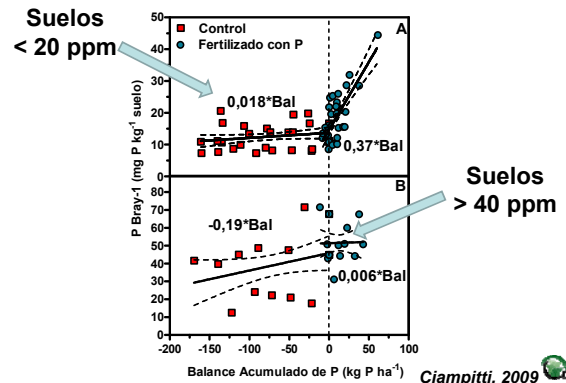
Especie	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Azufre	Calcio	Magnesio
			kg / ton materia seca			
Alfalfa	25-30	2.2-3.3	18-25	2.5-5	11-12.5	2-3.7
Trébol Rojo	22	2.7-3.2	27	5-6		
Trébol Blanco	35	3.4	19			
Pasto Ovillo	25	3.6	25	2.2		2.2
Festuca	19	3.5-4	22-25	2	4.6	2
Raigras	20-35	2.4-3.7	22-24	2-3		2

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

Factores: Nivel P Bray 1 inicial, Textura, Tiempo que se considera, Extracción de P por granos o forrajes

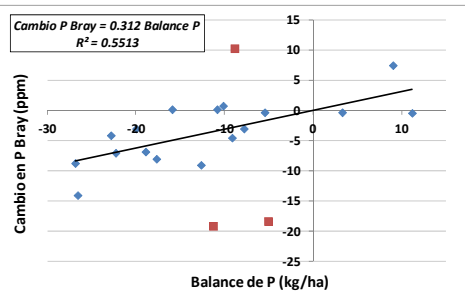
Referencia	Necesidad de P kg P/ppm P Bray	Comentarios
Grattone y Berardo (2000)	6.7	SE Buenos Aires, 1 año, extracción incluida
Berardo et al., com. pers.	9.1	7 años, sin extracción
Ventimiglia et al., com.pers.	10	7 años, sin extracción
Bianchini et al., com. pers.	5.5	1 año, sin extracción, P Bray inicial 22.5 ppm
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

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



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 Pial 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

Recomendación de fertilización fosfatada según contenido de P disponible (Bray 1) y rendimiento objetivo

(INTA-FCA Balcarce - Echeverría y García, 1998)

Rendimiento qq/ha	Concentración de P disponible en el suelo (ppm)						
	Menos 5	5-7	7-9	9-11	11-13	13-16	16-20
20	20	15	13	11	9	7	
30	23	19	17	15	13	11	
40	27	22	21	18	17	14	10
50	31	26	24	22	20	18	14
60	34	30	28	26	24	22	17
70	38	33	31	29	28	26	21

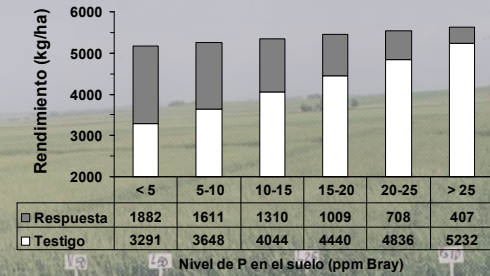
Recomendaciones para Fósforo Iowa State University

Fósforo Disponible (0-15 cm): Categorías y Rangos					
Método de Análisis	Muy bajo	Bajo	Óptimo	Alto	Muy alto
ppm					
Bray-1 o Mehlich-3	0-8	9-15	16-20	21-30	31+
Mehlich-3 por ICP	0-15	16-25	26-36	36-45	46+
Olsen	0-5	6-10	11-14	15-20	21+
Cultivo					
Dosis de P ₂ O ₅ a Aplicar					
kg/ha					
Maíz	100	75	55	0	0
Soja	80	60	40	0	0
Rotación	160	115	95	0	0

Subir, lentamente
 Mantener, asume 9400 y 3400 kg/ha de maíz y soja, ajustar para cada campo

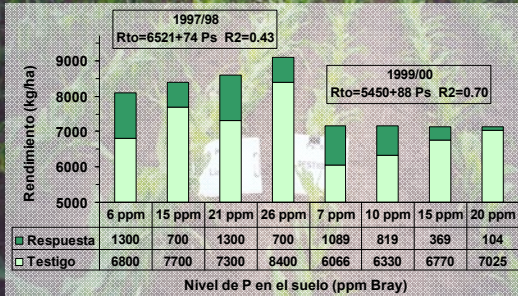
Mallarino, 2007

Trigo: Rendimientos y Respuestas a la Fertilización Fosfatada INTA-FCA Balcarce - Promedios de dos campañas 1996/97 y 1997/98



