



Nutrición de arroz para altos rendimientos

20-08-19

César E. Quintero

Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Nacional de Entre Ríos



Objetivos

- Discutir opciones o filosofías para decidir la fertilización
- Interpretar los análisis de suelo
- Analizar las estrategias posibles de fertilización para la campaña 2019/2020
- Tiene sentido un manejo sitio específico?

**Cómo decidimos cuánto
fertilizantes aplicar en cada
campo/lote ?**

Opción 1. Fertilización en base experiencias de grupos, vecinos, etc.

(si todos lo hacen debe andar bien)

- Se aplican fertilizantes (mezclas y cantidades) en base a experiencias y resultados de la zona.
- El resultado promedio puede ser bueno pero es posible que se apliquen dosis en exceso o innecesarias (sin respuesta) a insuficientes en casos particulares.
- Difícil valorar la relación costo/beneficio

Opción 2: Fertilización según demanda

(los nutrientes no van a ser limitantes)

- Se toman requerimientos según tablas y se calcula lo necesario para un determinado rendimiento.
- Ejemplo: Rendimiento esperado 8.5 tn/ha
- Demanda N=15 kg/tn – P=4 kg/tn – K=20 kg/tn
- $N = 8.5 \times 15 = 128 \text{ kg/ha} \rightarrow \text{UREA } 277 \text{ kg/ha}$
- $P = 8.5 \times 4 = 34 \text{ kg/ha} \rightarrow \text{DAP } 170 \text{ kg/ha}$
- $K = 8.5 \times 20 = 170 \text{ kg/ha} \rightarrow \text{KCl } 340 \text{ kg/ha}$

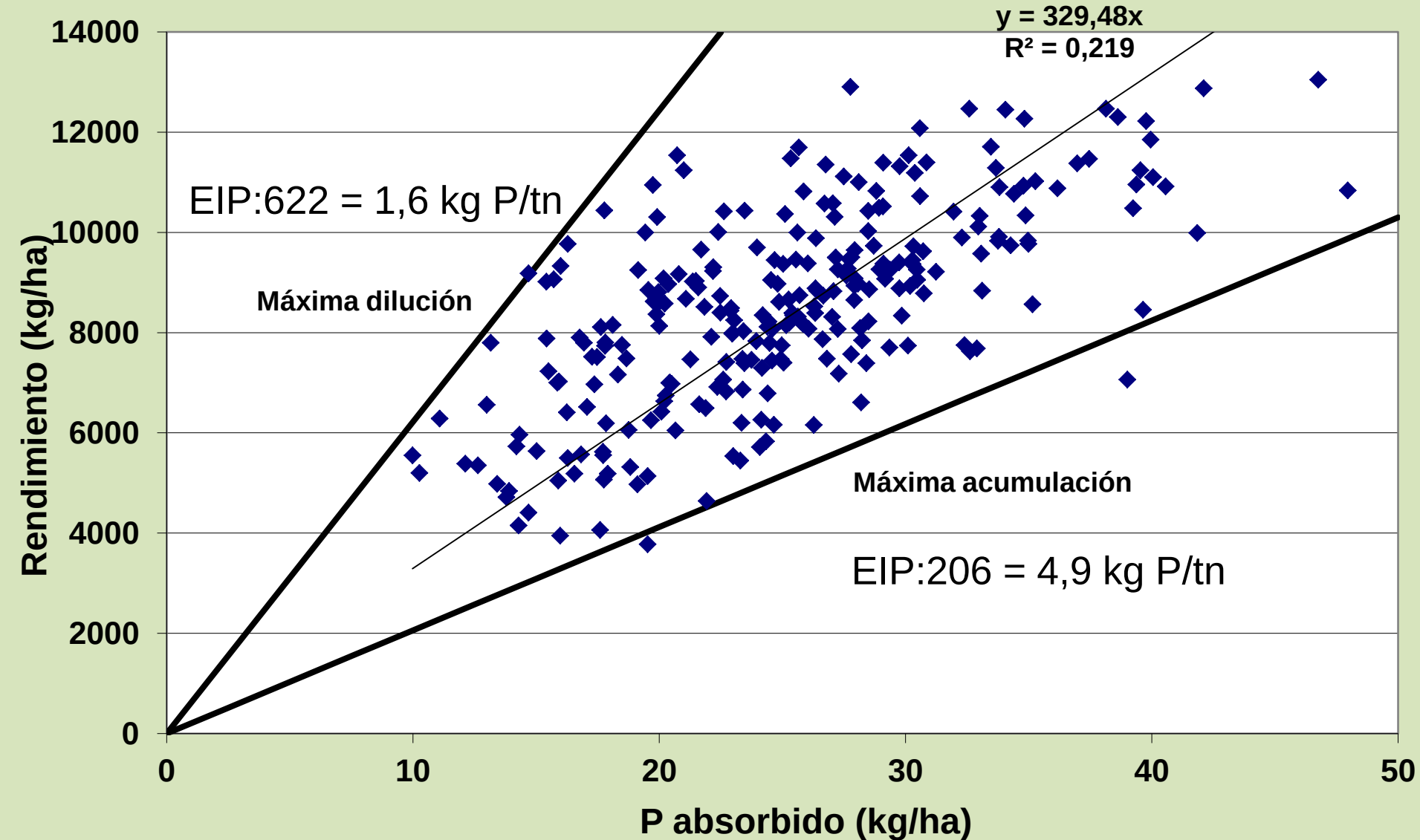
Requerimientos

Consumo de elementos por tonelada

	N (kg/tn)	P (kg/tn)	K (kg/tn)	Ca (kg/tn)	Mg (kg/tn)	Mn (g/tn)	B (g/tn)	Fe (g/tn)	Zn (g/tn)	Cu (g/tn)
Media E.R.	14	3	13	3	3	456	44	133	43	9
(n)	(315)	(267)	(267)	(124)	(124)	(124)	(124)	(124)	(267)	(124)
IC (%)	70	80	20	30	50	20	50	40	60	55
Asia	15	3	15	4	3	439	13	439	44	11
USA	19	3	23	2	2	325	14	307	35	24

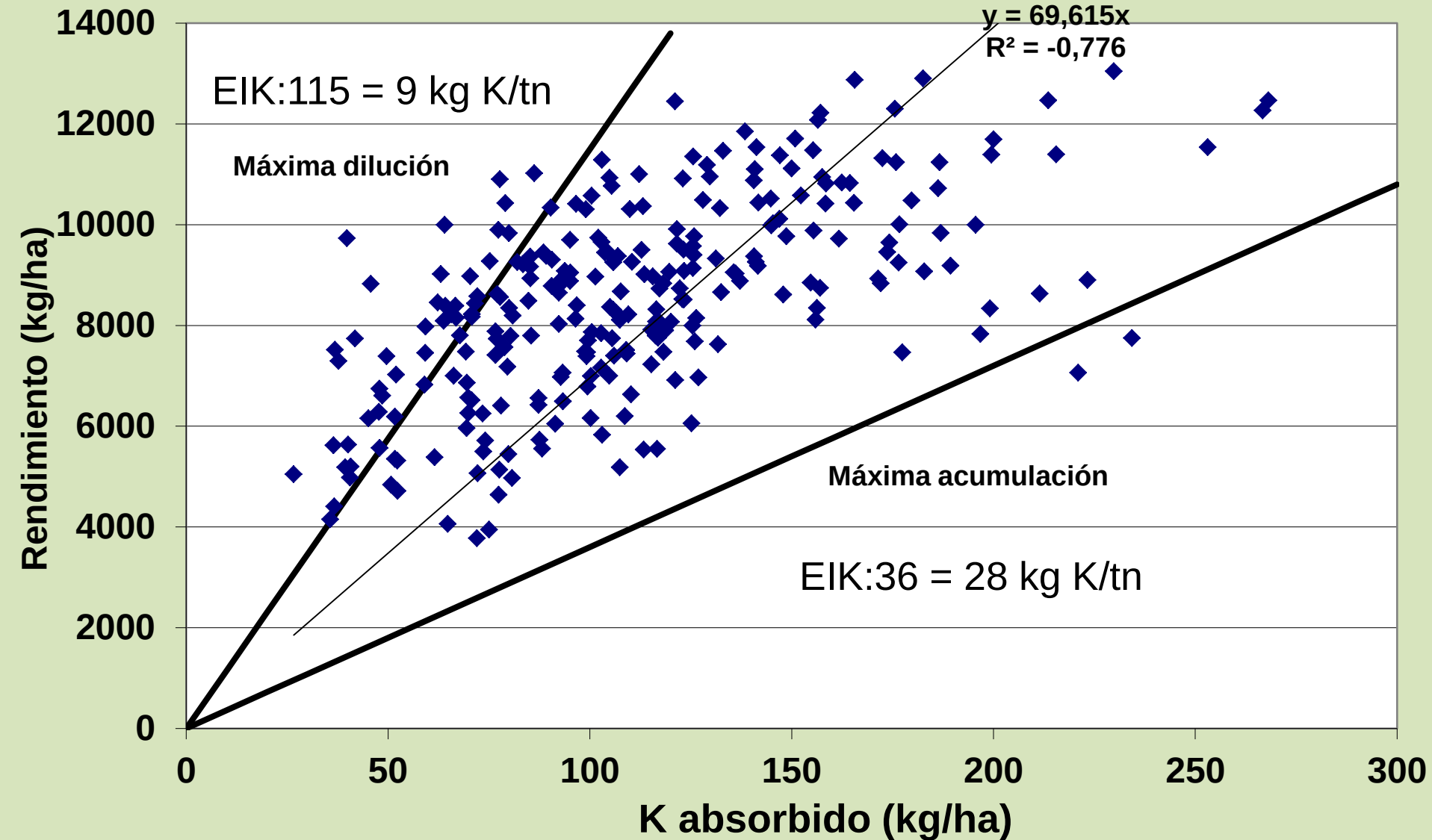
Eficiencia interna P

330 kg grano/kg P absorbido



Eficiencia Interna K

70 kg grano/kg K absorbido



Opción 3: Fertilización de reposición

(El suelo no se va agotar)

- Se calcula según tablas lo necesario para reponer los nutrientes que se van en el grano (índice de cosecha) para un determinado rendimiento.
- Ejemplo: Rendimiento esperado 8.5 tn/ha
- Demanda: N=15 kg/tn (70%)– P=4 kg/tn (75%) – K=20 kg/tn (20%)
- $N = 8.5 \times 15 \times 0.70 = 89 \text{ kg/ha} \rightarrow \text{UREA } 194 \text{ kg/ha}$
- $P = 8.5 \times 4 \times 0.75 = 25 \text{ kg/ha} \rightarrow \text{DAP } 127 \text{ kg/ha}$
- $K = 8.5 \times 20 \times 0.20 = 34 \text{ kg/ha} \rightarrow \text{KCl } 68 \text{ kg/ha}$

Opción 4: Balance entre demanda del cultivo y oferta del suelo

(Aplico lo que hace falta)

- Hay que estimar, medir o calcular la oferta de nutrientes del suelo y en base a una demanda establecida (opción 1), aplicar la diferencia contemplando una eficiencia de uso.
- Cómo sabemos cuantos nutrientes aporta el suelo? Con **ensayos** de parcelas completas y parcelas con nutrientes faltantes. (N-P-K-Zn).
- Cómo sabemos cuánto del nutriente que aplico (fertilizante) es absorbido por el cultivo (eficiencia)? Con **ensayos** de fertilización

Absorción total de nutrientes en el ciclo

Aporte del suelo ER (17 ensayos)

Tratamiento	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Zn (g/ha)
Completo	111 a	23,4 a	114 a	333 a
- P	113 a	23,9 a	118 a	315 a
- K	108 a	22,3 ab	114 a	313 a
- Zn	105 a	23,4 a	121 a	298 a
- N	89 b	20,5 b	96 b	257 b

Corrientes: N: 79 – P: 26 – K: 130 : 16 ensayos

Ejemplo: Balance entre demanda del cultivo, oferta del suelo y eficiencia

- **(Demanda-Oferta) / Eficiencia**
- $N = (128 \text{ kg/ha} - 79 \text{ kg/ha}) / 0.40 = 122 \rightarrow \text{UREA } 266 \text{ kg/ha}$
- $P = (34 \text{ kg/ha} - 26 \text{ kg/ha}) / 0.20 = 40 \rightarrow \text{DAP } 200 \text{ kg/ha}$
- $K = (170 \text{ kg/ha} - 130 \text{ kg/ha}) / 0.30 = 133 \rightarrow \text{KCl } 267 \text{ kg/ha}$

Opción 5: Fertilización en base a análisis de suelos

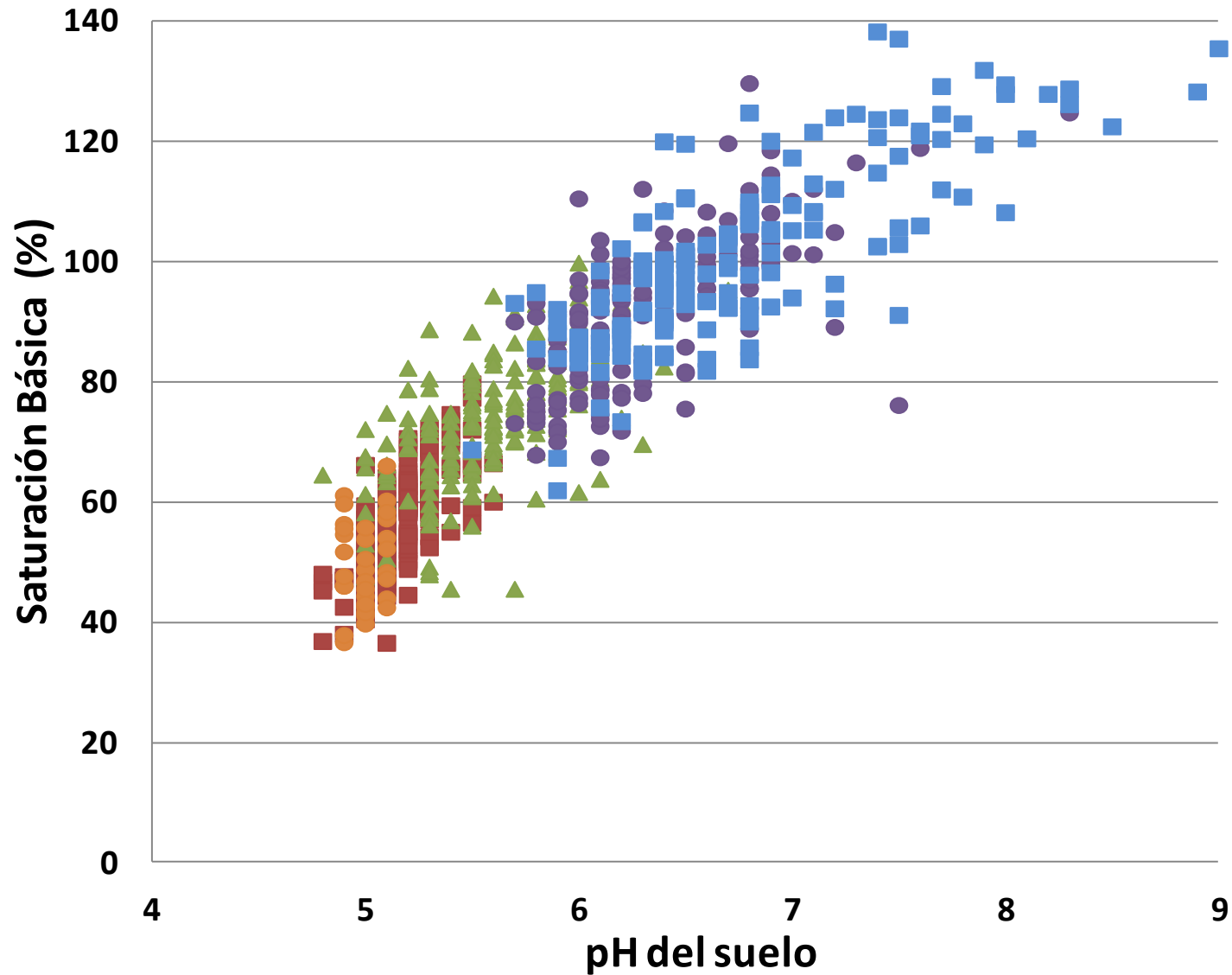
(fertilizo en base a expectativas de respuesta)

- Se basa en la evaluación de los nutrientes disponibles en el suelo por métodos químicos de laboratorio y **ensayos** de fertilización a campo, que permiten hacer interpretaciones y recomendaciones.
- Se busca máximo retorno de la fertilización.
- Tiene sentido hacerlo anualmente cuando hay variabilidad de resultados de análisis entre lotes o campos y/o entre años.

