

Micronutrientes

Experiencias en el Cinturón del Maíz y Soja

Antonio P. Mallarino
Josh Enderson and Ryan Oltmans
Department of Agronomy
Iowa State University

Midiendo Disponibilidad de Nutrientes

- **Alta cantidad total en el suelo pero muy poco disponible difícil de medir, depende del suelo y la historia de manejo**
- **Diferentes métodos miden diferentes cantidades y pueden ser buenos o malos**
- **Calibraciones en muchos suelos y años dan un significado al análisis:**
 - » **Determinar el valor crítico o de suficiencia**
 - » **Definir clases interpretativas o ecuaciones**
 - » **Considerar profundidad, parte, época de muestreo**

Fracciones en el Suelo y Análisis

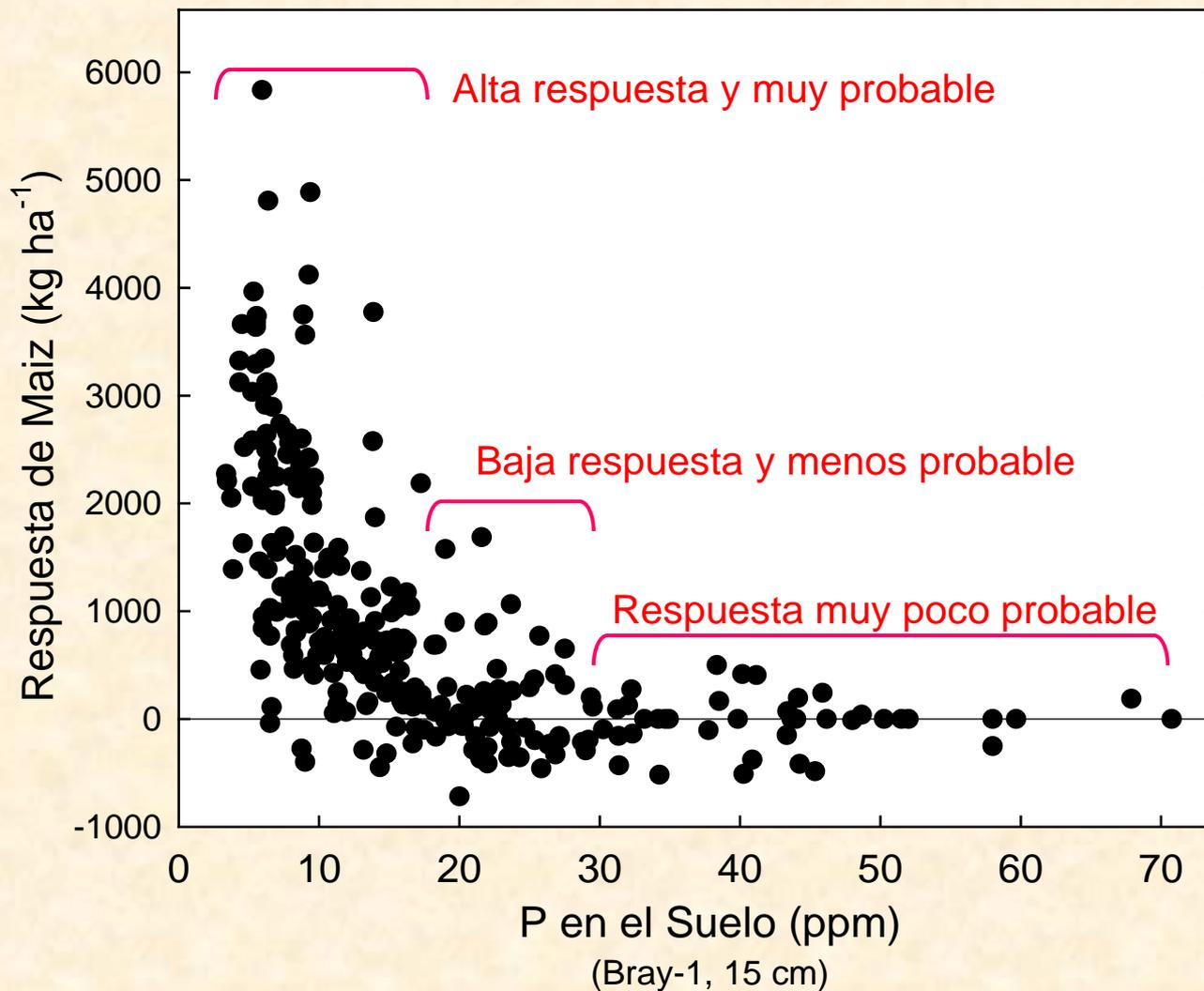


- **En solución:** Absorbido por plantas, muy poca cantidad, tiene que ser repuesta de otras fracciones
- **Retenido débil o intercambiable:** Es lo que se quiere medir: Rápido equilibrio con la solución, retenido por varios mecanismos, compuestos de diferente solubilidad, mineralización de materia orgánica
- **Retenido fuerte o muy baja solubilidad:** Muy lento equilibrio, no disponible o en incierto período