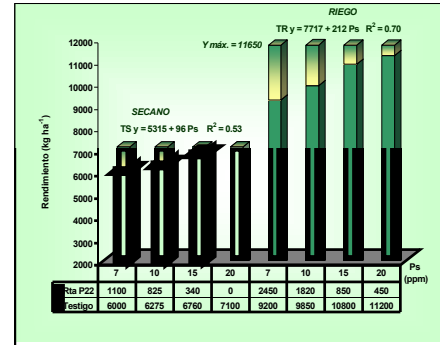
Fuente: Berardo y col. (1998)

Maíz: Rendimientos y Respuestas a la Fertilización Fosfatada INTA-FCA Balcarce - Campañas 1997/98 y 1999/00

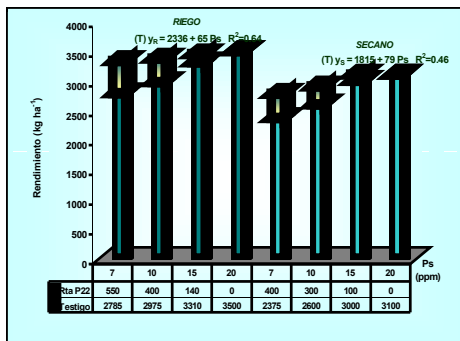


Fuente: Berardo y col. (2000)

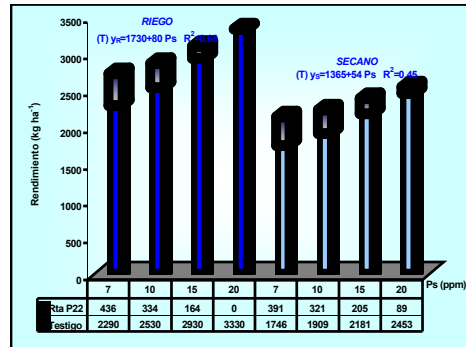
MAÍZ: RENDIMIENTO Y RESPUESTA A LA FERTILIZACION FOSFATADA CON DIFERENTES CONTENIDOS DE P EN EL SUELO. 1999-2000. Berardo y col.