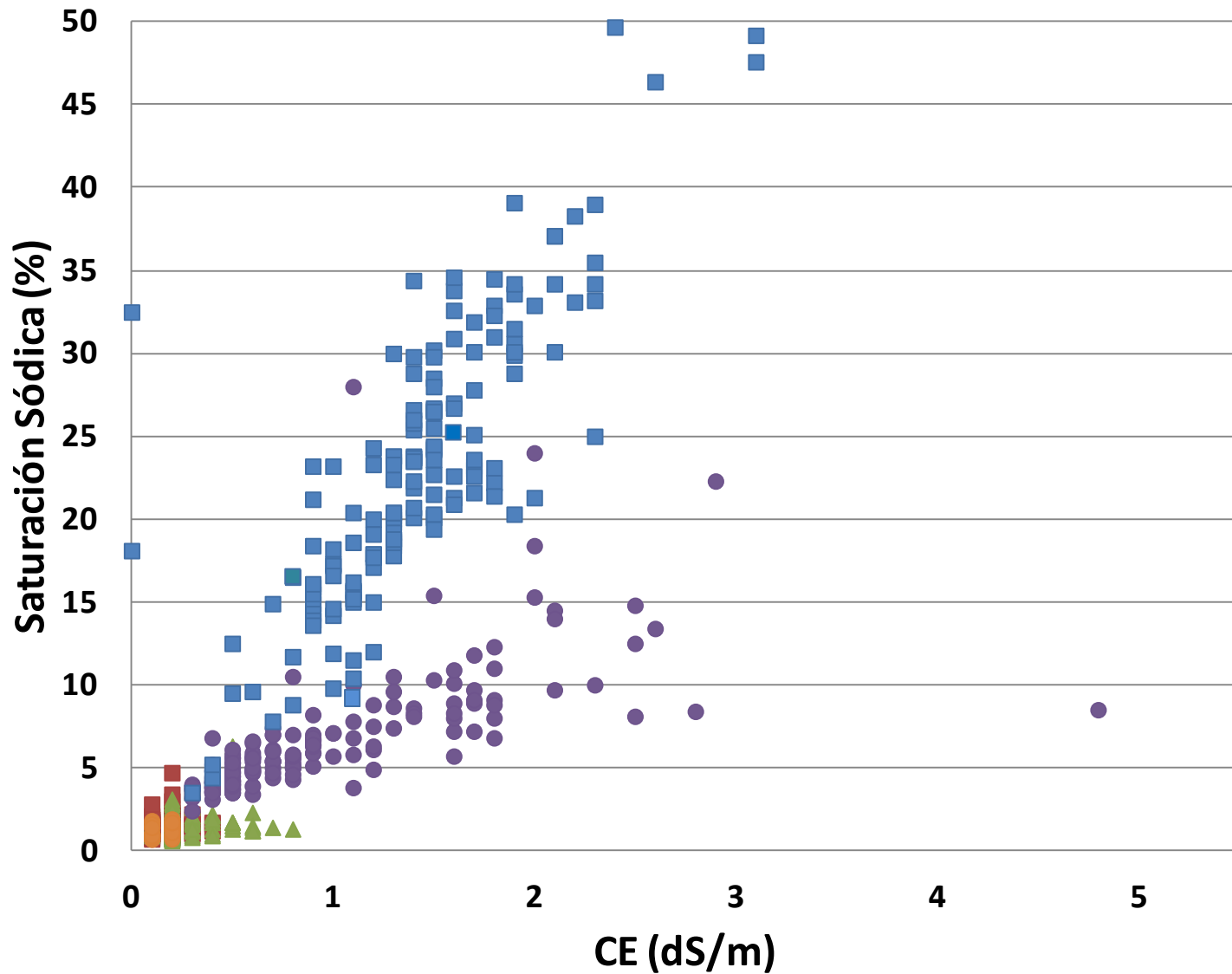
Primero revisar limitantes mayores

- Alcalinidad
- Sodicidad
- Salinidad
- Acidez

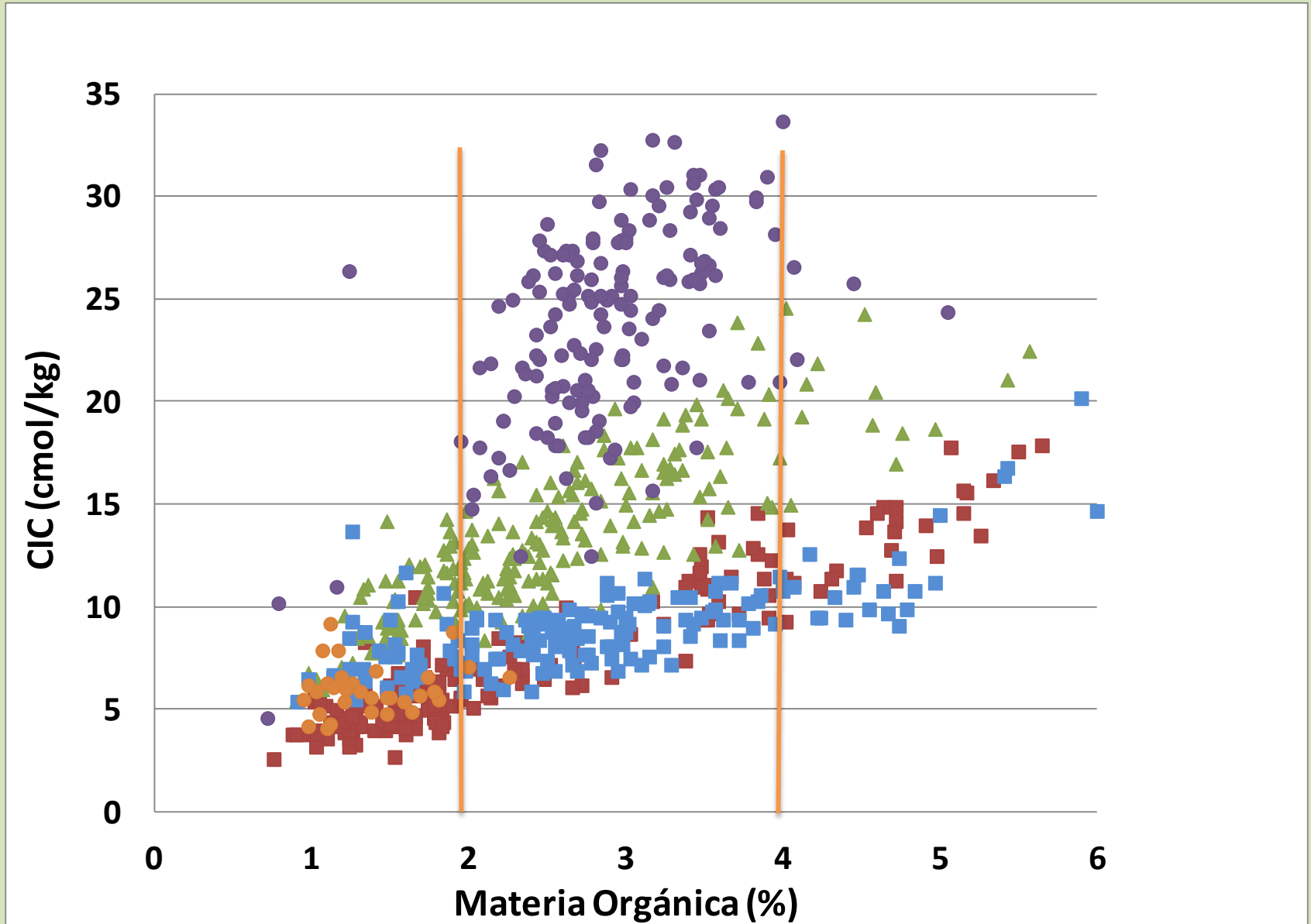
Acidez - Alcalinidad



Salinidad - Sodicidad



Condiciones generales de Fertilidad

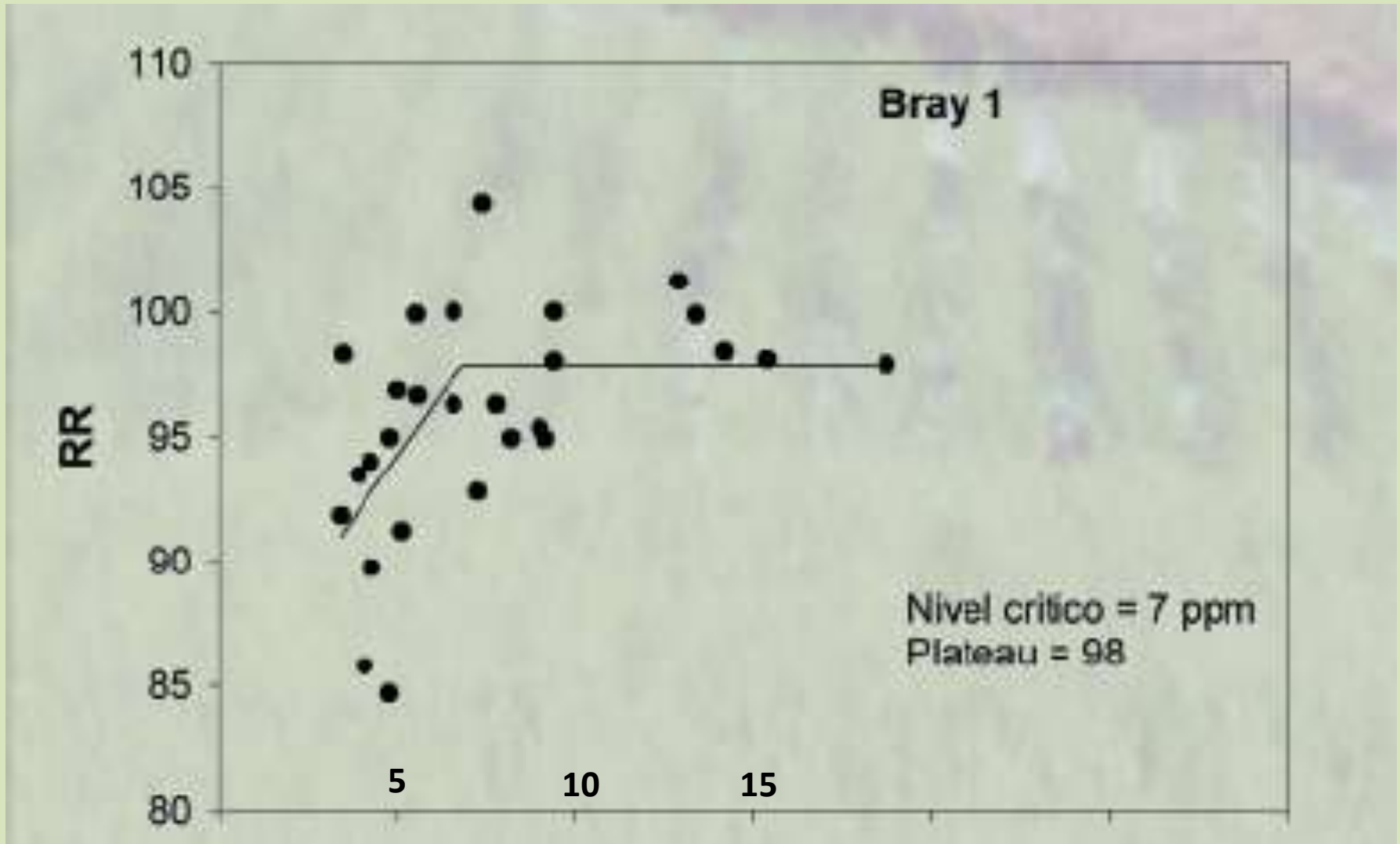


Interpretación del análisis de suelo y recomendaciones de fertilización para arroz

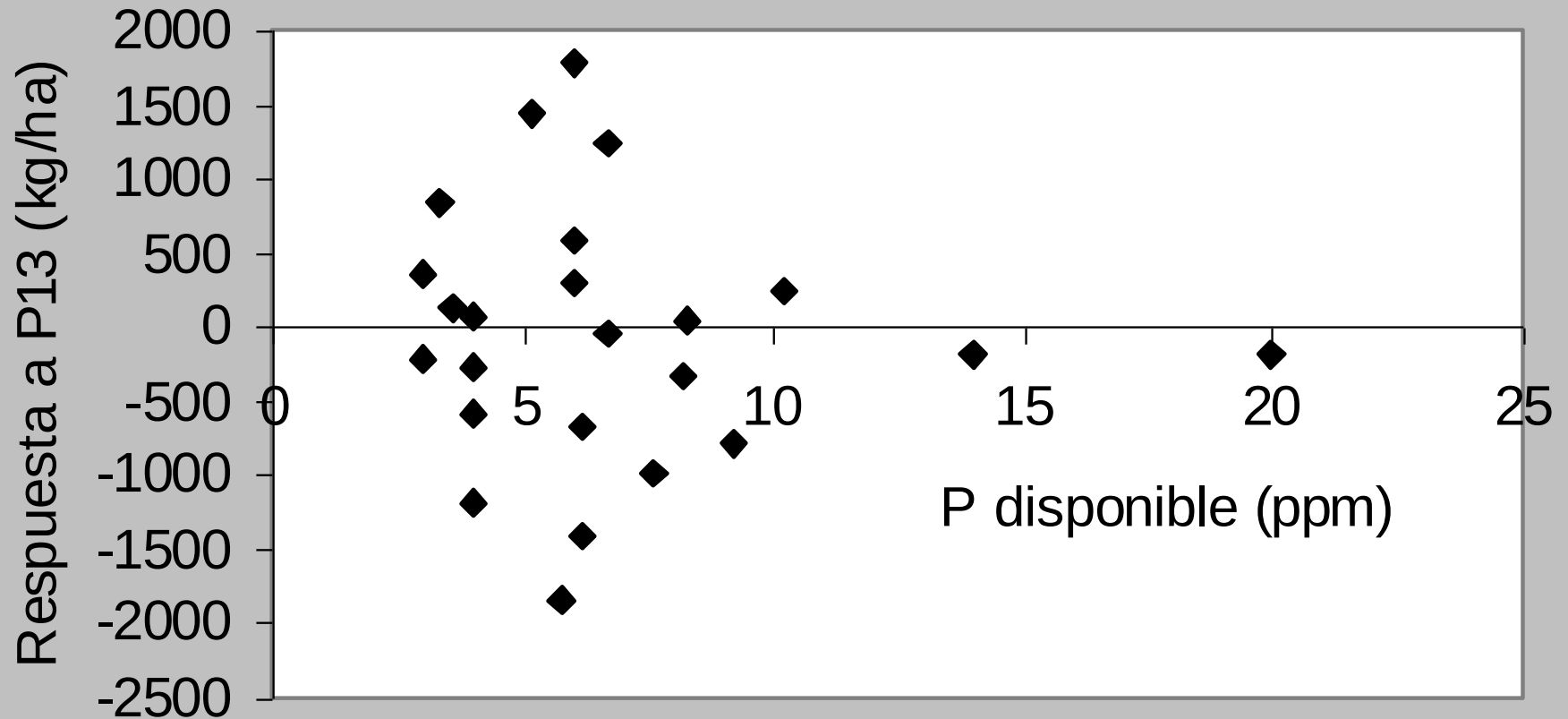
Interpretación de los análisis por Bray (Dobermmman & Fahirust, 2007)

- 7 mg P/kg (contenido bajo) respuesta segura a la aplicación de P.
- 7–20 mg P/kg (contenido medio) probable respuesta a la aplicación de P.
- > 20 mg P/kg (contenido alto) respuesta a la aplicación de P solamente a muy altos niveles de rendimiento (> 8 t/ha).