Conceptos Claves Comunes para P y K

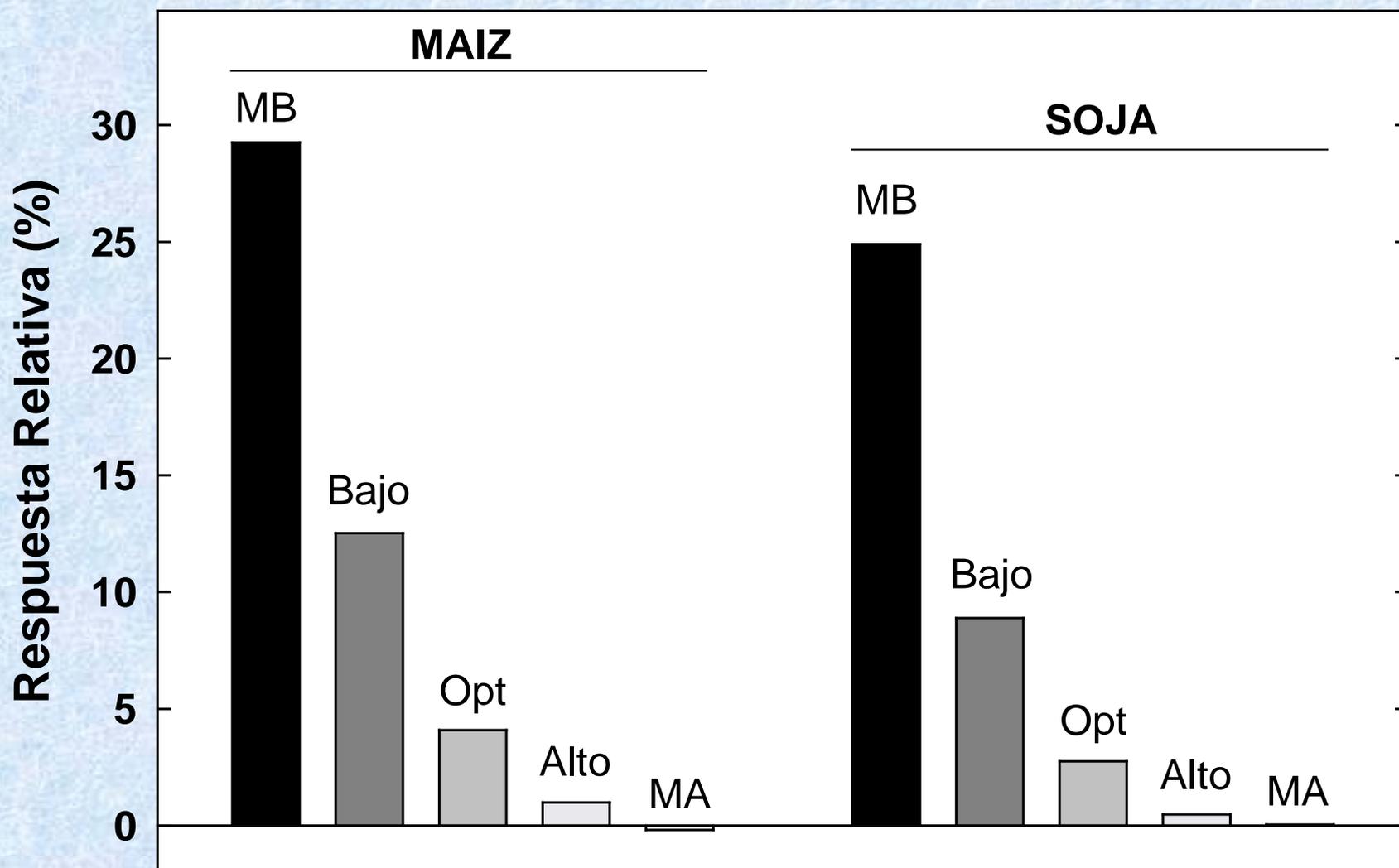
- **Calibración de métodos de análisis de suelo o planta, conocer niveles de análisis y dosis de fertilización para una producción económica y sostenible**
- **Considerar la remoción con las cosechas para mantener niveles de suelo deseados**
- **Usar métodos de aplicación eficaces**
- **Reconocer alta variación dentro de lotes de disponibilidad, rendimiento y remoción**