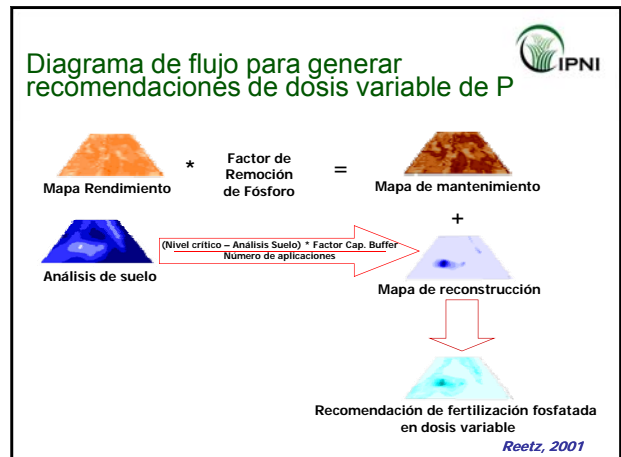
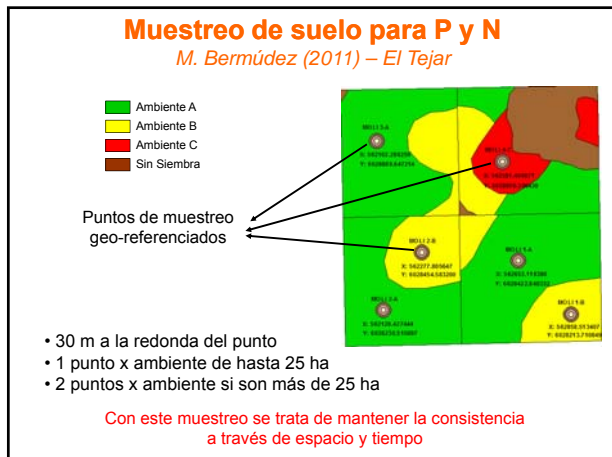
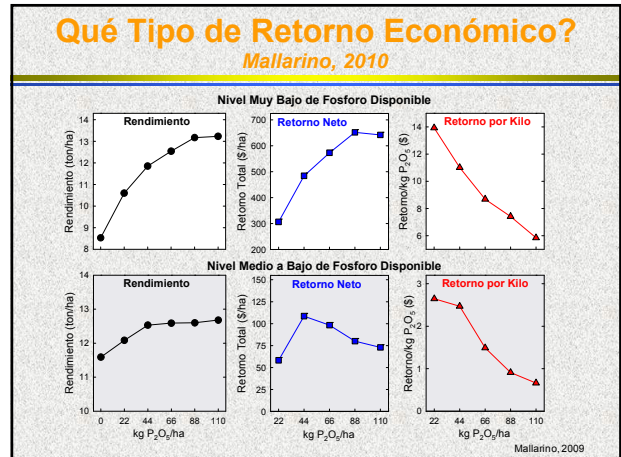
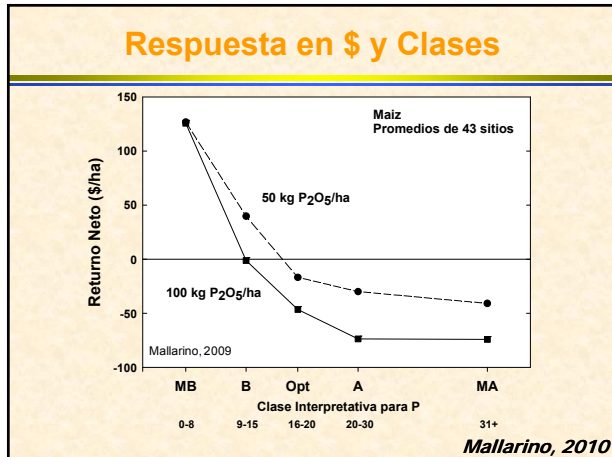
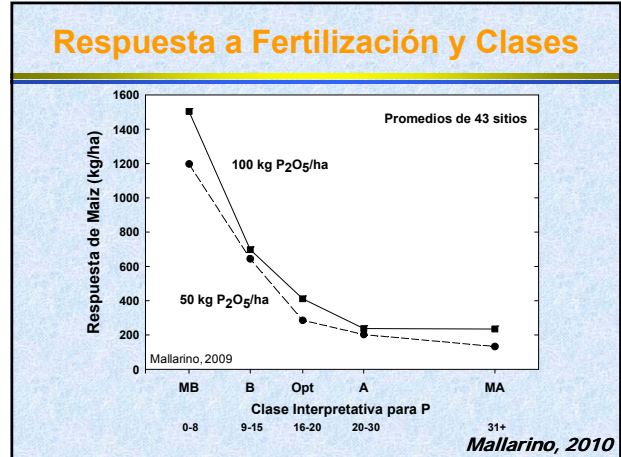
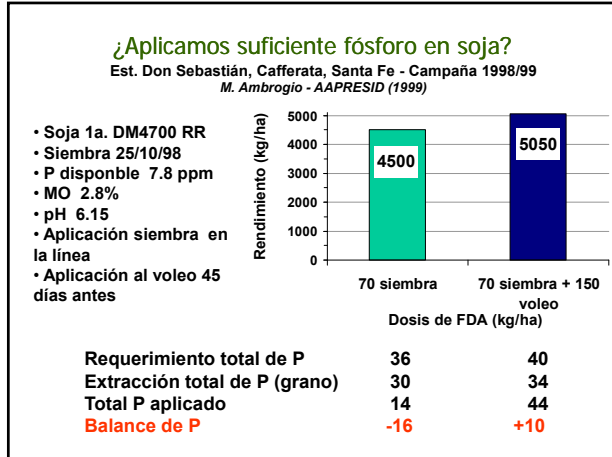


SOJA: RENDIMIENTO Y RESPUESTA A LA FERTILIZACION FOSFATADA CON DIFERENTES CONTENIDOS DE P EN EL SUELO. 1999-2000. Berardo y col.



GIRASOL: RENDIMIENTO Y RESPUESTA A LA FERTILIZACION FOSFATADA CON DIFERENTES CONTENIDOS DE P EN EL SUELO. 1999-2000. Berardo y col.