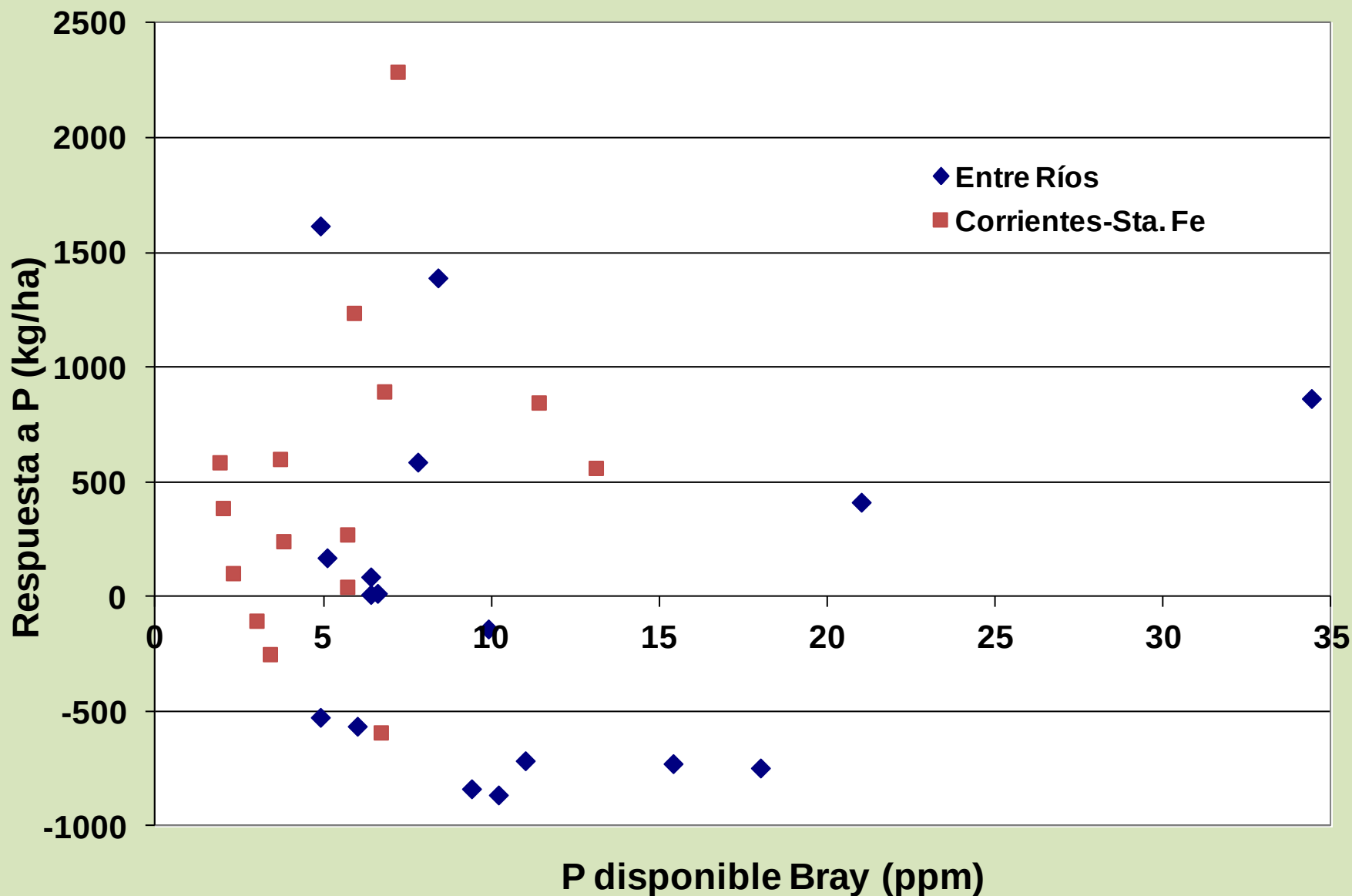
Calibración de análisis ROU (Hernández Berger, 2002)



Calibración E.R. (De Battista, 2002)

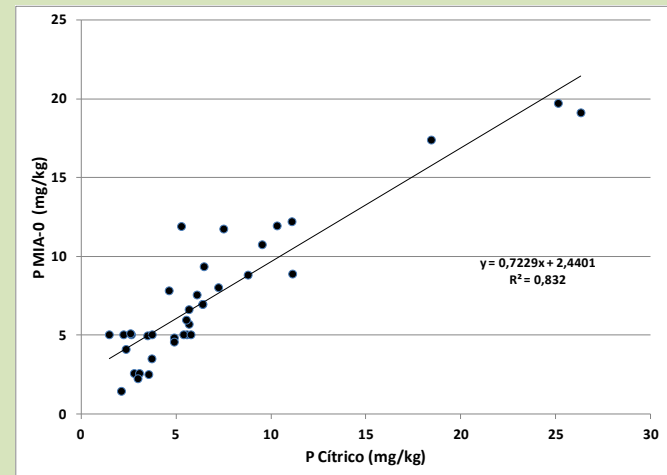
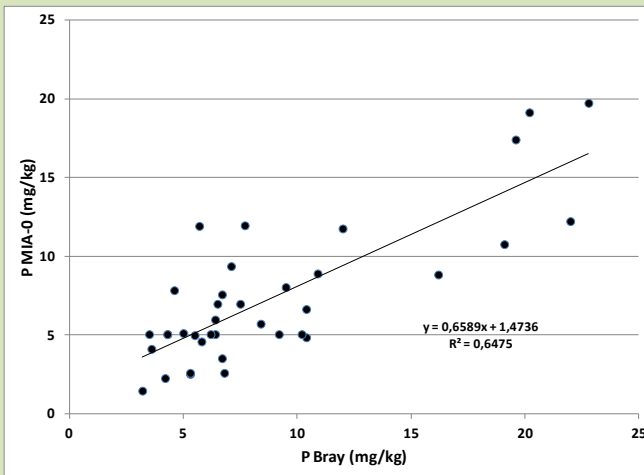
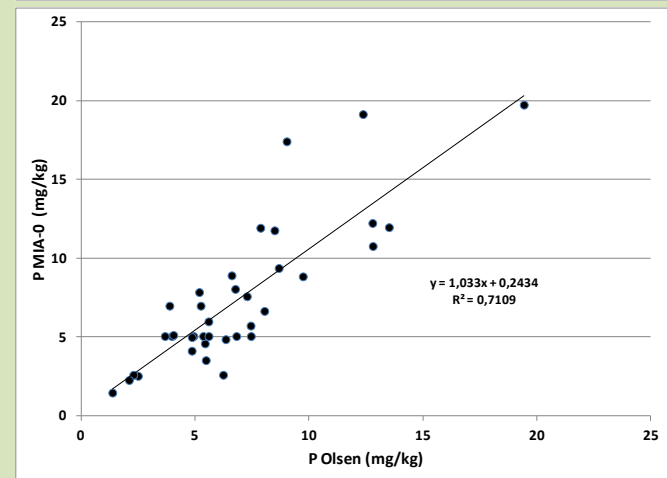
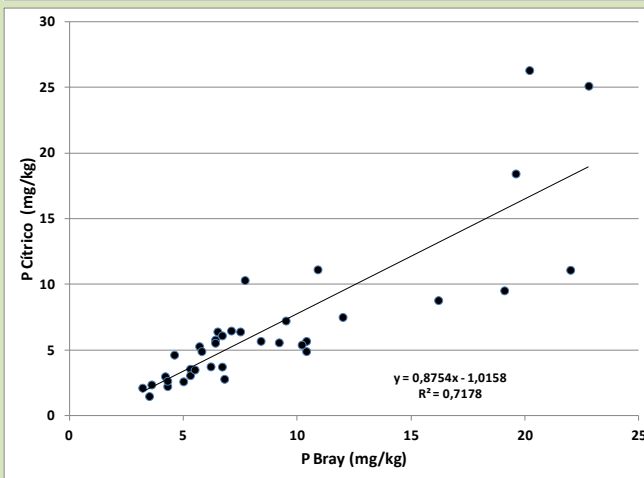
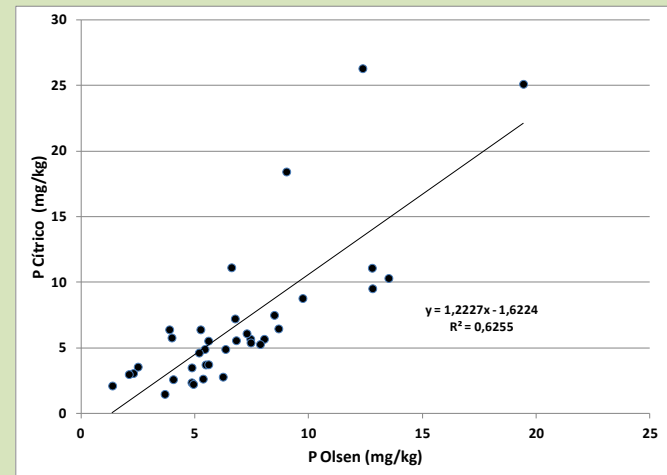
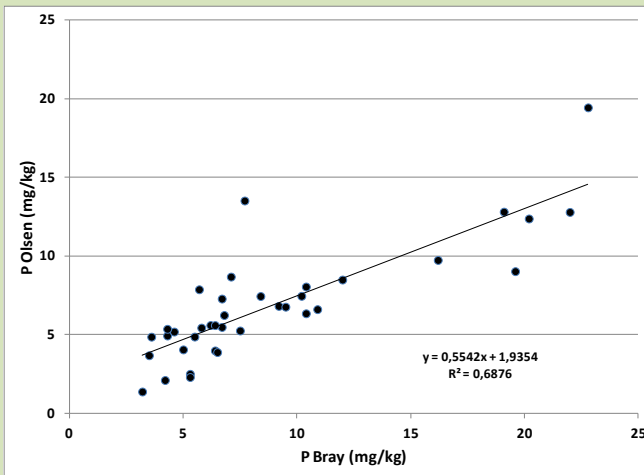


Ensayos propios – 2007-2019

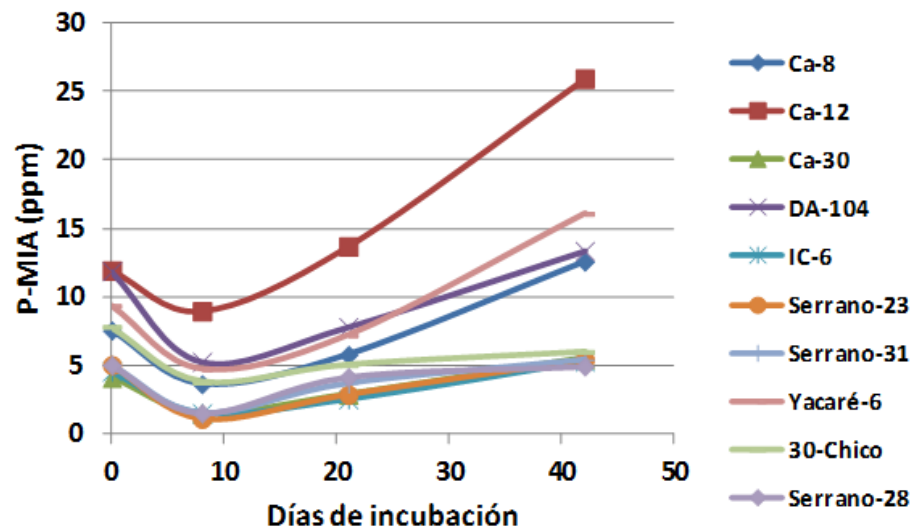
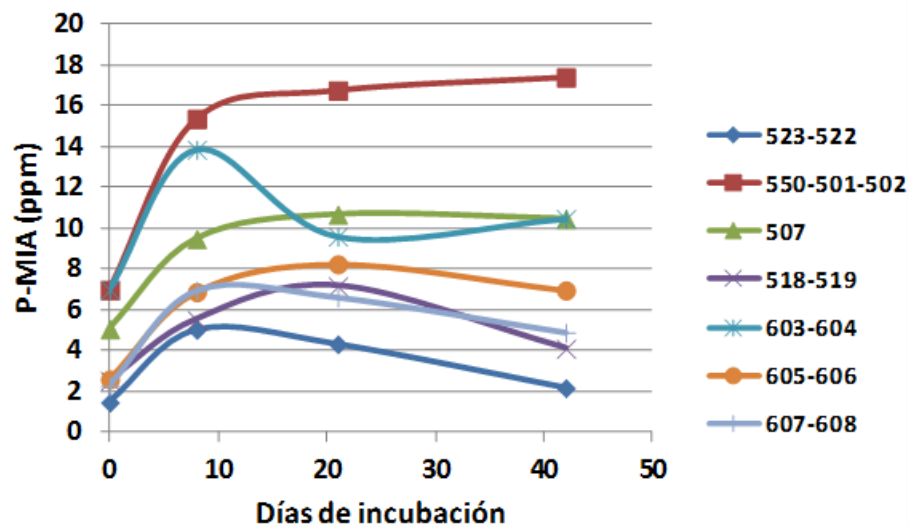
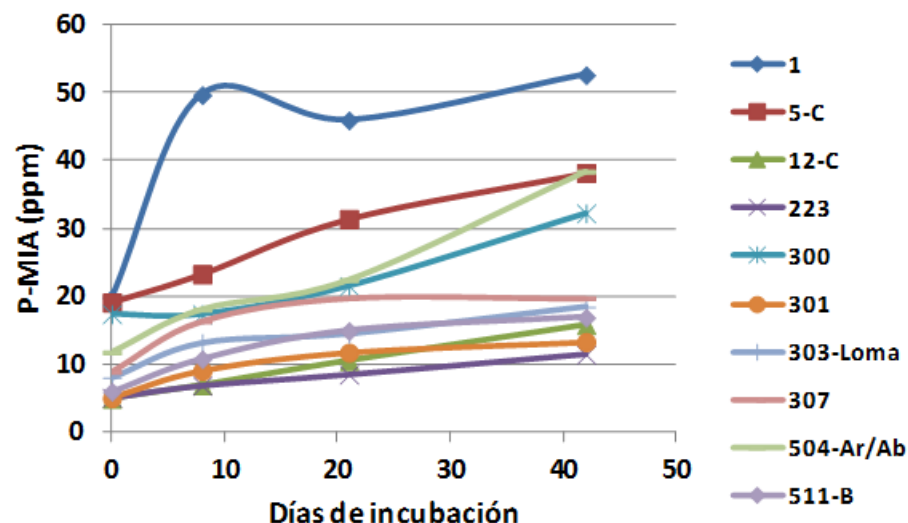
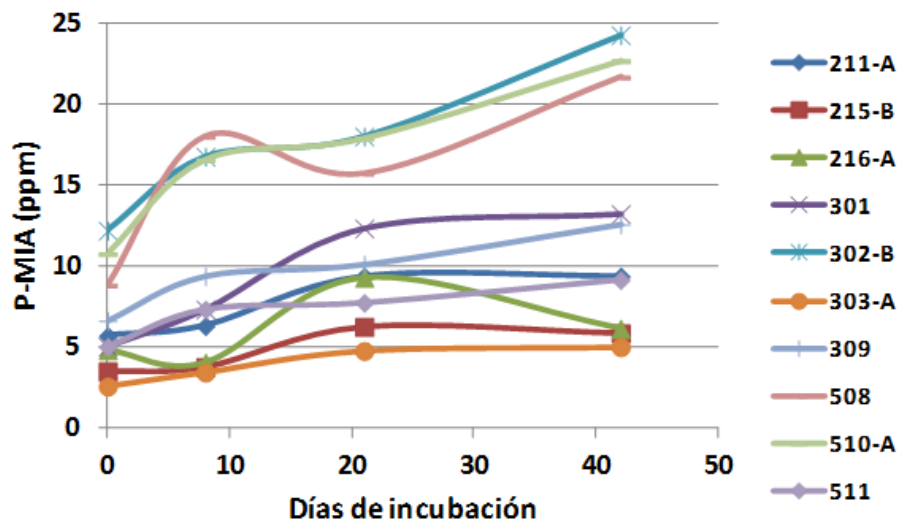