Respuesta y Nivel Disponible



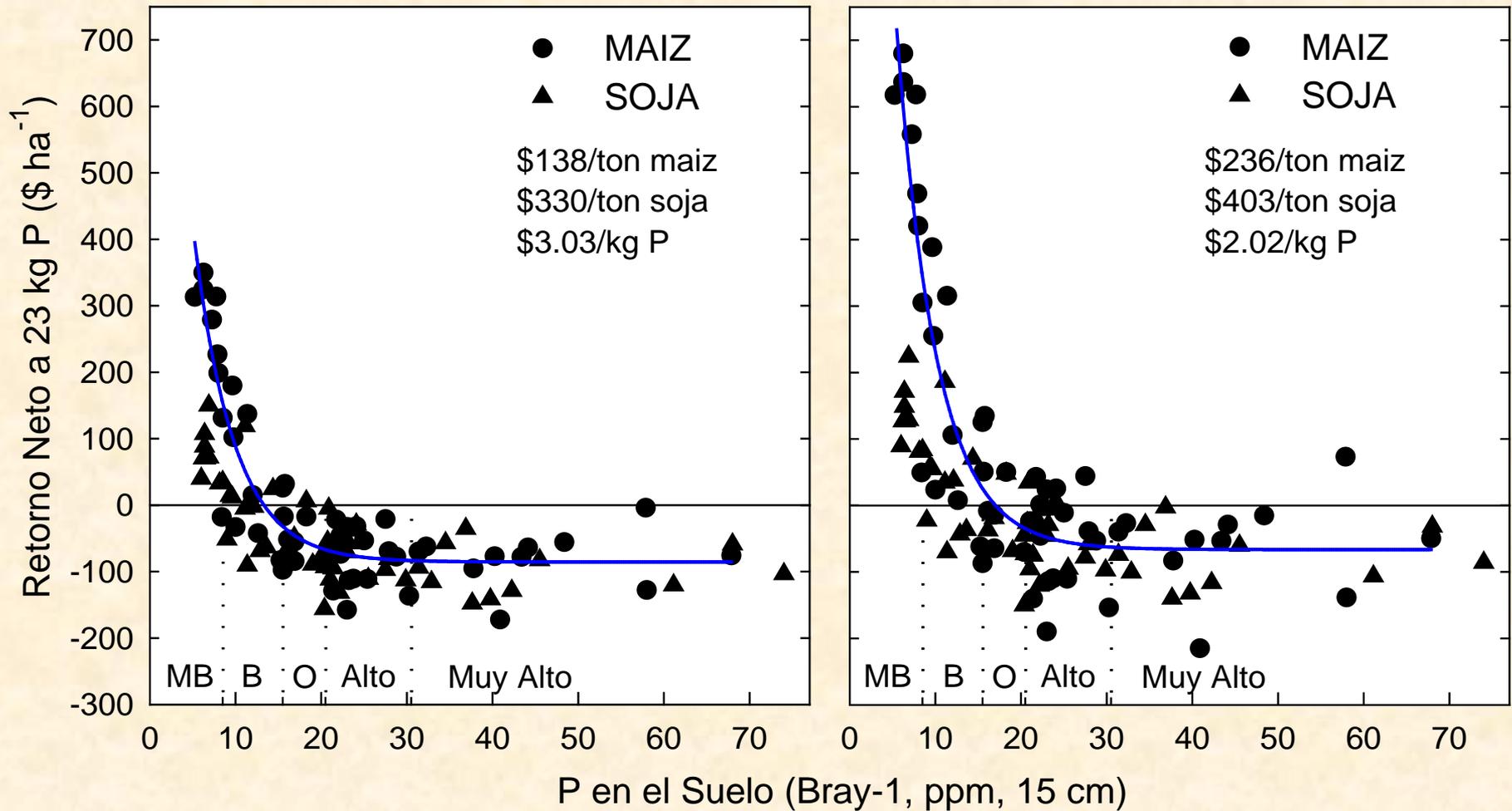
Establecer el
valor o rango
crítico

Evaluación de Clases Interpretativas

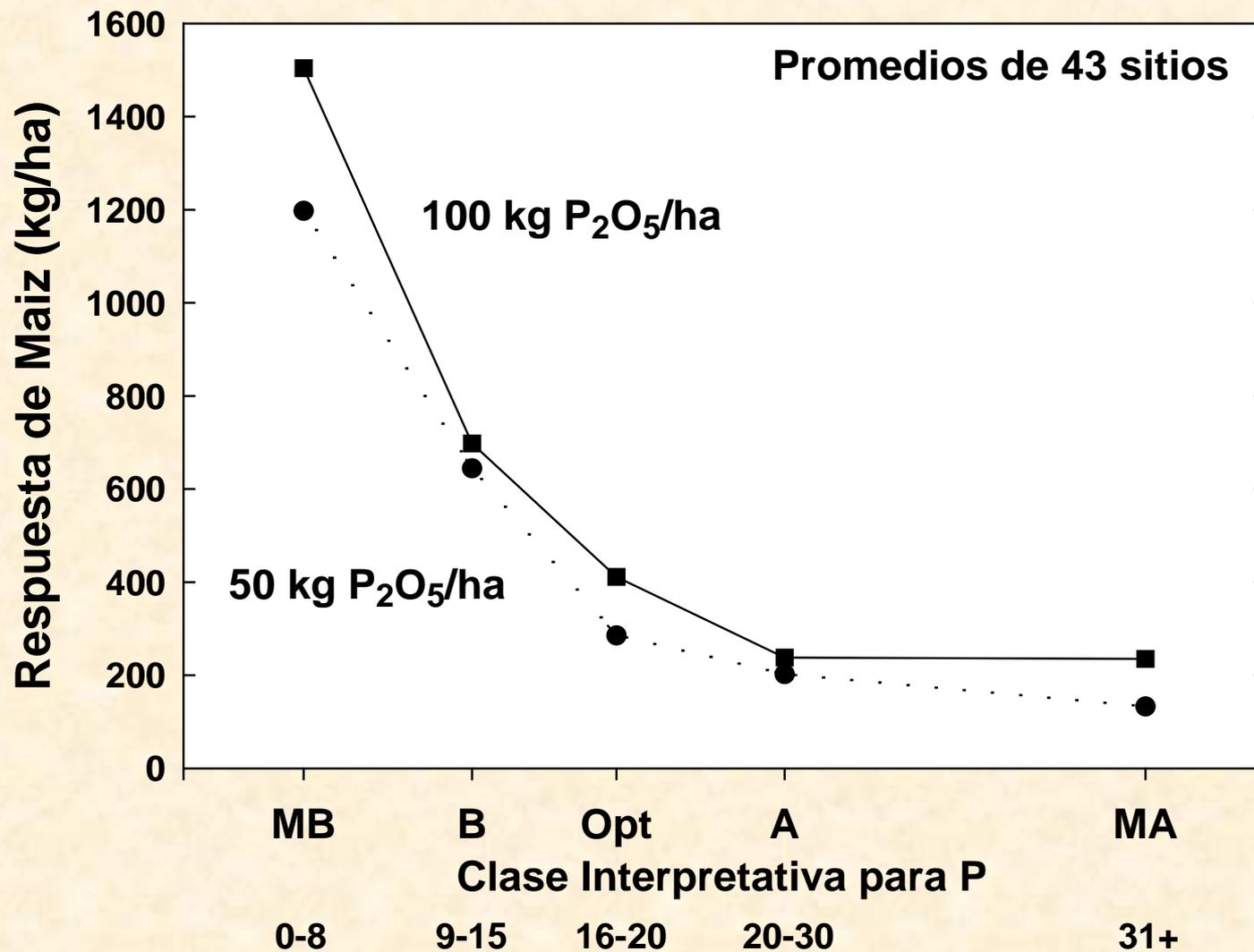


Adaptado de Mallarino, 2009

Clases Interpretativas y Precios



Respuesta en Rendimiento y Clases

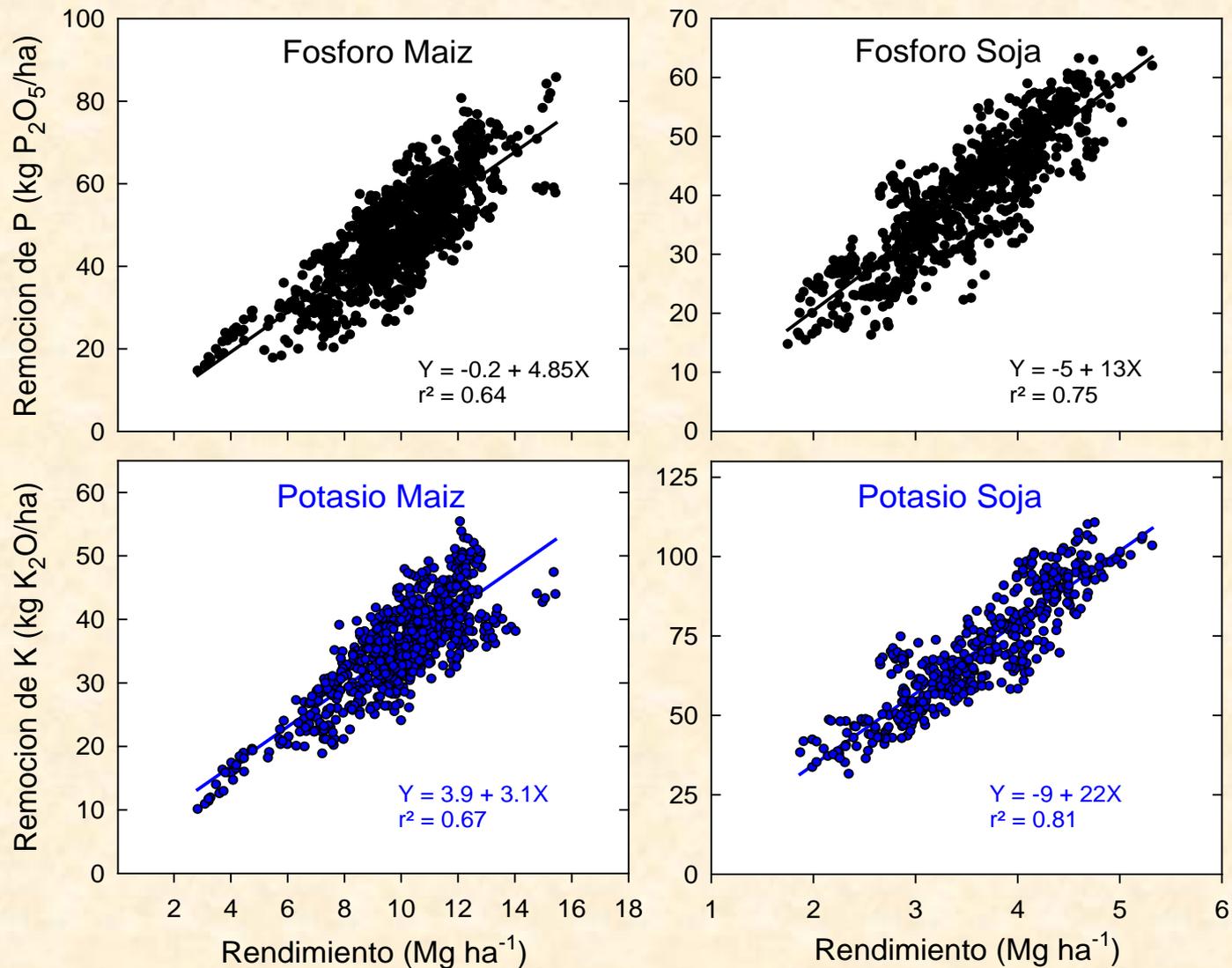


**Aisladas y escasa respuesta al
bandeado de P en la zona
húmeda del Cinturón del
Maíz, con o sin siembra
directa**

**Respuesta frecuente al bandeado
profundo de potasio (15 cm),
con o sin laboreo en zona
para directa**



Remoción y Nivel de Rendimiento



Manejo de Micronutrientes

- La mayoría son "inmóviles" en el suelo, como P y K, pero la cosa se complica
 - » El análisis de suelo o planta es MUCHO menos confiable, y NO HAY buenas calibraciones para suelos "normales"
 - » Se puede subir, mantener, o dejar bajar los niveles como para P y K?
 - » Cómo se mantienen niveles deseados, es remoción un buen criterio para mantener?
 - » Interacciones fuente x suelo x método de aplicación y absorción foliar complicadas

Métodos de Aplicación para Micros

- **Muy pocos datos, confuso, depende del nutriente y muchas cosas:**