Soja

Concentración crítica de nutrientes en hoja

Muestreos de Floración (R1-R2) de primer trifolio superior maduro excluyendo el peciolo

Nutriente	EMBRAPA	Martins (1998)	Flannery (1989)
	(1998)	3600 kg/ha	7963 kg/ha
	g/kg		
Nitrógeno	45-55	46.4	53.3
Fósforo	2.6-5.0	2.5	3.6
Potasio	17-25	18.7	21.9
Calcio	3.6-20.0	7.9	10.2
Magnesio	2.6-10.0	3.3	3.3
Azufre	2.1-4.0	2.5	2.4
	mg/kg		
Boro	21-55	51	46
Cobre	10-30	8	12
Hierro	51-350	100	144
Manganeso	21-100	35	30
Molibdeno	1-5	-	-
Zinc	21-50	45	48

La variabilidad del cultivo suele reflejarse en el análisis foliar




Foto de Martin Ambrogio Est. La Esperanza (Cafferata, Santa Fe)

Nutriente	Análisis Foliar	
	Verde	Clorótico
	%	
N	5.2	5.2
P	0.36	0.27
K	1.7	1.4
Ca	1.9	1.6
Mg	0.36	0.47
S	0.36	0.23
	ppm	
B	82	99
Cu	15	16
Fe	163	134
Mn	108	79
Zn	49	63

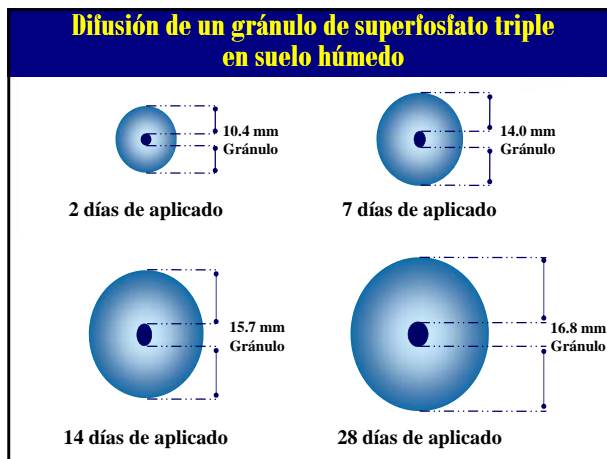
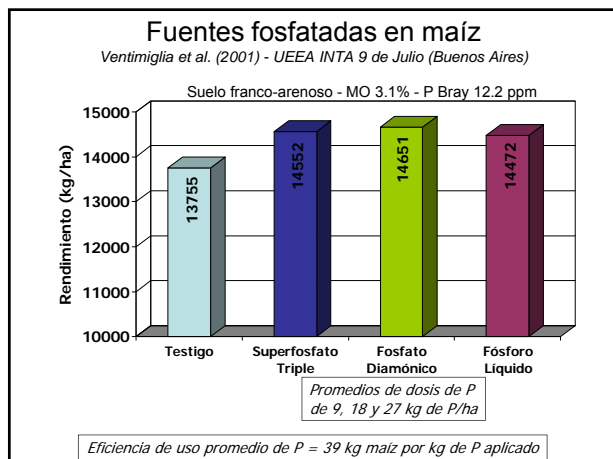
Manejo de la fertilización fosfatada

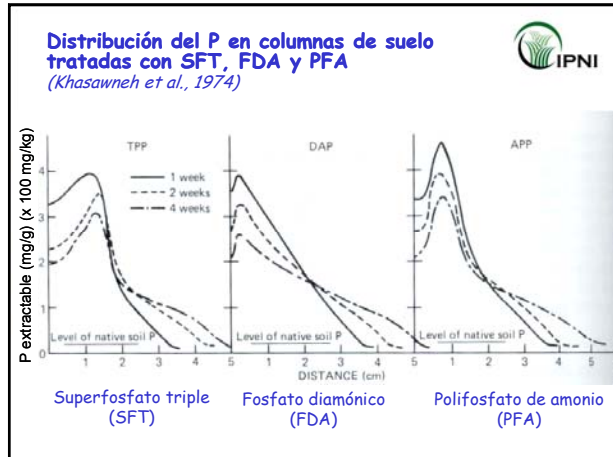


- Fuente Correcta**
 - La eficiencia de uso de los fertilizantes fosfatados por unidad de P es equivalente para las fuentes SFT, FDA, FMA y SPS
- Momento Correcto**
 - Se aplican en pre-siembra o al momento de la siembra
- Forma Correcta**
 - La aplicación en bandas es la mas eficiente
 - » **Fitotoxicidad:** evitar contacto con semilla y aplicar el fertilizante por lo menos a 5 cm de las semillas