Métodos P

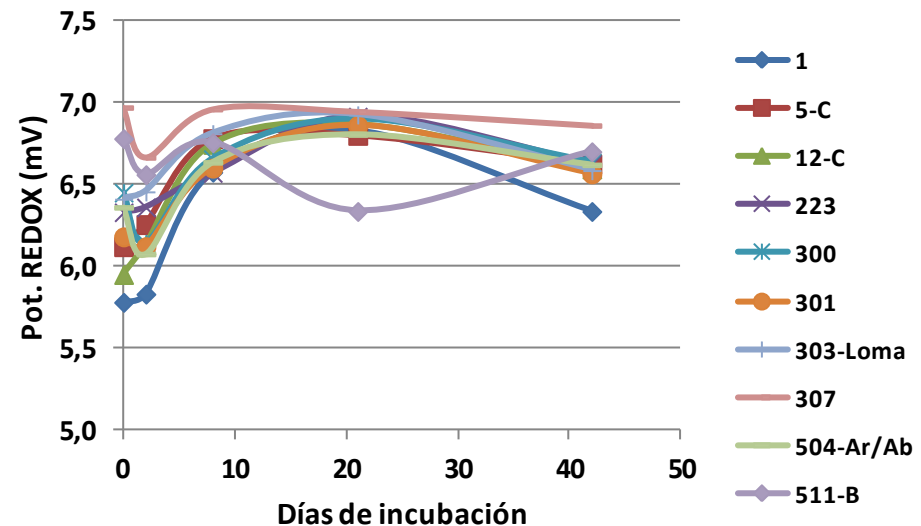
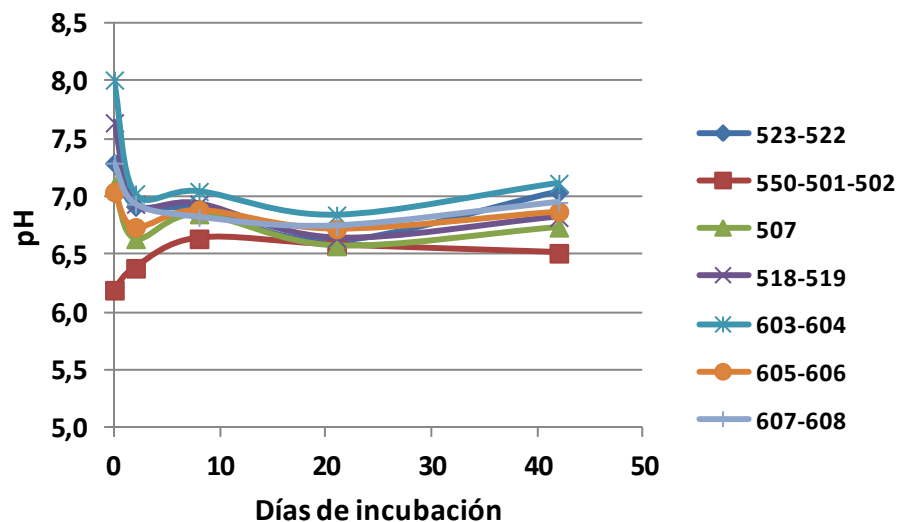
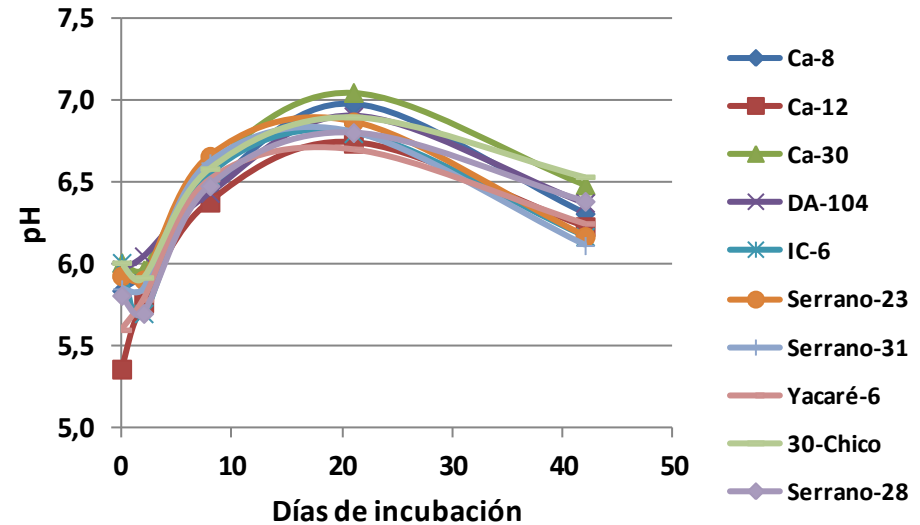
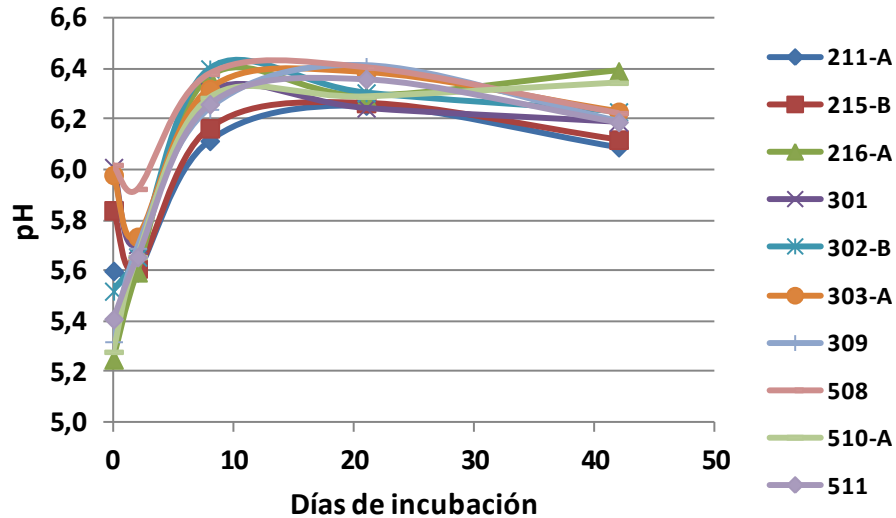
Método	Extractante	pH	Relación Suelo/ Solución	Tiempo de agitación
Bray I	NH ₄ F 0,03 N + 0,025 N de HCl	2,5	1/7	5 min
Olsen	NaHCO ₃ 0,5 M	8,5	1/20	30 min
Ac. Cítrico	Acido Cítrico 0,5 %		1/10	30 min
Membranas	Agua-Membranas Aniónicas	El del suelo	1/10	48 horas



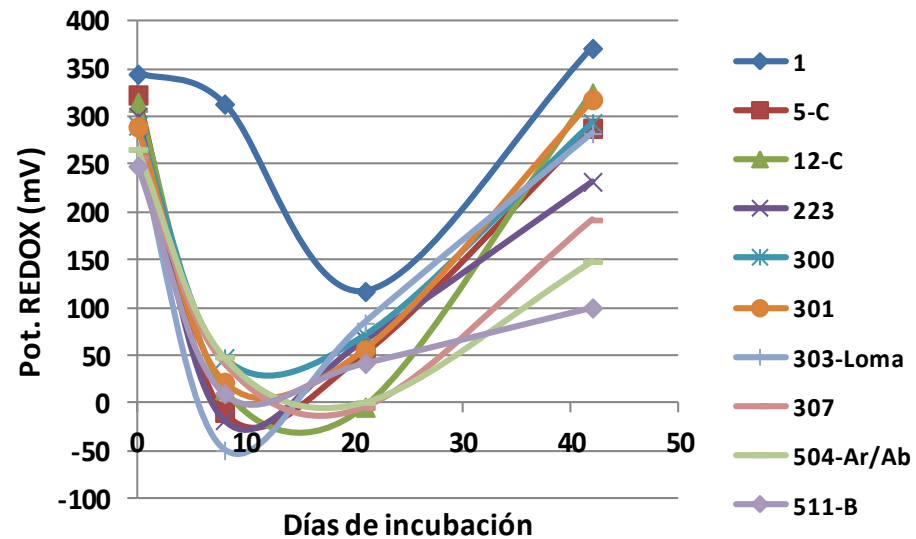
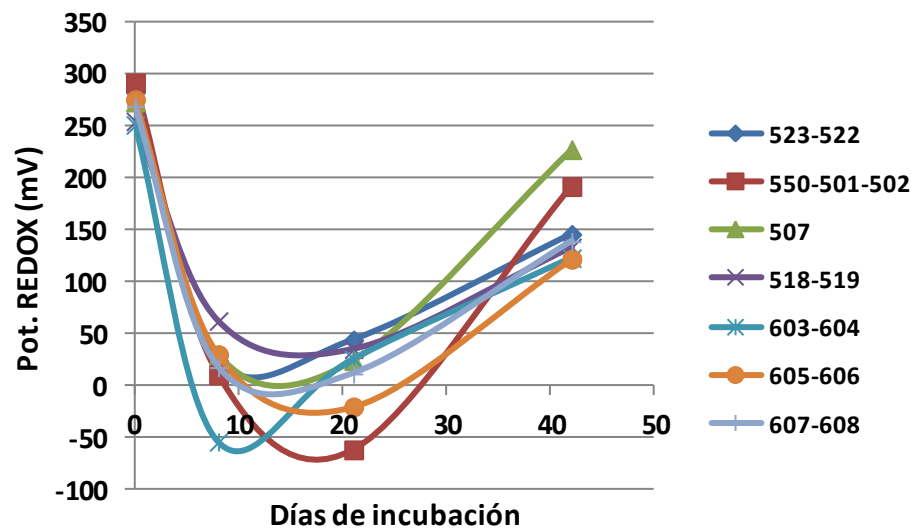
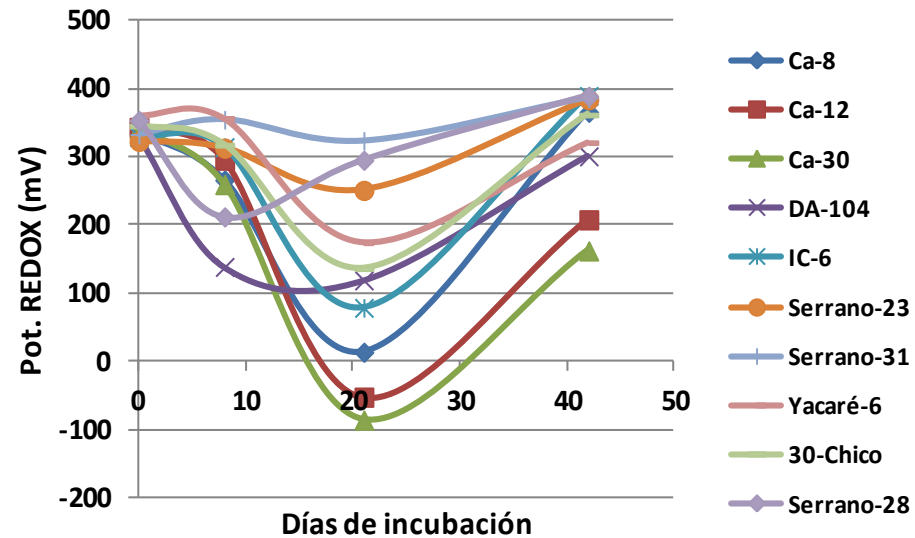
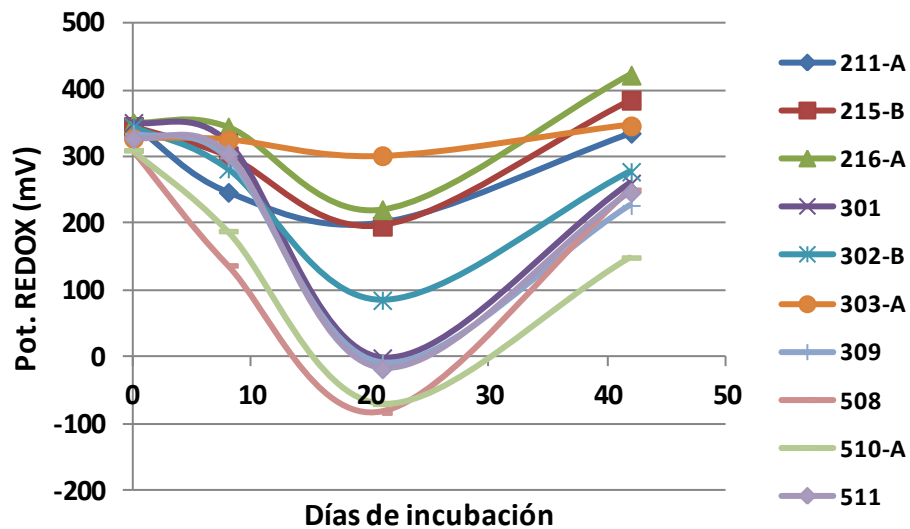
Libерación de P por inundación



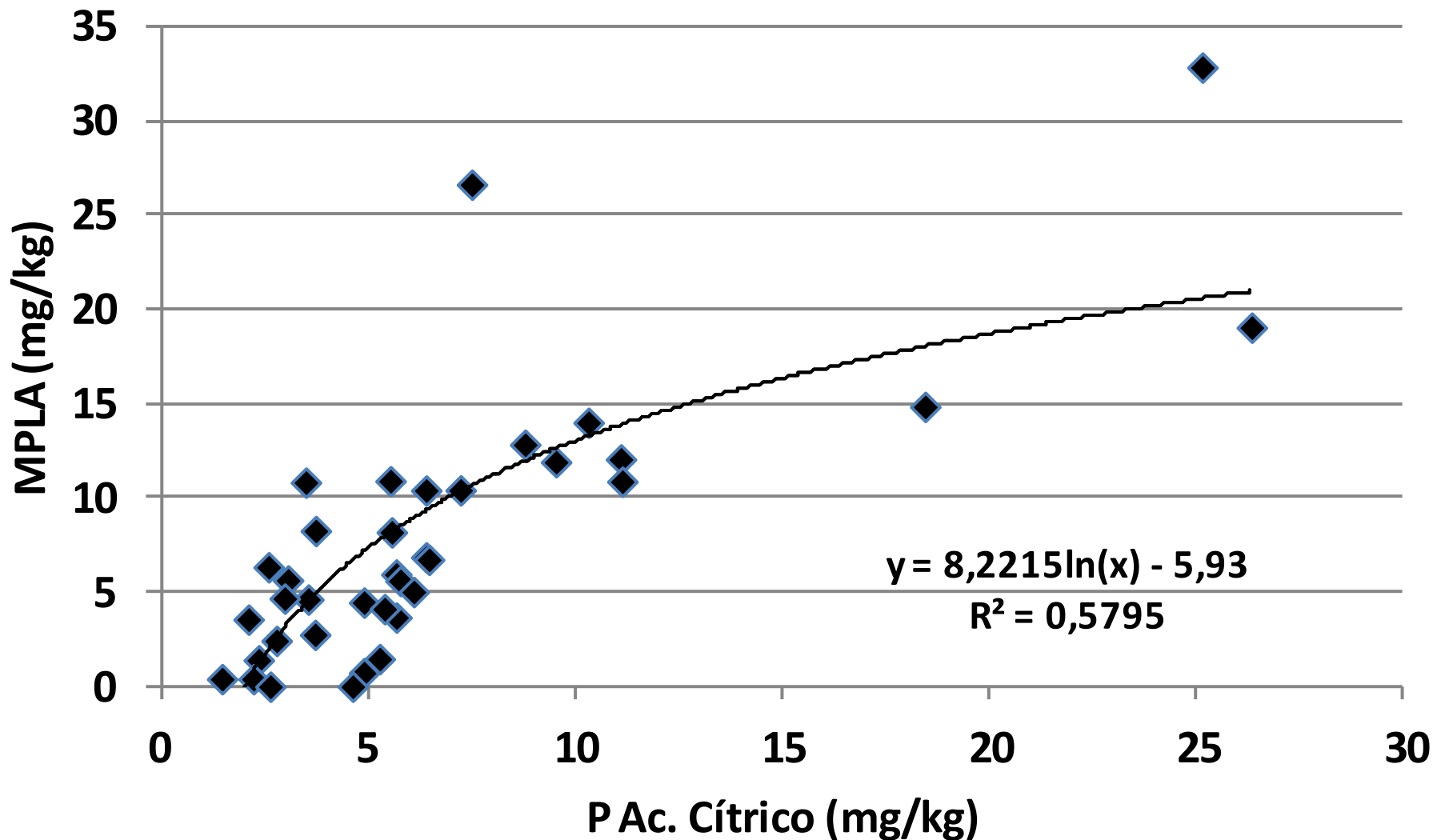
Variación del pH por la inundación



Variación del Potencial Redox



P disponible y P liberado en anaerobiosis



Recomendaciones P

SOSBAI 2018

Tabela 4.6 - Recomendação de adubação fosfatada⁽¹⁾ para o arroz irrigado, considerando a expectativa de resposta à adubação.