 - » **Foliar: Parece lógico pequeñas cantidad y como suplemento (quemado?)**
 - » **Banda con la sembradora o con la semilla: Parece lógico, pequeña cantidad requerida**
 - » **Al voleo: Práctico, barato, fecha de aplicación flexible, eficiente en muchas situaciones, largo plazo pero eficiente?**
 - » **Variación dentro de campos (horrible?)**

Probabilidad de Deficiencia

Micronutriente	Condiciones de Suelo	Cultivo
Boro (B)	Arenosos, degradados, baja materia orgánica, sequía	Alfalfa, trébol, girasol, canola
Cobre (Cu)	Arenosos, ácidos orgánicos, fríos/húmedos, pH > 7.5	Trigo, avena, maíz
Hierro (Fe)	pH > 7.2 calcáreo	Soja, sorgo
Manganeso (Mn)	Orgánicos con pH alto (> 5.8), pH alto (> 7.2), saturados	Soja, trigo, avena
Zinc (Zn)	Arenosos, erosionados, pH > 7.2	Maíz, sorgo
Molibdeno (Mo)	Muy ácidos (< 5.5), arenosos	Soja, alfalfa
Cloro (Cl)	Arenosos, sin historia de KCl	Trigo, avena, maíz

Suficiencia para Análisis de Suelo

Iowa, solo para Zinc en Maíz

Extension Publication PM 1688

Análisis DTPA		Dosis (kg Zn/ha)	
Categoría	ppm	Al Voleo	Banda
Bajo	0 - 0.4	10	2
Marginal	0.5 - 0.8	5	1
Adecuado	0.9 +	0	0