Fertilizantes Fosfatados

Fertilizante	Grado	P ₂ O ₅	P		Otros nutrientes
			%		
Fosfato diamónico	18-46-0	46-52	20-23	18-21	N
Fosfato monoamónico	11-52-0	48-62	21-27	11-13	N
Superfosfato triple de calcio	0-46-0	44-53	19-23	14	Ca
Superfosfato simple de calcio	0-21-0			12 S;	20 Ca
Roca fosfórica	0-30-0	25-40	11-17	48	Ca
Fosfato líquido	10-31-0	30-35	13-15	10-12	N
Fosfato monopotásico	0-52-35	52	23	29	K
Polifosfato de amonio	10-34-0	35-62	15-27	10-15	N

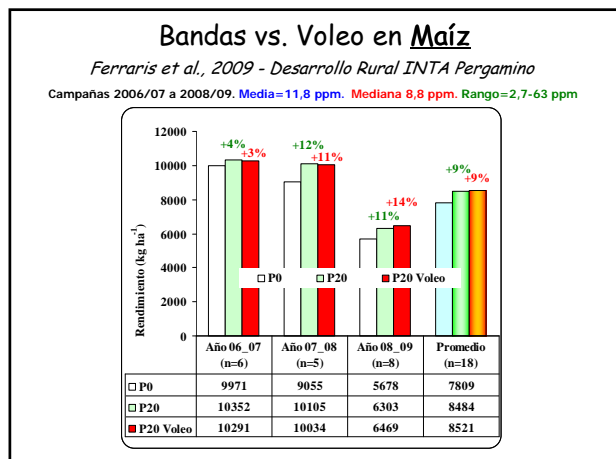
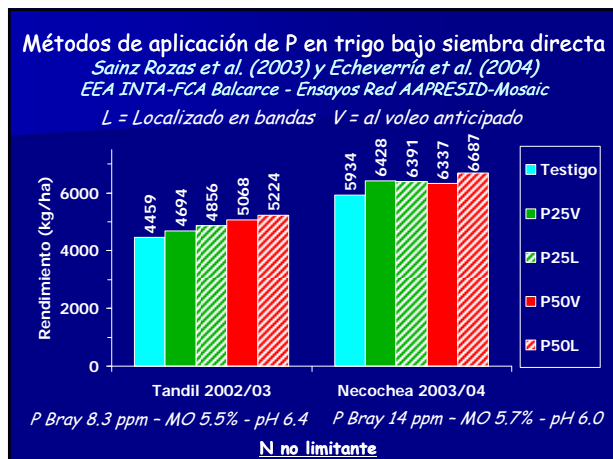
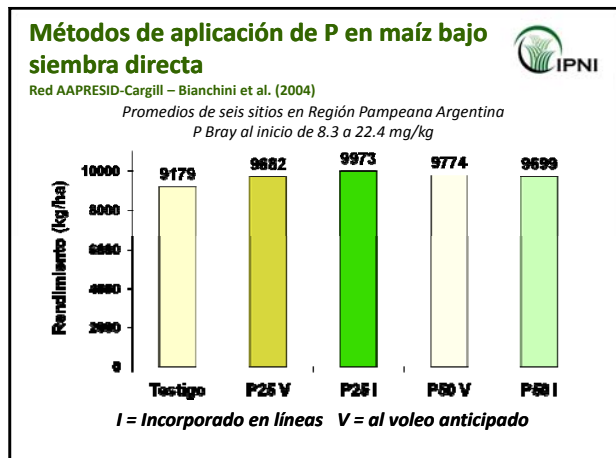