Interpretação do teor de P ⁽¹⁾	Expectativa de resposta à adubação		
	Média	Alta	Muito alta
	----- kg/ha de P ₂ O ₅ -----		
Muito Baixo	60	70	80
Baixo	50	60	70
Médio	40	50	60
Alto	30	40	50
Muito Alto	≤ 30	≤ 40	≤ 50

Recomendaciones de Arkansas

Soil Test Level	Soil Test P Range	Soil pH	
		< 6.5	≥ 6.5
		lb P ₂ O ₅ /A	
Very Low	< 5	50	90
Low	5 – 10	30	60
Medium	10 -15	0	50
Optimum	15 – 25	0	0
Above Optimum	> 25	0	0

La disponibilidad de los fosfatos de calcio es normalmente es baja y sigue siendo baja aún después de la inundación en suelos alcalinos pH > 6,5 ; por esto se recomienda Aplicar 30-40 unidades más de P₂O₅ . El pH del suelo es mejor indicador de la respuesta a P que el análisis de P disponible (Universidad de Arkansas-2015). Mehlich 3

Respuesta a Fósforo en suelos con distinto pH en Entre Ríos.

Suelo	Respuesta a N (kg/ha)	Respuesta a P (kg/ha)	Respuesta a K (kg/ha)	Respuesta a Zn (kg/ha)
pH < 7 (9 sitios)	1213	-410 a	176	134 a
pH > 7 (8 sitios)	1677	466 b	558	613 b

Respuesta a Fósforo en suelos con distinto P disponible y Materia Orgánica Ensayos en ER-Corrientes y Santa Fe

P disponible (ppm)	Materia Orgánica	Respuesta a P (kg/ha)
P < 8.5 (16 sitios)	MO < 3.5%	+ 481
P < 8.5 (6 sitios)	MO > 3.5%	+ 135
P > 8.5 (11 sitios)	indiferente	- 242

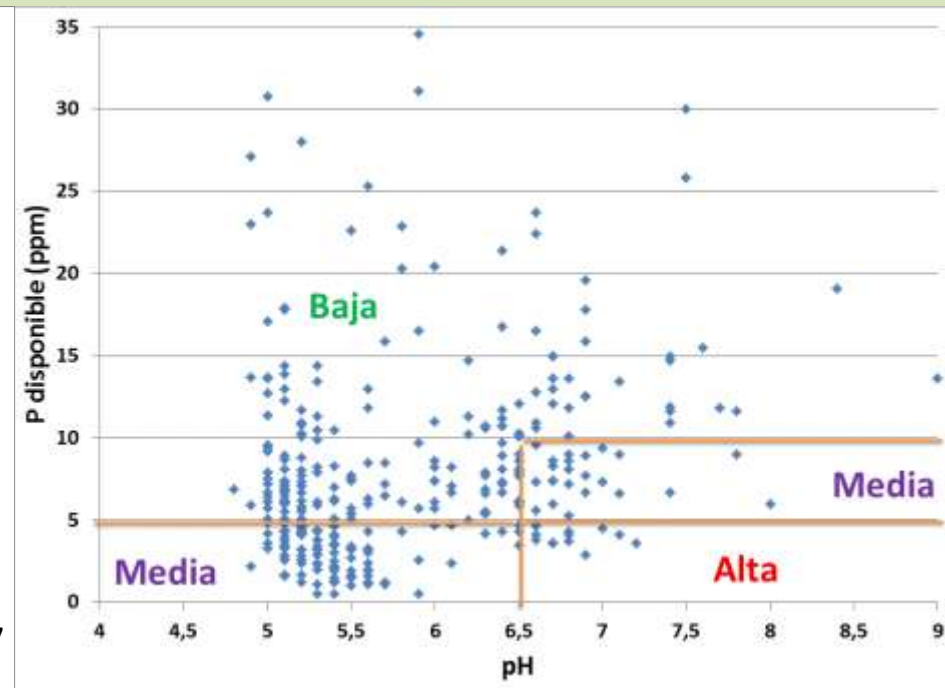
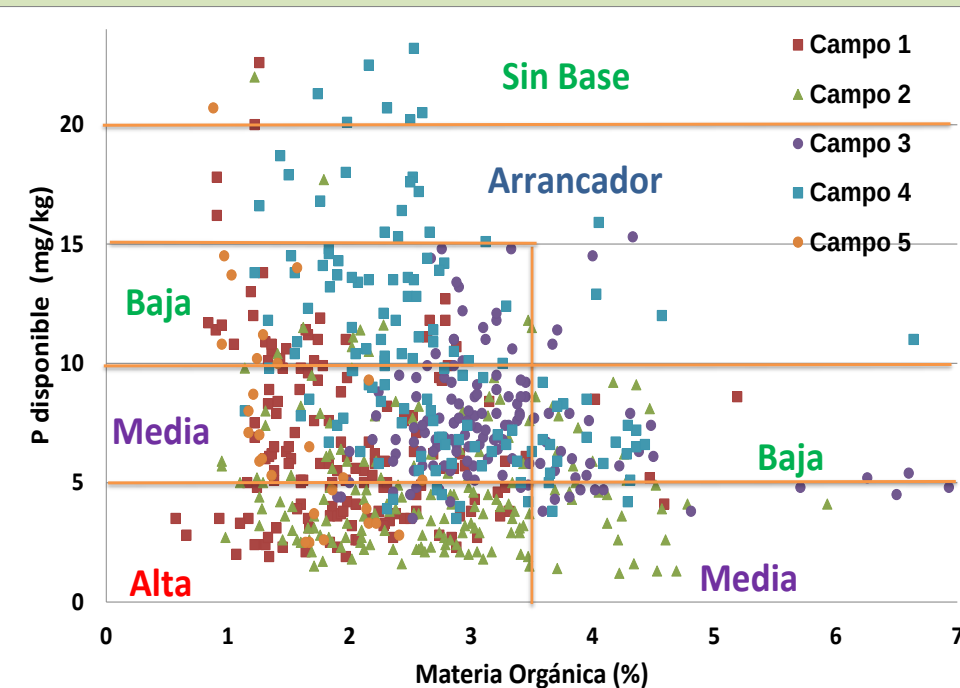
Dosis de P Recomendada (kg/ha)

(P₂O₅)

Características del suelo	P en el suelo (ppm)		
	< 5	5-10	> 10
< 3,5 % Mat. Orgánica y/o pH > 6,5	20-25 (45-60)	15-20 (35-45)	10-15 (30-35)
> 3,5 % Mat. Orgánica y/o pH < 6,5	15-20 (35-45)	10-15 (30-35)	0-10 (0-30)

Fósforo: dosis de fertilizante para cada nivel y fuente (kg/ha).

Nivel de Dosis	MAP (11-52-0)	DAP (18-46-0)	11-31-24	7-28-24
Alta (20-30)	90 – 140	100 – 150	150 – 220	160 – 245
Media (15-20)	65 – 90	75-100	110 – 150	120 – 160
Baja (10-15)	45 – 65	50 – 75	75 – 110	80 – 120





Potasio

Interpretación del análisis de K

SOSBAI - 2018

Tabela 4.4 - Interpretação da análise de potássio⁽¹⁾ (K) para fins de recomendação de adubação potássica para o arroz irrigado.

Interpretação do teor de K do solo	CTC _{pH 7,0} (cmol _c /dm ³)			
	≤ 7,5	7,6 – 15,0	15,1 – 30,0	> 30,0
	----- K (mg/dm ³) -----			
Muito Baixo	≤ 20	≤ 30	≤ 40	≤ 45
Baixo	21 a 40	31 a 60	41 a 80	46 a 90
Médio	41 a 60	61 a 90	81 a 120	91 a 135
Alto	61 a 120	91 a 180	121 a 240	136 a 270
Muito Alto	> 120	> 180	> 240	> 270

⁽¹⁾Método Mehlich-1. ⁽²⁾Caso a análise tenha sido feita pelo método Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação $KM1 = KM3 * 0,83$; onde: KM1 = potássio por Mehlich-1 (mg/dm³) e KM3 = potássio por Mehlich-3 (mg/dm³).

Recomendaciones K

SOSBAI - 2018

Tabela 4.7 - Recomendação de adubação potássica^(1,2) para o arroz irrigado, considerando a expectativa de resposta à adubação.

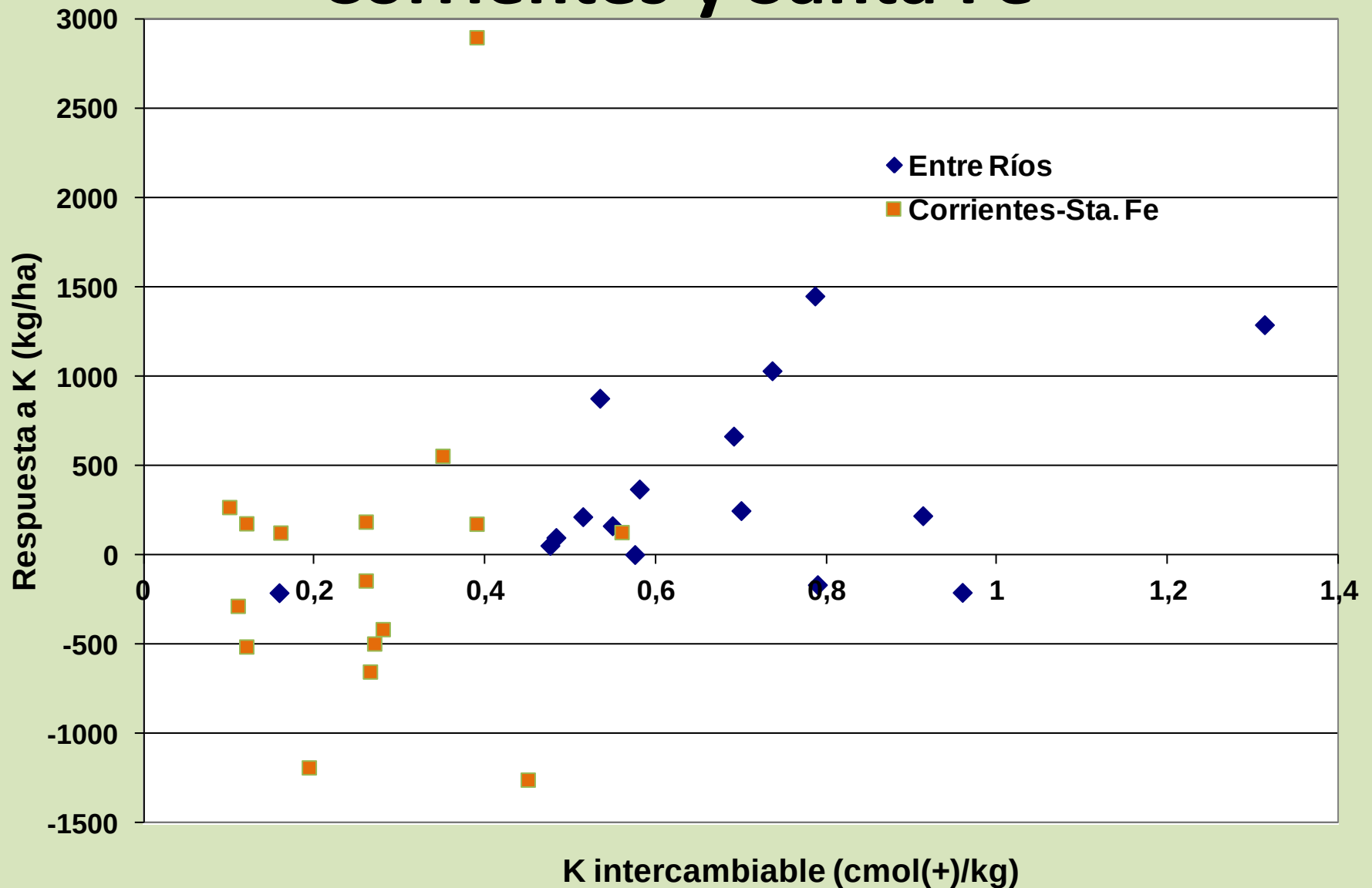
Interpretação do teor de K ⁽²⁾	Expectativa de resposta à adubação		
	Média	Alta	Muito Alta
	----- kg/ha de K ₂ O -----		
Muito Baixo	95	110	125
Baixo	75	90	105
Médio	55	70	85
Alto	35	50	65
Muito Alto	≤ 35	≤ 50	≤ 65

⁽¹⁾ Para solos de elevada CTC_{pH 7,0} (acima de 15,0 cmol_c/dm³), acrescentar aos valores indicados na tabela, 20 kg/ha de K₂O⁽²⁾Método Mehlich - 1.

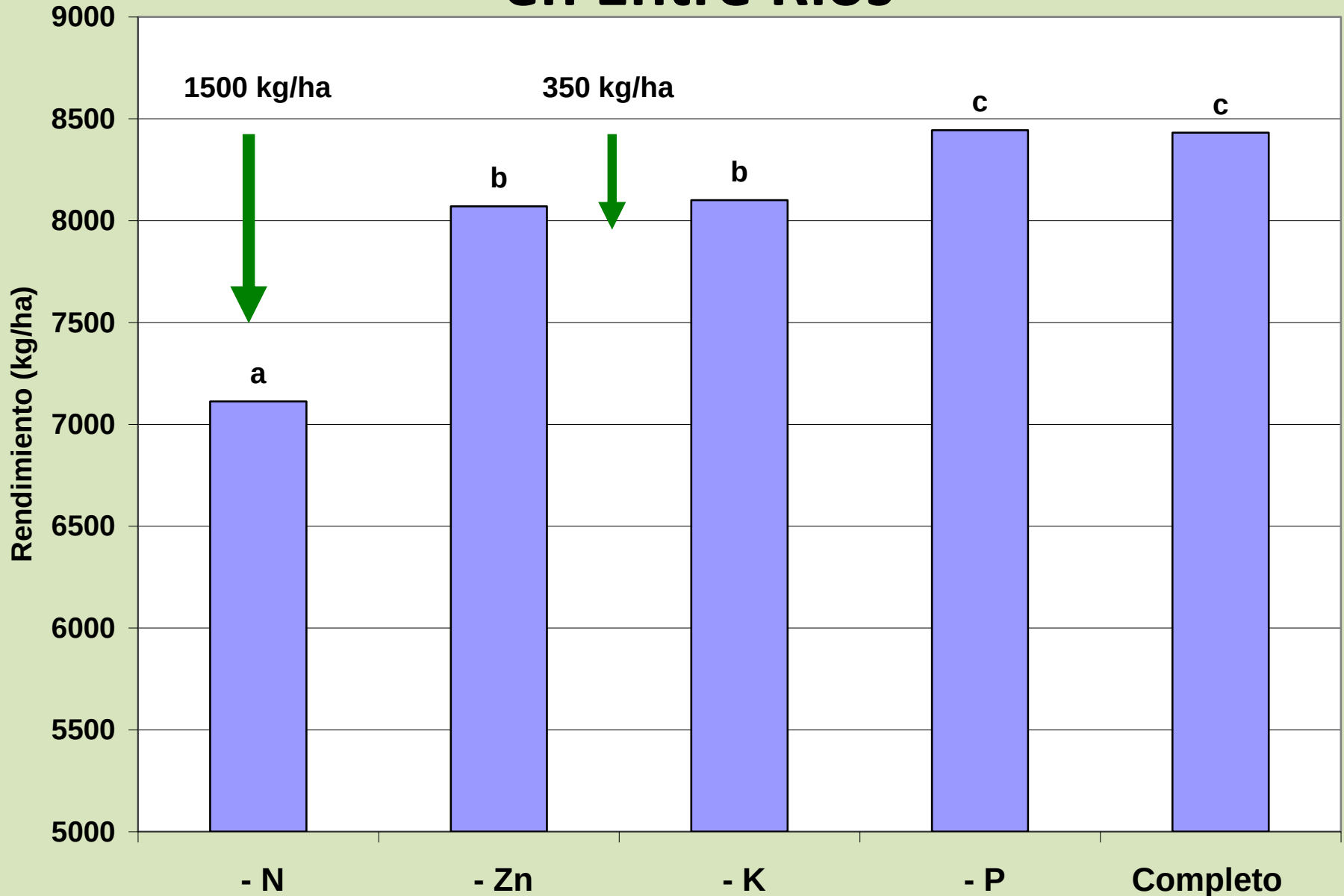
Interpretación y recomendación Arkansas

Soil Test Level	Soil Test K Range	K Fertilizer Rate
		lb K ₂ O/A
Very Low	≤ 60 ppm	120
Low	61-90 ppm	90
Medium	91-130 ppm	60
Optimum	131-175 ppm	0
Above Optimum	≥ 175 ppm	0