University of Illinois: < 2 ppm B (agua caliente)

< 2 ppm Mn (DTPA)

< 1 ppm Zn (DTPA)

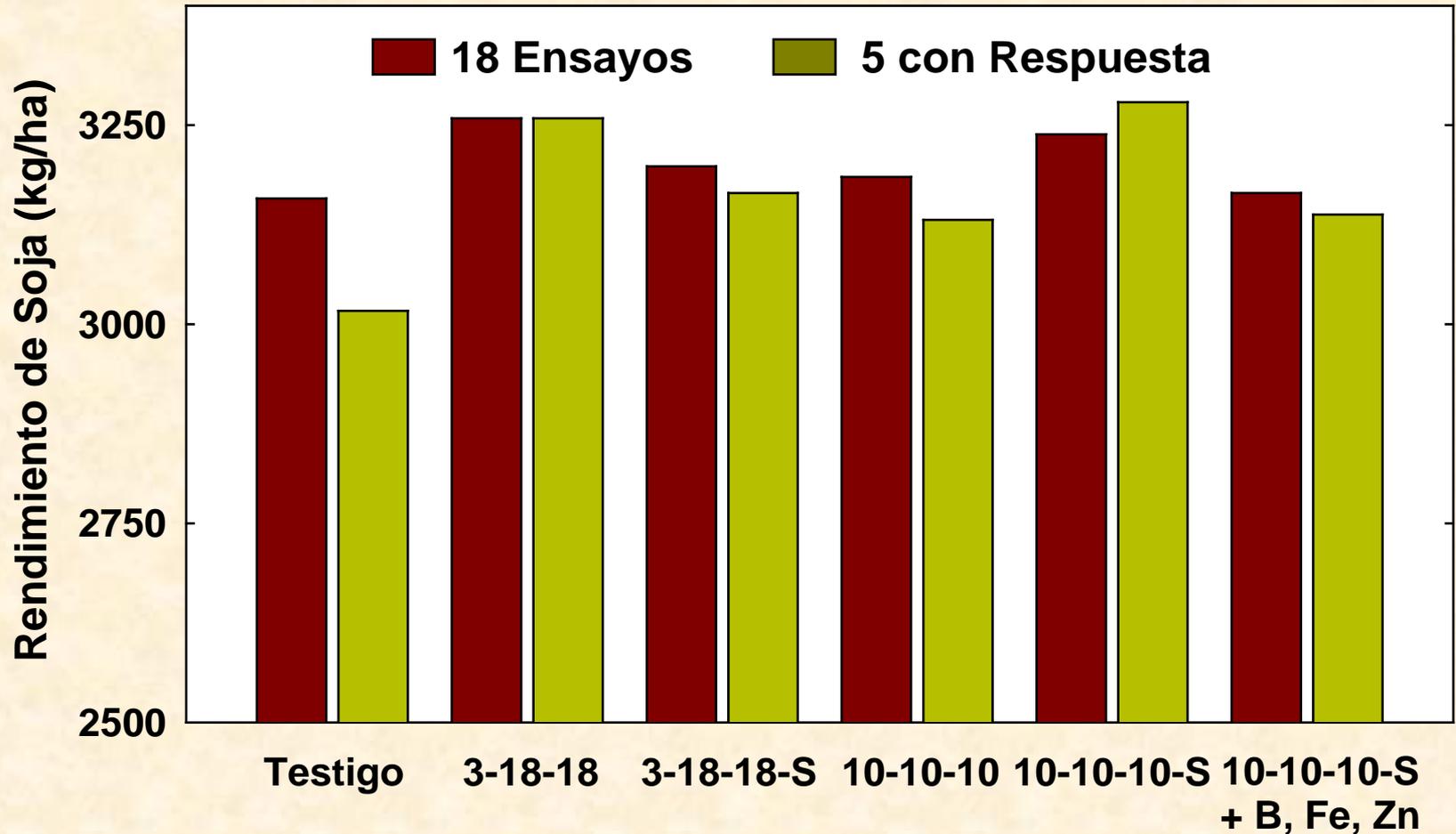
Rangos de Suficiencia de Análisis Foliar

Indiana, Illinois, Ohio, Michigan
 Bulletin E-2567, Tristate Fertilizer Recommendations
 Agronomy Handbook, University of Illinois

Elemento	Maiz	Soja	Alfalfa	Trigo
	----- ppm -----			
Manganeso	15-150	20-100	20-100	16-200
Hierro	21-250	30-350	25-250	11-300
Boro	4-25	21-55	25-80	6-40
Cobre	5-20	5-30	7-30	6-50
Zinc	15-70	15-50	15-70	21-70
Molibdeno	-	1.0-5.0	1.0-5.0	-
Parte y estado de crecimiento	Hoja de la mazorca a floración	Hoja superior a la floración	15 cm superior al comenzar la floración	Hoja superior antes de la floración