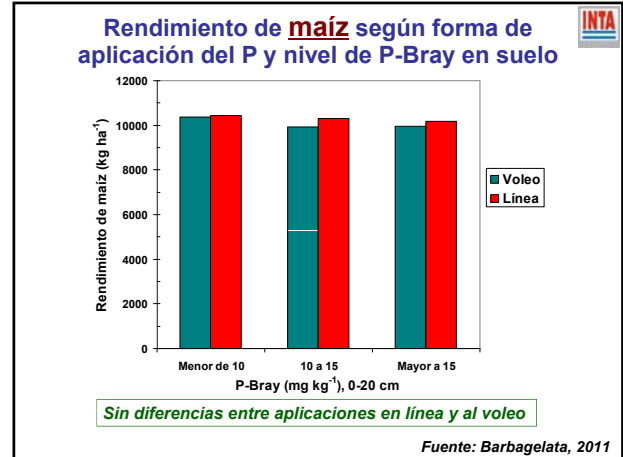
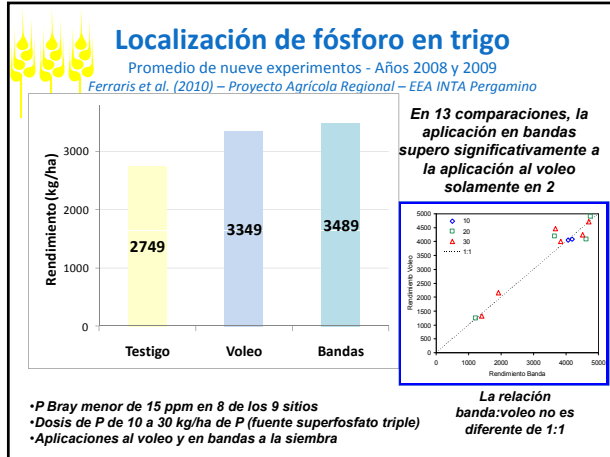


Dosis críticas estimadas, de manera preliminar, para pérdidas del 20% y 50% de plantas para diversos cultivos y fuentes de fertilizantes. Los rangos indicados responden a condiciones de tipo y humedad de suelo

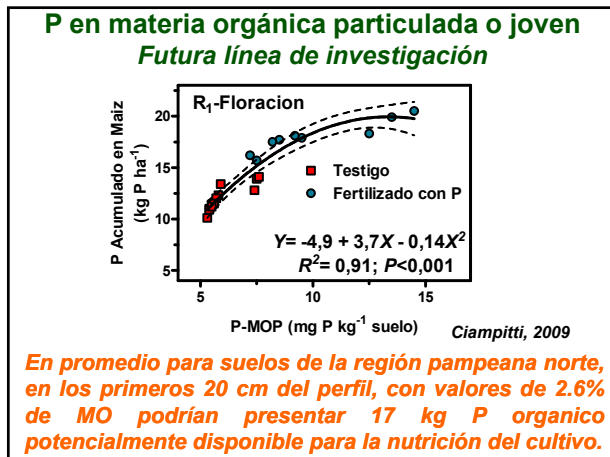
Cultivo	Tipo de Fertilizante	Dosis Crítica (kg ha ⁻¹)	
		20% #	50% #
Trigo	Urea	30 - 50	75 - 120
Soja	FDA-FMA-SFT ##	20 - 40	55 - 75
	SFS	20 - 80	60 - 120
	SA	20 - 30	60 - 80
Maíz	Urea	15 - 30	60 - 80
	NA-CAN-SA	60 - 80	100 - 130
	FDA	60 - 80	130 - 170
Girasol	Urea-NA-CAN-SA	20 - 40	60 - 90
	FDA	40 - 50	80 - 120
Cebada	Urea	30 - 50	80 - 100
Alfalfa	Urea-SA	20 - 30	50 - 70
	FDA-SFT	90 - 110	160 - 200

- ### ¿Cuándo el P al voleo puede funcionar como el bandeo?
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)





- ### 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
- IPNI

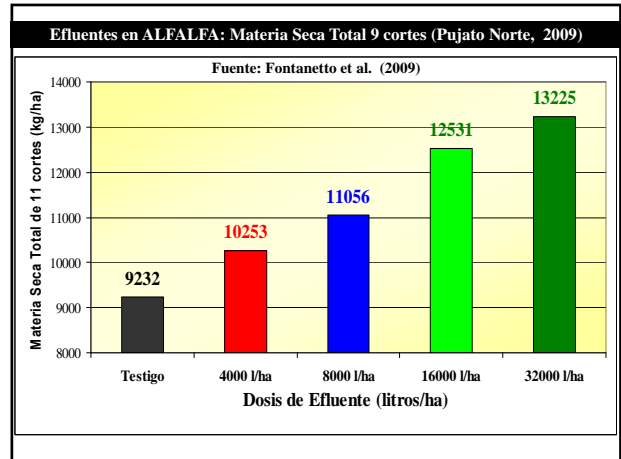


- ### Estrategias de Manejo
- Reciclado: Estiércol, cama de pollo, biosólidos, compost
 - Rol de micorrizas y otros microorganismos
 - Fertilizantes de mayor eficiencia: polímeros, otros
 - Aplicaciones en dosis variables
- IPNI

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)



Muchas Gracias!



IPNI
INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

WWW.IPNI.NET/LASC

fgarcia@ipni.net