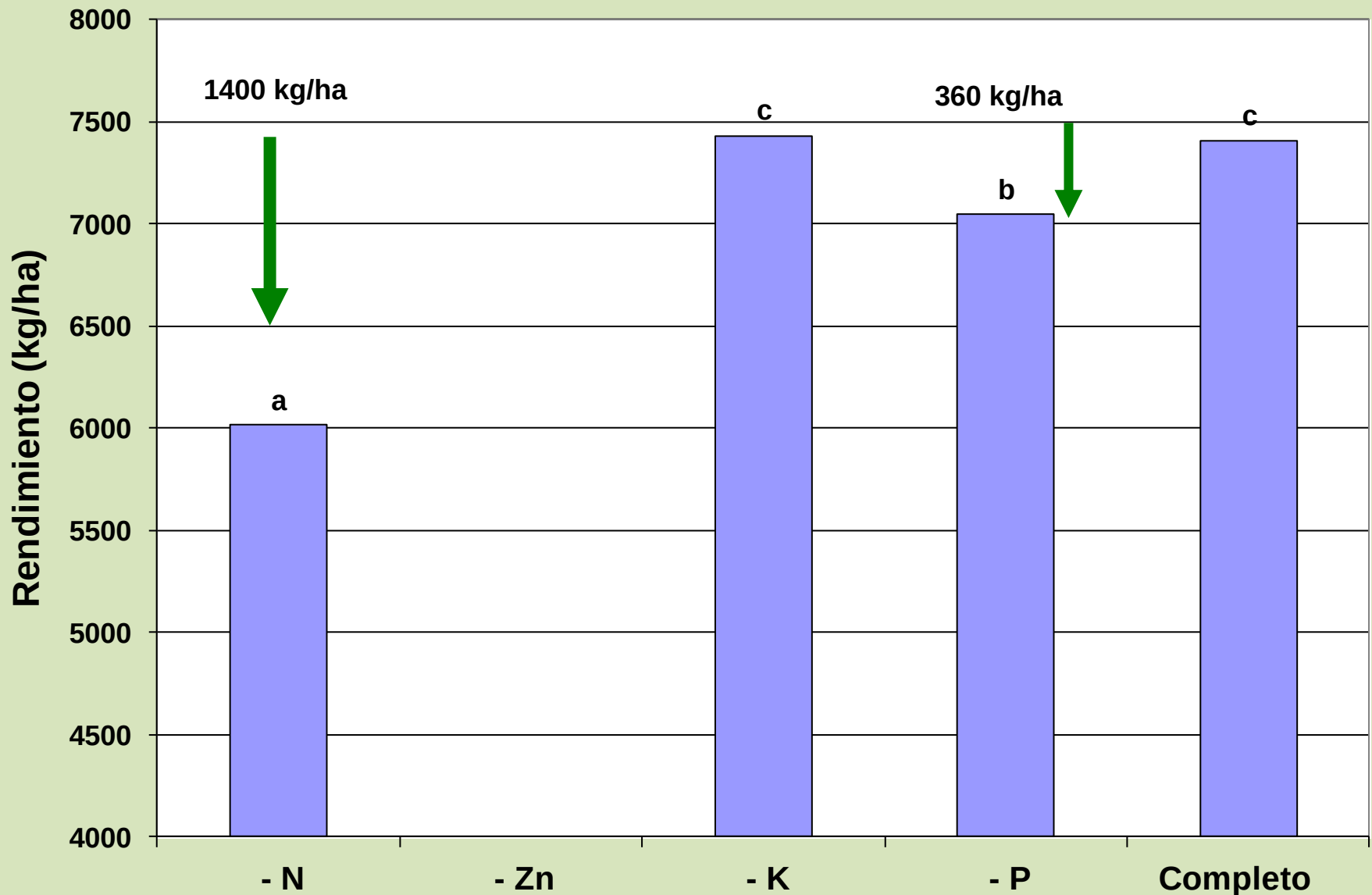
Respuesta a K en Entre Ríos Corrientes y Santa Fe



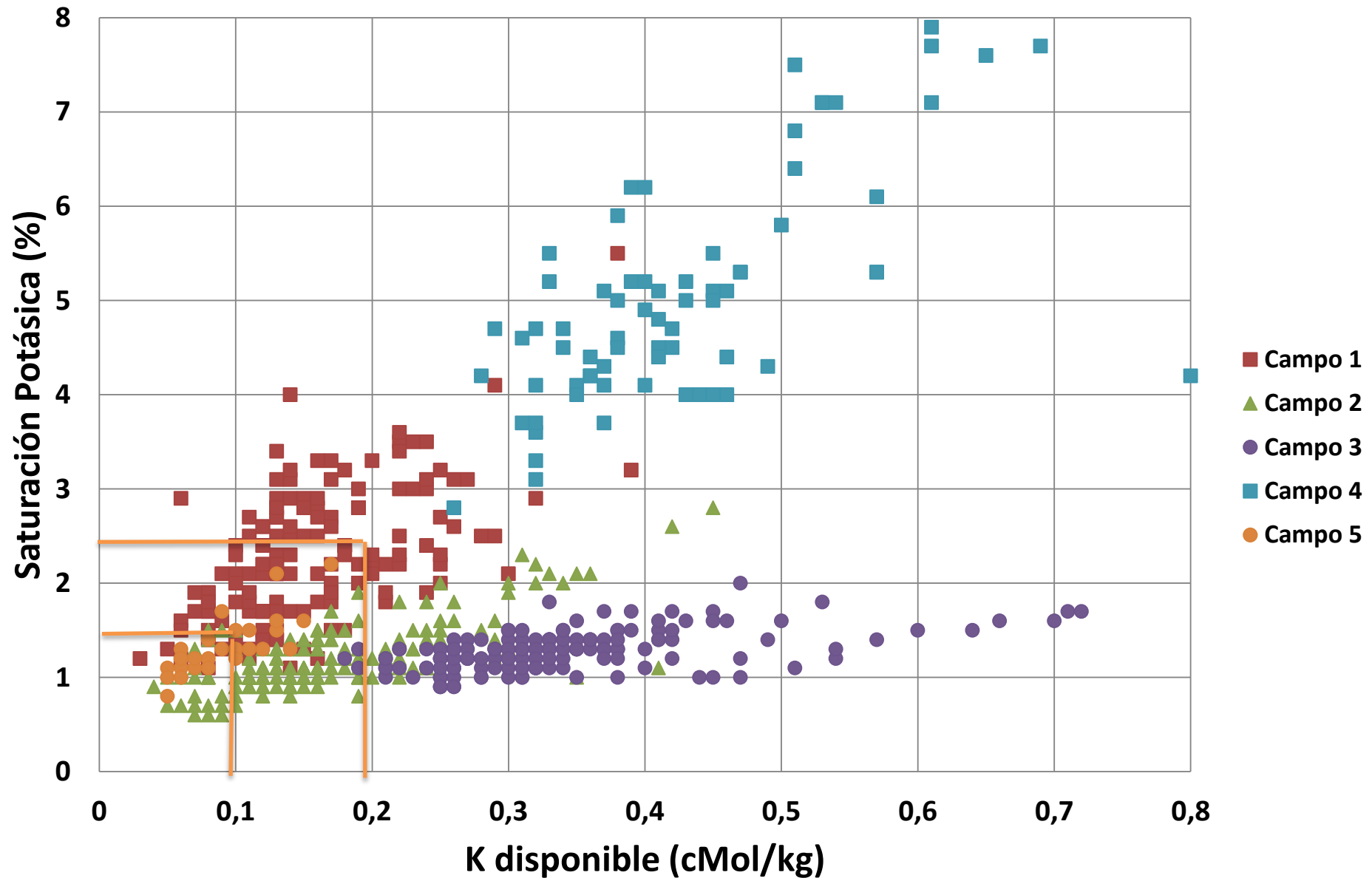
Rendimiento promedio 17 ensayos en Entre Ríos



Rendimiento promedio 16 ensayos en Corrientes y Santa Fe



Saturación y Disponible



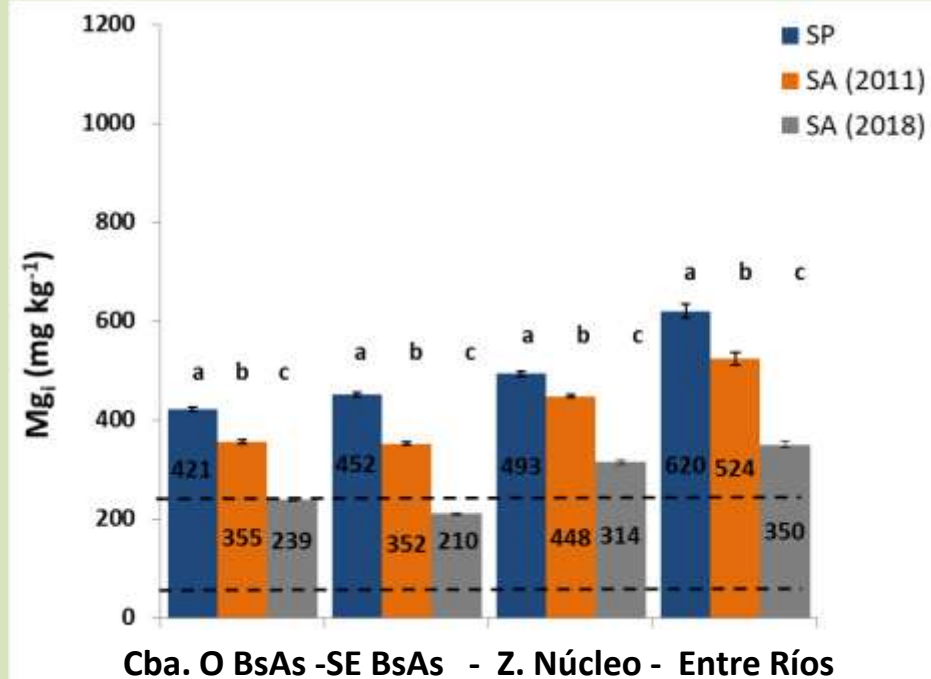
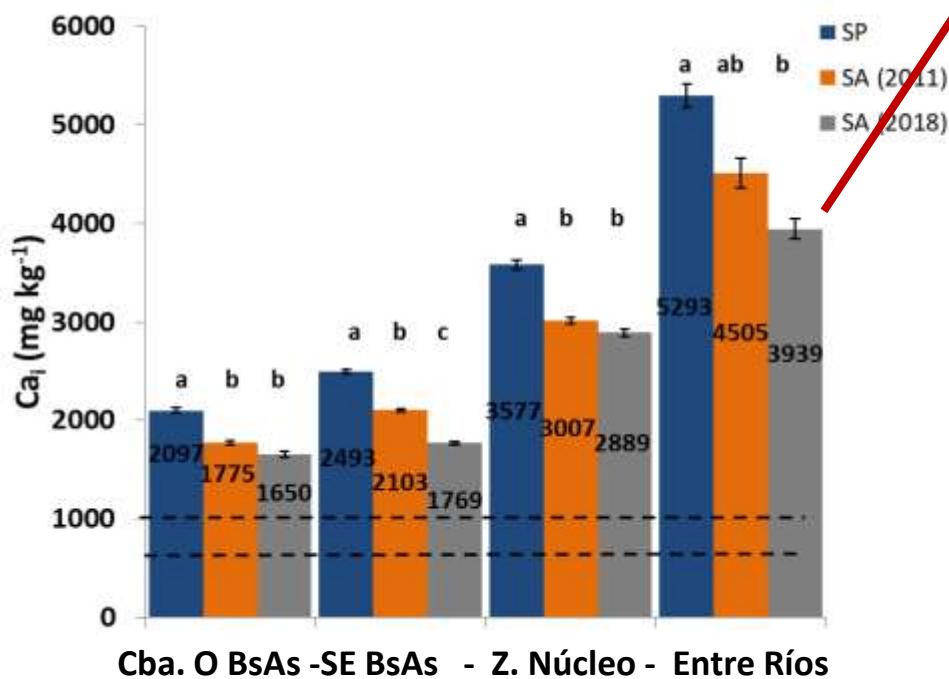
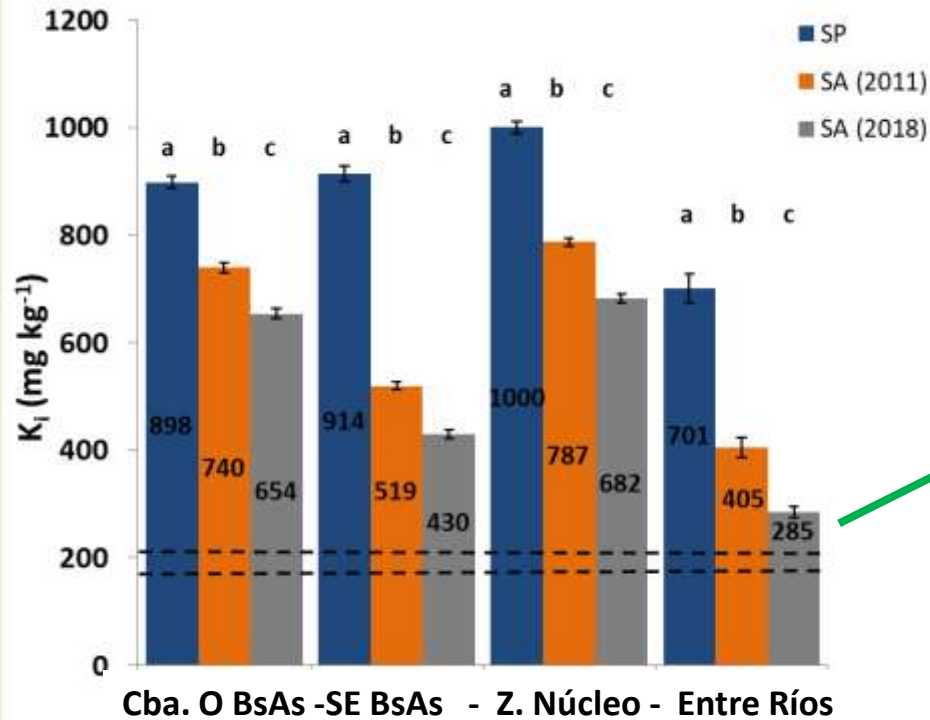
Relación entre Cationes

Sainz Rosas 2019

$K=0.73 \text{ cmol(+)}/\text{kg}$

$Ca=19.7 \text{ cmol(+)}/\text{kg}$

$Ca/K = 28$



Dosis Total orientativas de K (kg/ha). (K₂O)

	Rendimiento Alcanzable o Expectativa	
Potasio disponible	Medio Bajo 6.000-8.000 kg/ha	Medio Alto 8.000-10.000 kg/ha
Muy Bajo (< 0,1 cmol/kg) < 40 ppm – (< 1 % K)	50 (60)	75 (90)
Bajo (0,1-0,2 cmol/kg) 40 - 80 ppm (1-2 % K)	35 (42)	50 (60)
Medio (0,2-0,3 cmol/kg) 80 - 120 ppm (2-3 % K)	20 (24)	25 (30)
Alto (>0,3 cmol/kg) >120 ppm (> 3 % K)	0	0