Fertilización Foliar NPKS - Micros en Iowa

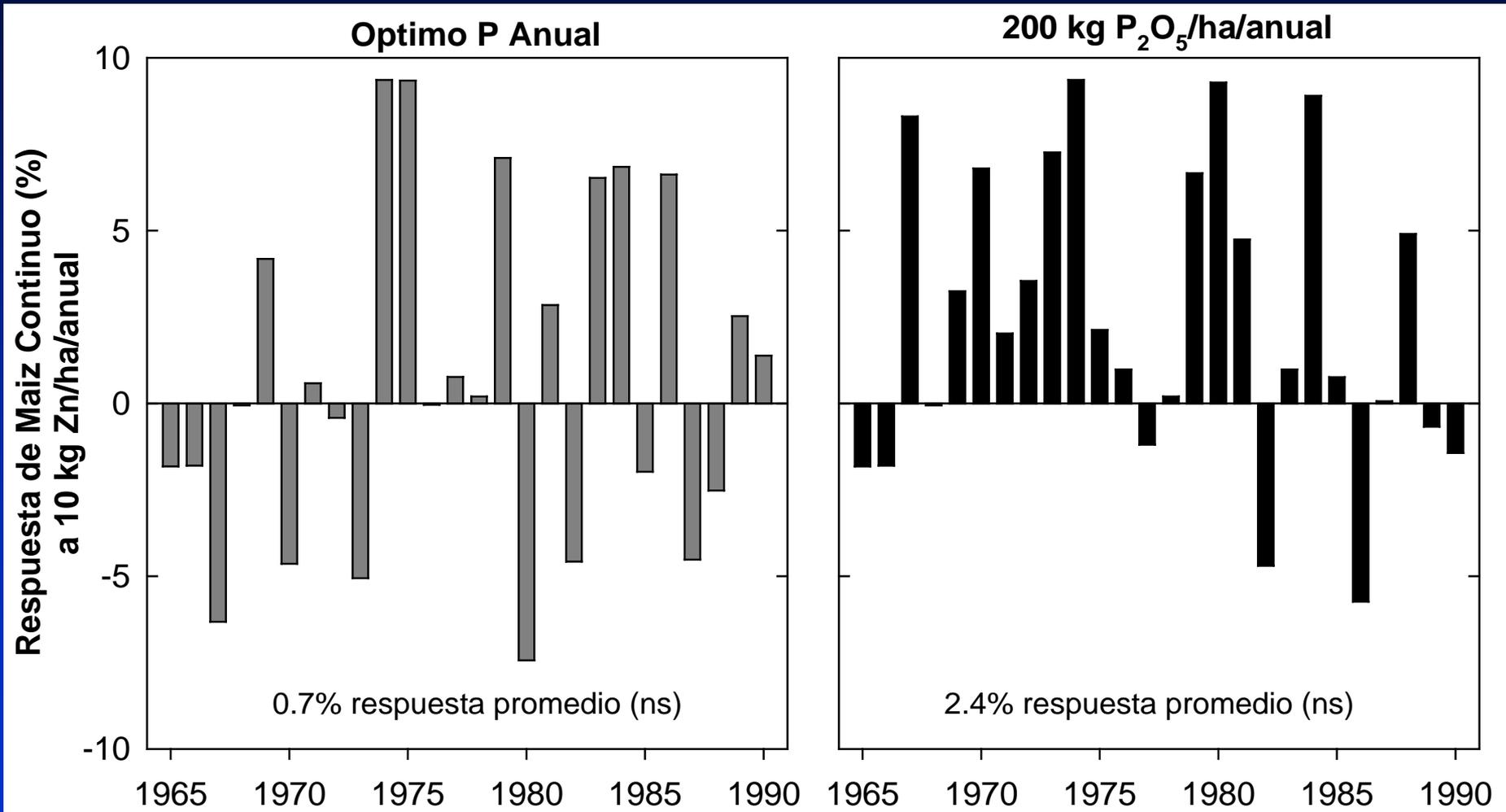
Aplicación a V5/V6



Zinc en Maiz



La Famosa Interacción Zinc - Alto P



El Asunto Manganeso y Glifosato



Don Huber, Indiana

Glifosato, Mn, y Zn para Soja en Iowa

Aplicación a R2

Tratamiento Foliar	2011	2012
	----- kg/ha -----	
Control	3978a	4246a
Glifosato	4137a	4300a
Manganeso	4011a	4179a
Zinc	4090a	4112a
Glifosato y Manganeso mezclados	4089a	4233a
Glifosato y Zinc mezclados	4191a	3951a
Glifosato, Manganeso, y Zn	4156a	4005

Mn y Zn (quelatos) a 0.5 y 0.9 kg Mn or Zn/ha. Mark Licht, Extension Specialist

Glifosato y Mn para Soja en Iowa

Aplicación a R2

Tratamiento Foliar	2008	2009	2010
Glifosato	2755a	3024a	3944a
Glifosato y Mn mezclado	2620a	-	
Glifosato y Mn 15 días después	3030b	3097a	3857a
Flexstar Fusion y Mn 15 días desp.	-	-	3823a

Mn quelato, 0.3 kg Mn/ha. Brian Lang, Howard County Experimental Farm

<u>Año</u>	<u>pH</u>	<u>OM</u>	<u>Bray P</u>	<u>K</u>	<u>Mn</u>	<u>Mn en hoja a R2</u>
2008	7.1	2.9	35	87	3.3	68
2009	6.8	3.5	31	111	3.6	49
2010	7.0	3.0	34	105	3.0	72

Fertilización Foliar con Micros

- 22 ensayos en 2012
- Testigo, B, Cu, Mn, Zn y mezcla con todos
- 4 repeticiones
- Fuentes:
 - » Max-In B (8% B, ácido bórico)
 - » Max-In Cu (5% Cu, EDTA)
 - » MicroBolt Zinc (9% Zn, EDTA)
 - » MicroBolt Mn (6% Mn, EDTA)
- Dos aplicaciones a las mismas parcelas:
 - » B: 90 g/ha, 180 total
 - » Cu: 43 g/ha, 86 total
 - » Mn: 185 g/ha, 260 total
 - » Zn: 277 g/ha, 354 total

Soja Foliar: Análisis de Suelo y Foliar

Suelo	Boro	DTPA		DTPA		DTPA		pH	OM	Arcilla
		Cu	M3 Cu	Mn	M3 Mn	Zn	M3 Zn			
		----- ppm -----							----- % -----	
Mínimo	0.23	0.28	1.65	4	31	0.48	1.17	4.9	3.1	15
Máximo	1.23	1.83	4.97	42	128	3.30	5.64	7.5	8.0	33

Planta V6	Boro	Cobre	Mang.	Zinc
	----- ppm -----			
Mínimo	24	8	30	25
Máximo	42	22	113	42

Hoja R2	Boro	Cobre	Mang.	Zinc
	----- ppm -----			
Mínimo	27	4	26	25
Máximo	62	11	66	47

Fertilización al Suelo: Soja y Maíz

- 8 ensayos en 2012, 4 maíz y 4 soja
- Tratamientos con 4 repeticiones:
 - » Control con MAP en banda con la sembradora
 - » B, Mn, y Zn por separado en banda con MAP
 - » Mezclas en banda o al voleo, MAP en banda
- Fuentes de micronutrientes:
 - » B: Agrium NuBor 10, 10% B
 - » Mn: Agrium Broadman 20, 20% Mn
 - » Zn: Agrium EZ20, 20% Zn
- Dosis en cada aplicación:
 - » 0.5 kg B/ha en banda o 2 kg B/ha al voleo
 - » 5 kg Mn/ha tanto en banda como al voleo
 - » 5 kg Zn/ha tanto en banda como al voleo

Maíz y Soja al Suelo

Análisis de Suelo y Foliar

Suelo	Boro	DTPA Mn	M3 Mn	DTPA Zn	M3 Zn	pH	OM	Arcilla
	----- ppm -----						----- % -----	
Mínimo	0.18	2	7	0.9	1.1	5.5	3.6	9
Máximo	1.16	40	75	3.2	4.6	6.2	7.9	34

Maíz V6	Boro	Manganeso	Zinc
	----- ppm -----		
Mínimo	6	18	26
Máximo	10	98	45

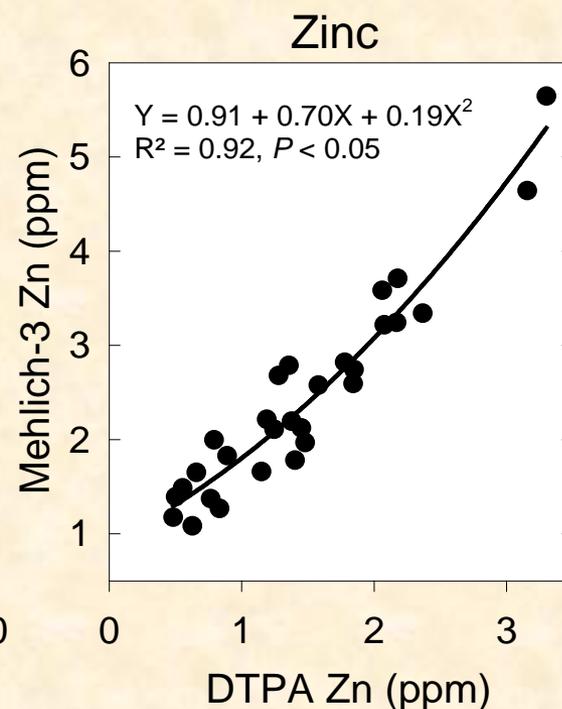
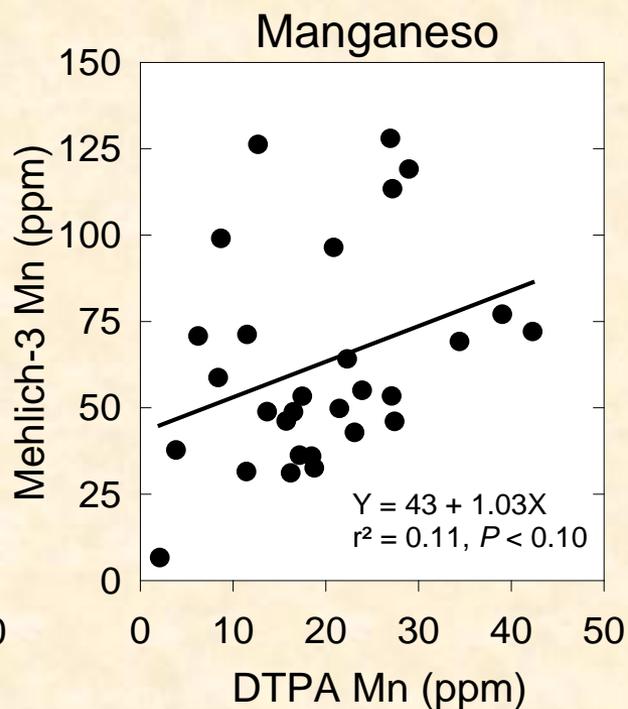
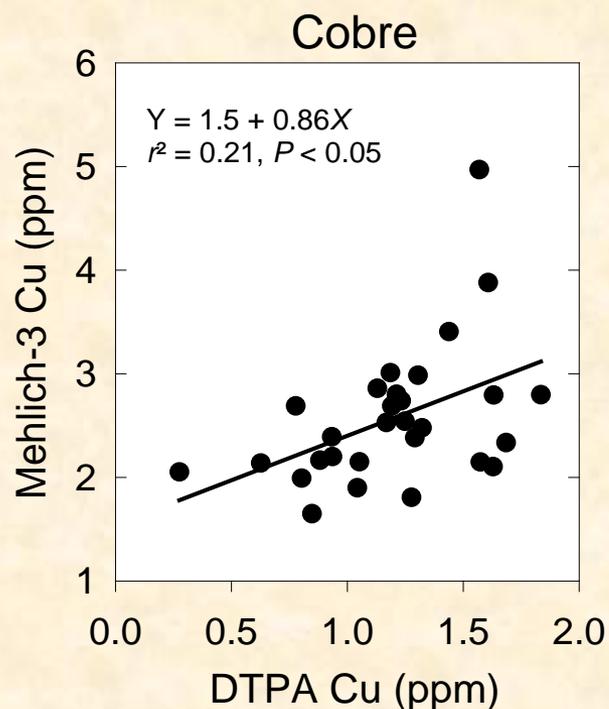
Soja V6	Boro	Manganeso	Zinc
	----- ppm -----		
Mínimo	30	37	27
Máximo	33	102	40