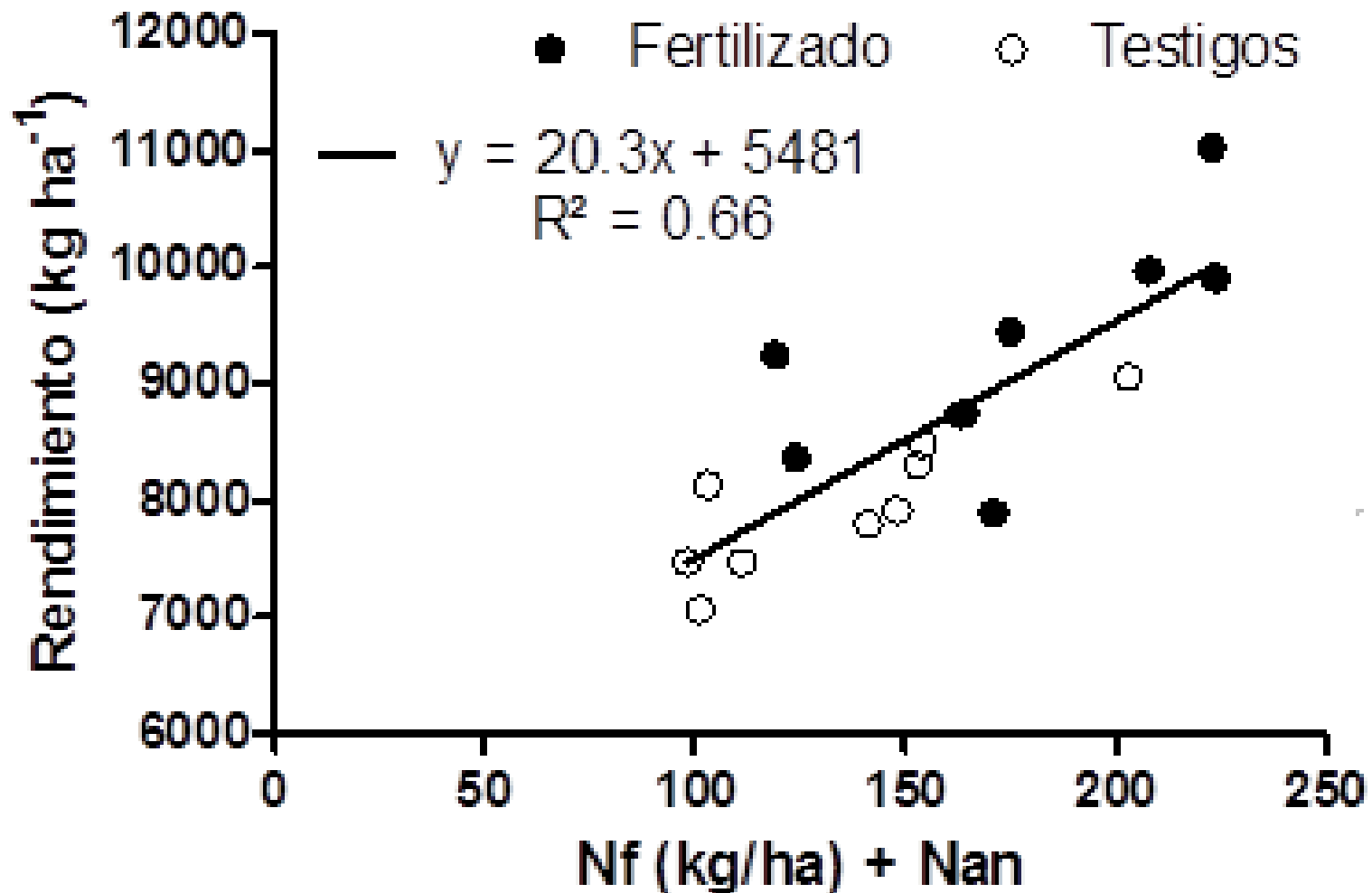


Nitrógeno

La dosis de N ??

- Depende de la Materia orgánica/textura, o la capacidad del suelo de mineralizar N.
- Expectativa de rendimiento: Manejo, condiciones del año, etc.
- Variedades: ciclo, susceptibilidad al vuelco o a enfermedades
- Rotación. Rotación
- Estado del cultivo
- Etc.

N anaeróbico



Recomendaciones N

SOSBAI - 2018

Tabela 4.5 - Recomendação de adubação nitrogenada⁽¹⁾ para o arroz irrigado, considerando a expectativa de resposta à adubação.

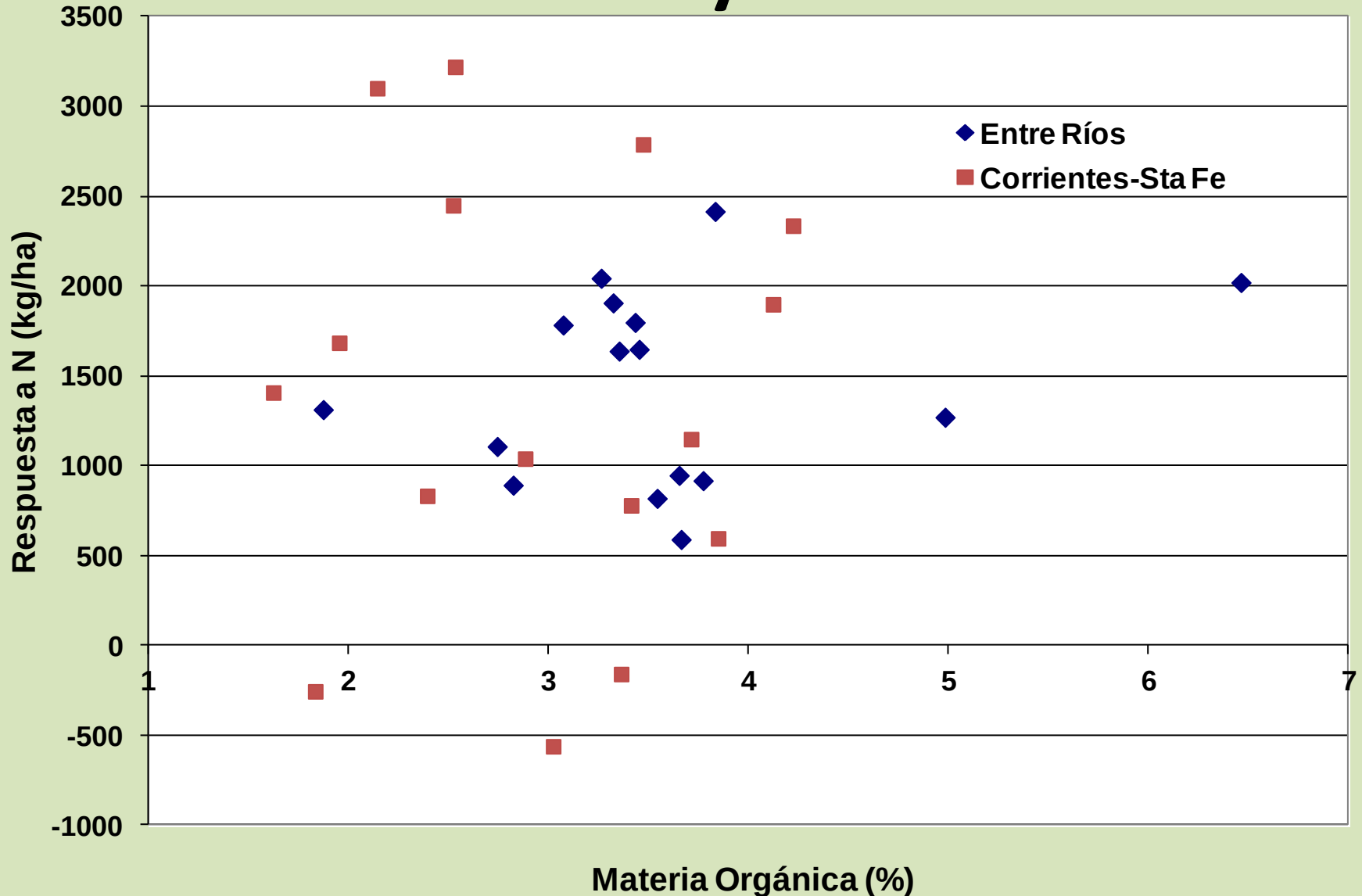
Teor de matéria orgânica do solo	Expectativa de resposta à adubação		
	Média	Alta	Muito Alta
%	----- kg/ha de N -----		
≤ 2,5	90	120	150
2,6 - 5,0	80	110	140
> 5,0	≤ 70	≤ 100	≤ 100

⁽¹⁾ Para recomendar à expectativa de resposta muito alta, deve-se considerar condições ideais de manejo, o uso de variedades de alto potencial produtivo e tolerantes ao acamamento, e ocorrência de condições climáticas favoráveis, que propiciem resposta muito alta ao nitrogênio.

Dosis Total orientativas de N (kg/ha).

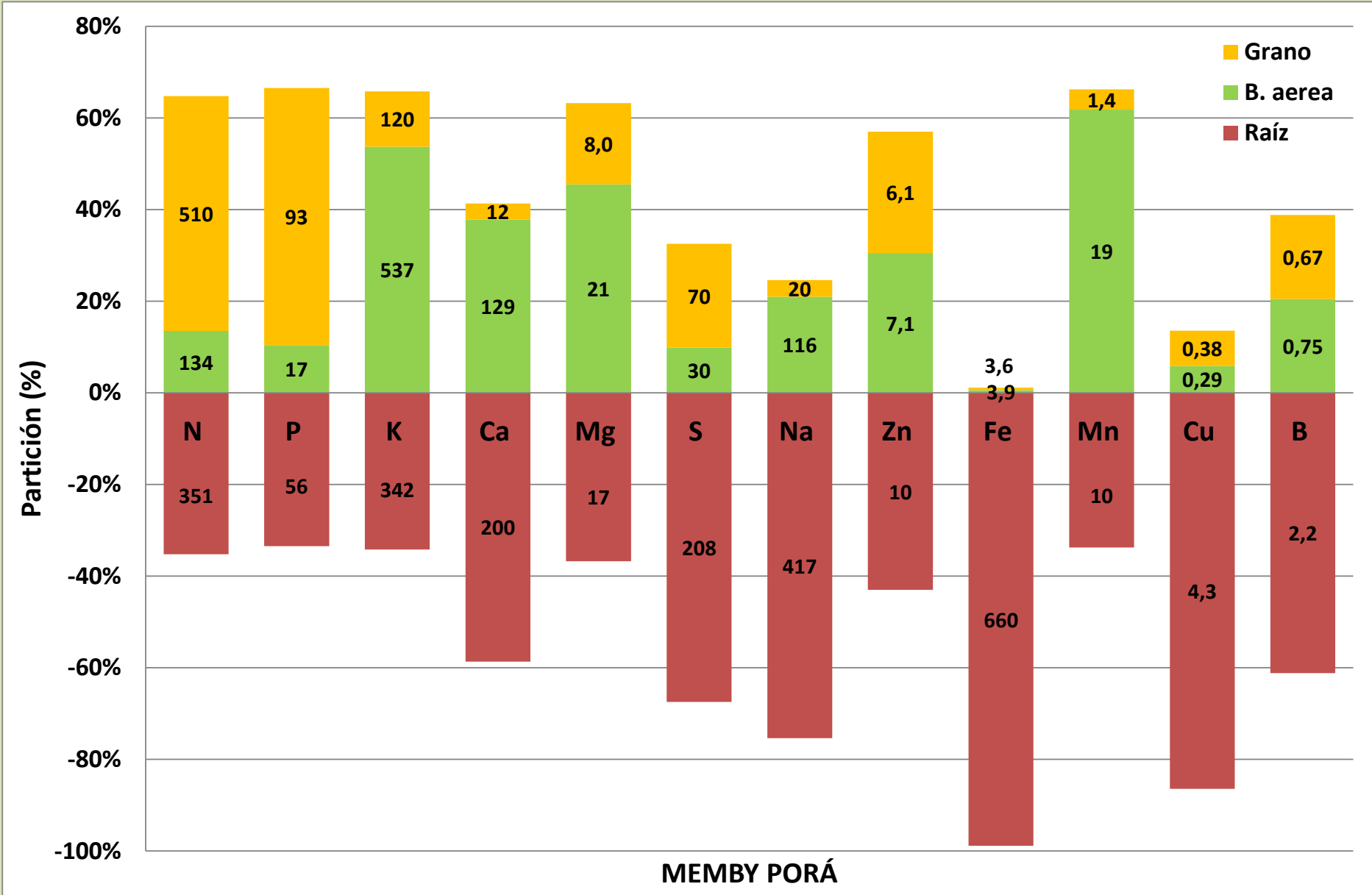
	Rendimiento Alcanzable o Expectativa		
Materia Orgánica	Bajo < 6000 kg/ha	Medio 6000 a 8000 kg/ha	Alto > 8000 kg/ha
Baja (< 2,5%)	50-60	80-100	100-150
Media (2,5-5 %)	30-40	50-80	80-100
Alta (> 5 %)	0	30-40	50-70

Respuesta a N en Entre Ríos Corrientes y Santa Fe



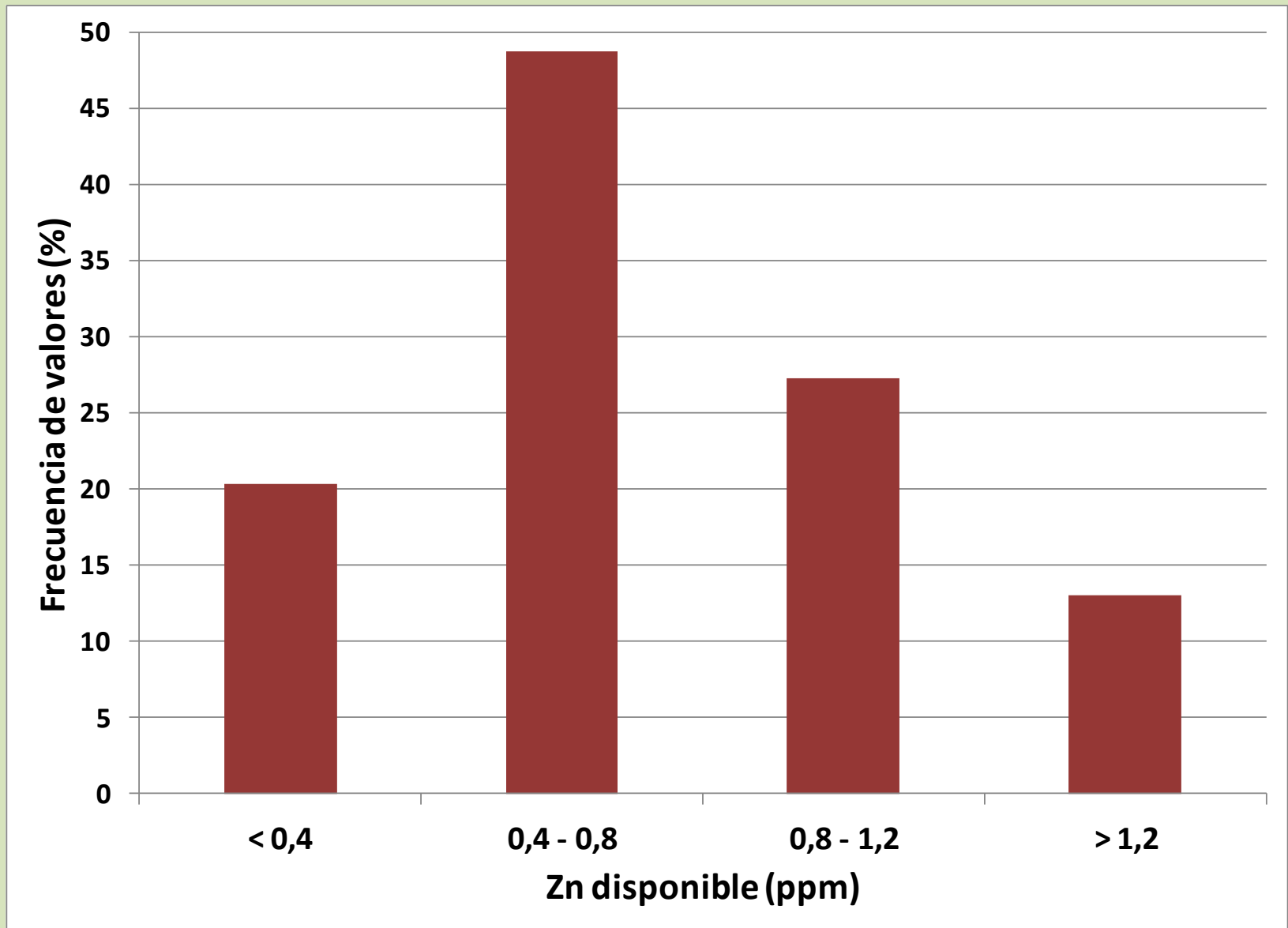
Otros nutrientes?

Partición de Nutrientes en Planta completa

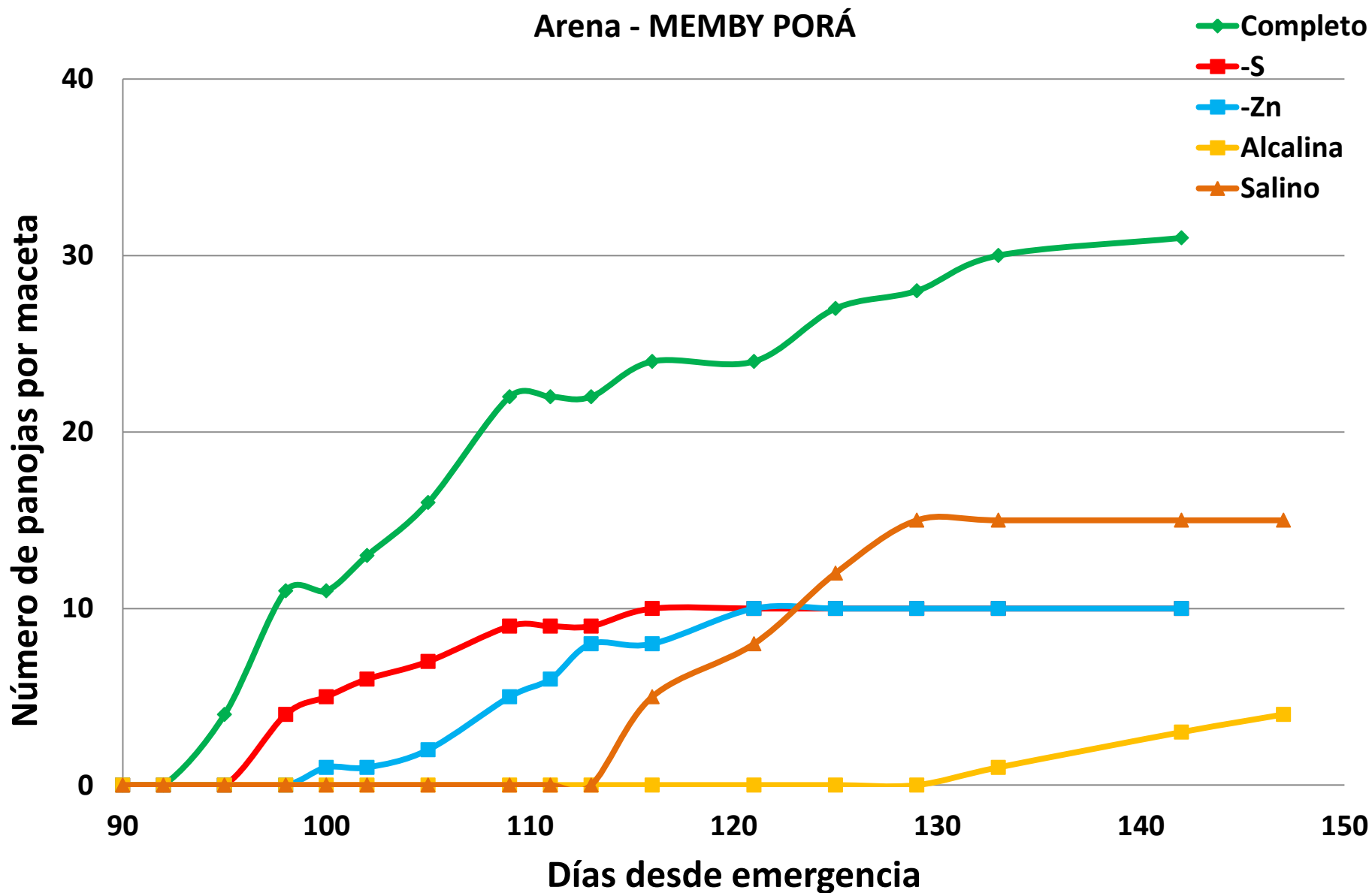


Zn disponible en suelos de ER

(n=140 - Lab. Suelos FCA-UNER)



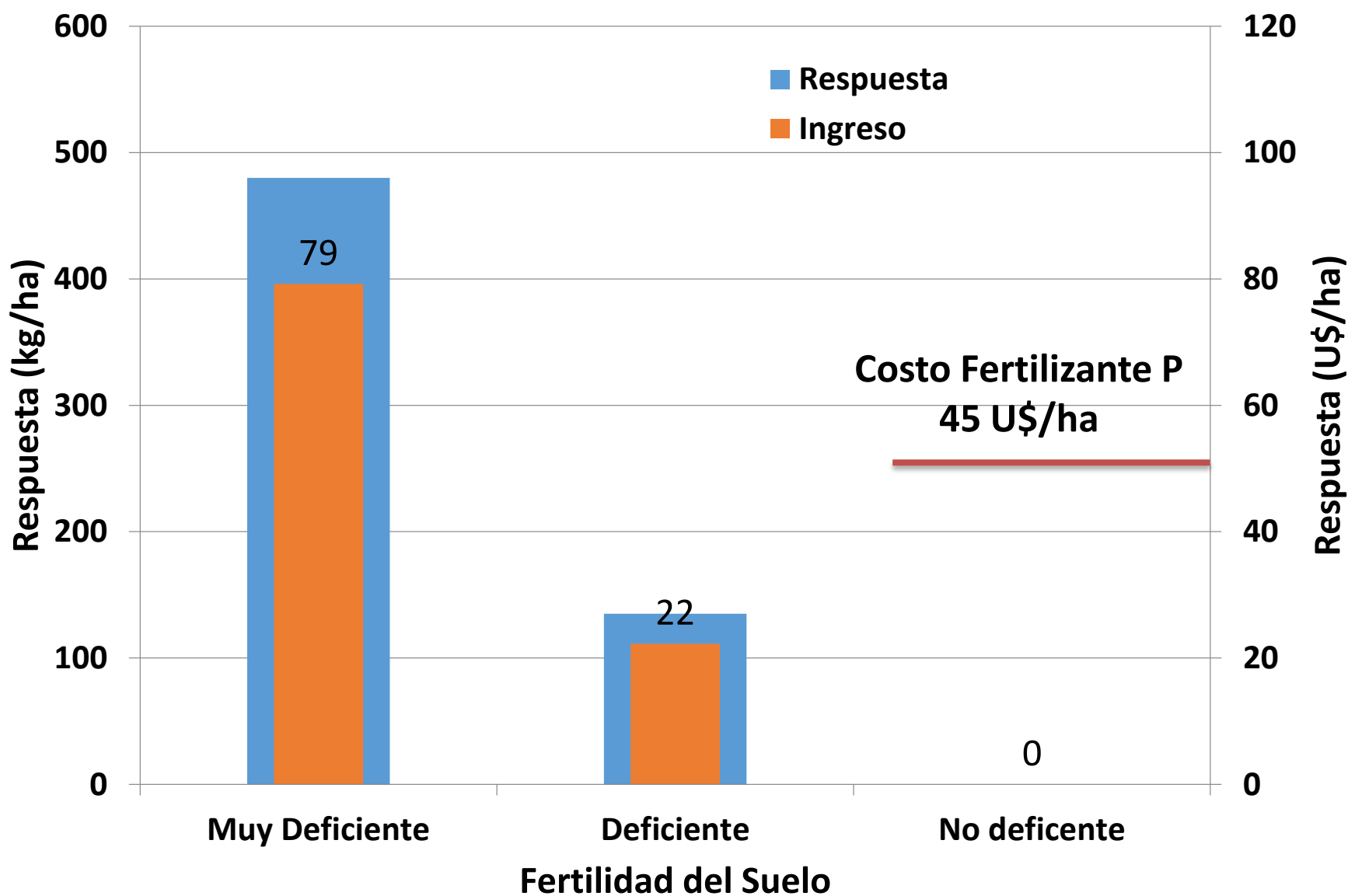
Deficiencias y Condiciones de suelo



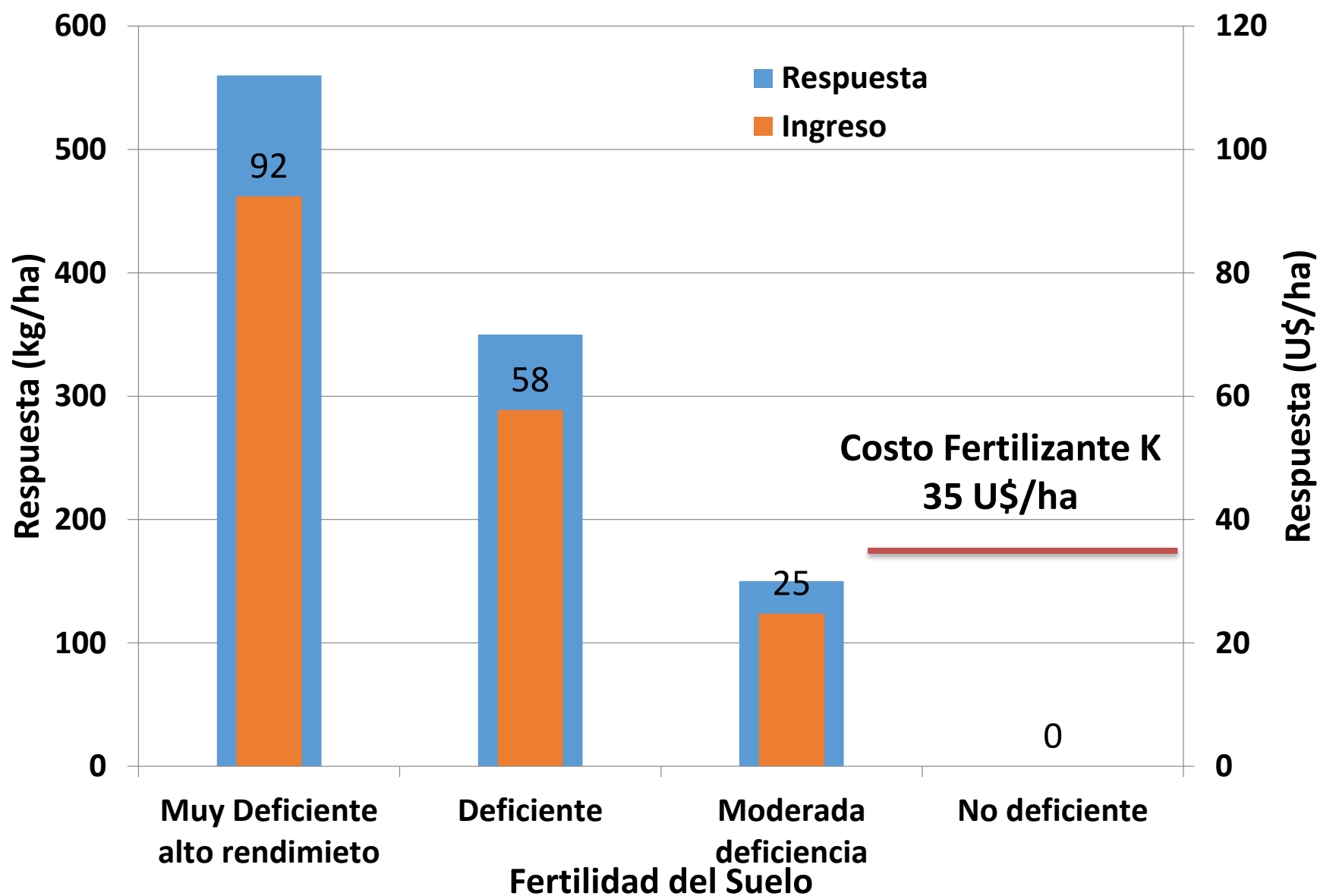
Tiene sentido un manejo sitio específico?

- Vale la pena hacer análisis de suelos por ambientes o lotes?
- Podemos hacer mejor uso de los recursos?
- Ser más eficientes?
- Presupuesto promedio de fertilización: 100-250 U\$/ha – 10-20% del total. (20-30% de gastos de implantación).
- Costo de análisis 1 a 2 U\$/ha
- Beneficio?

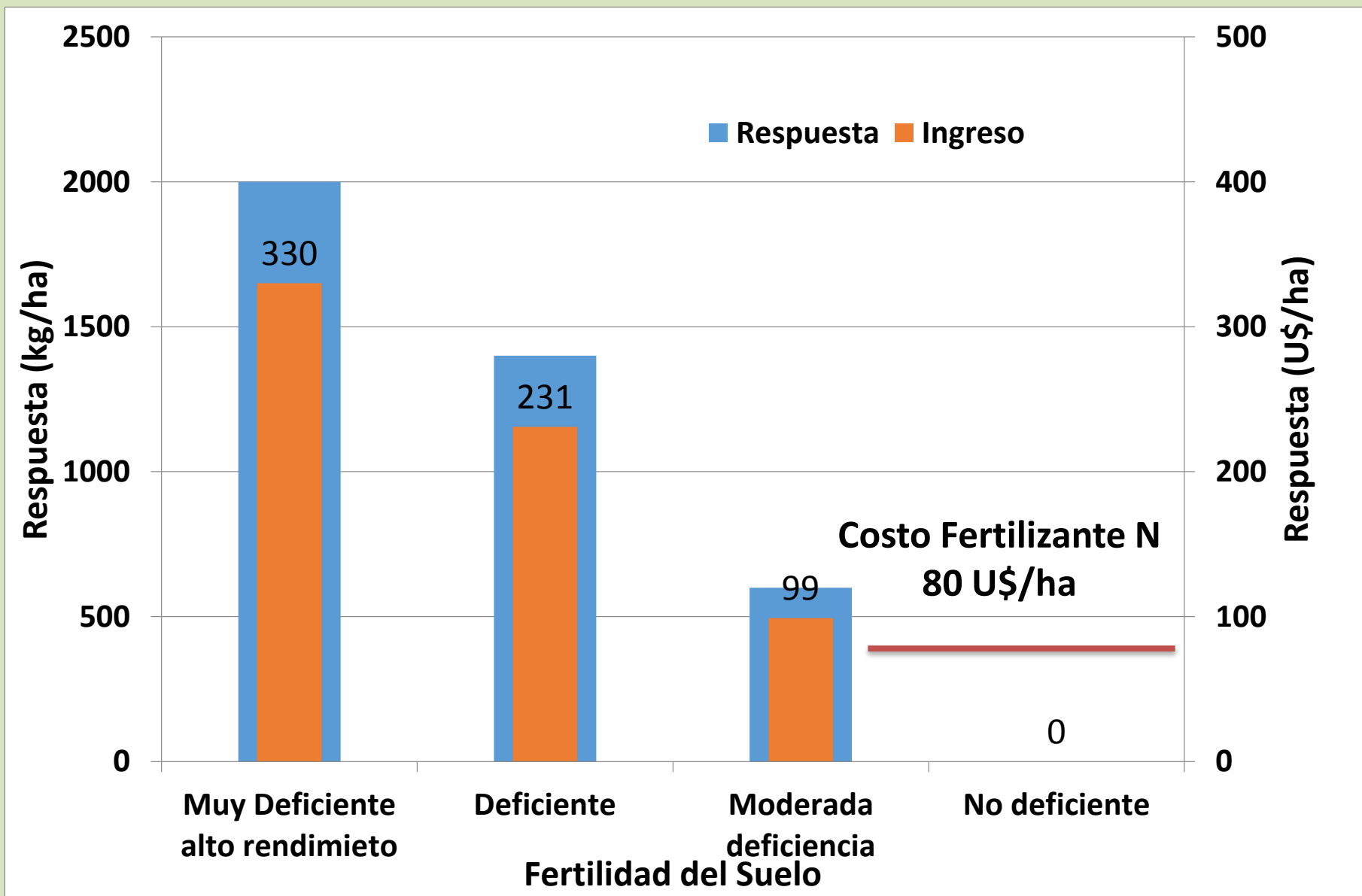
P : Análisis económico respuesta



K : Análisis económico respuesta



N : Análisis económico respuesta



Síntesis

- Existen diversas opciones o filosofías para decidir que fertilizantes y cuanto aplicar.
- Entre la aplicación de una recomendación única para todas las situaciones y la agricultura de precisión, se presentan alternativas intermedias como el manejo sitio específico.
- Esto implica decisiones de fertilización basadas en análisis de suelos. Se apunta a colocar más fertilizante donde la probabilidad de respuesta es más alta.



Gracias !!!
Preguntas?

César E. Quintero

Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Nacional de Entre Ríos