Maíz V10	Boro	Manganeso	Zinc
	----- ppm -----		
Mínimo	5	17	14
Máximo	11	67	23

Soja R2	Boro	Manganeso	Zinc
	----- ppm -----		
Mínimo	31	33	23
Máximo	46	46	48

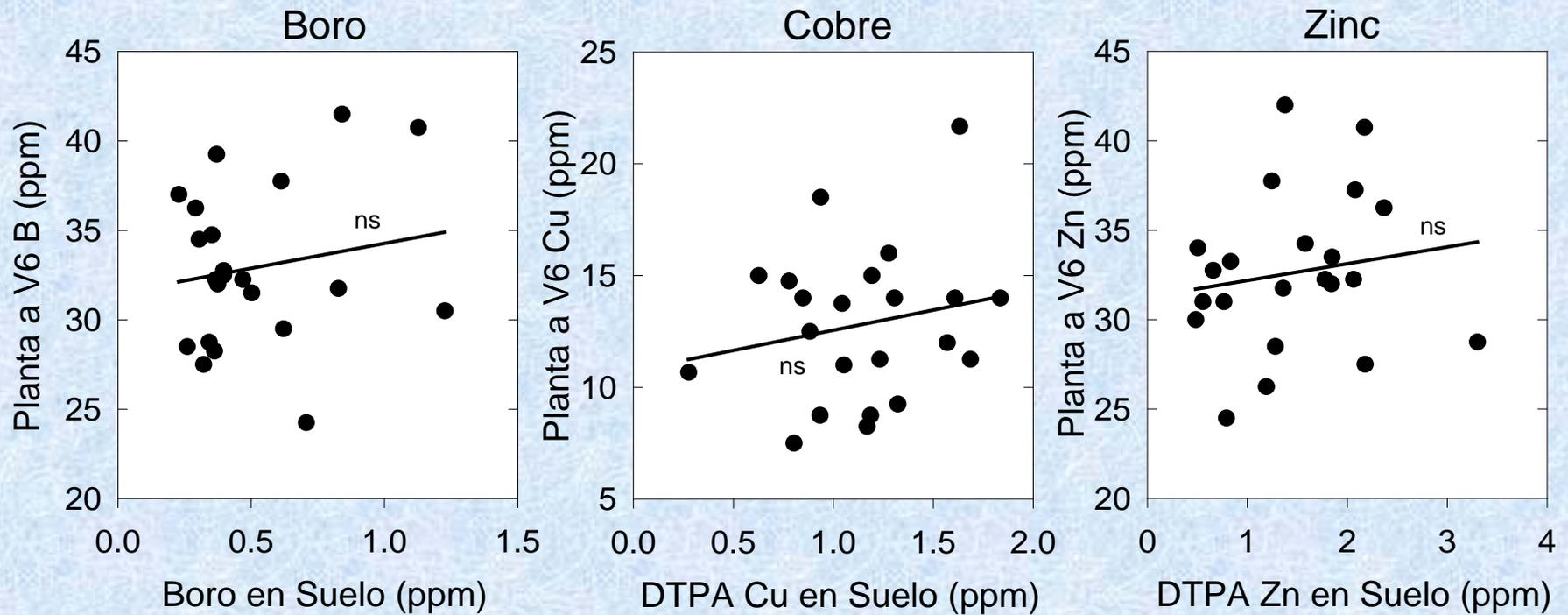
Suelo: DTPA versus Mehlich-3

Todos los 30 Ensayos: Maíz y Soja, y Foliares y al Suelo



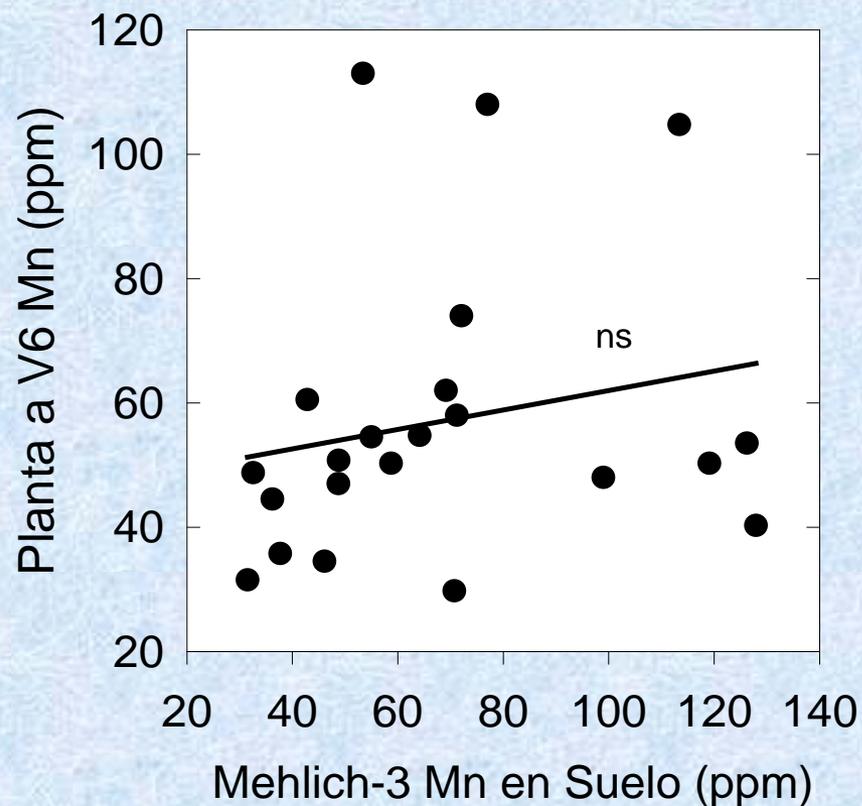
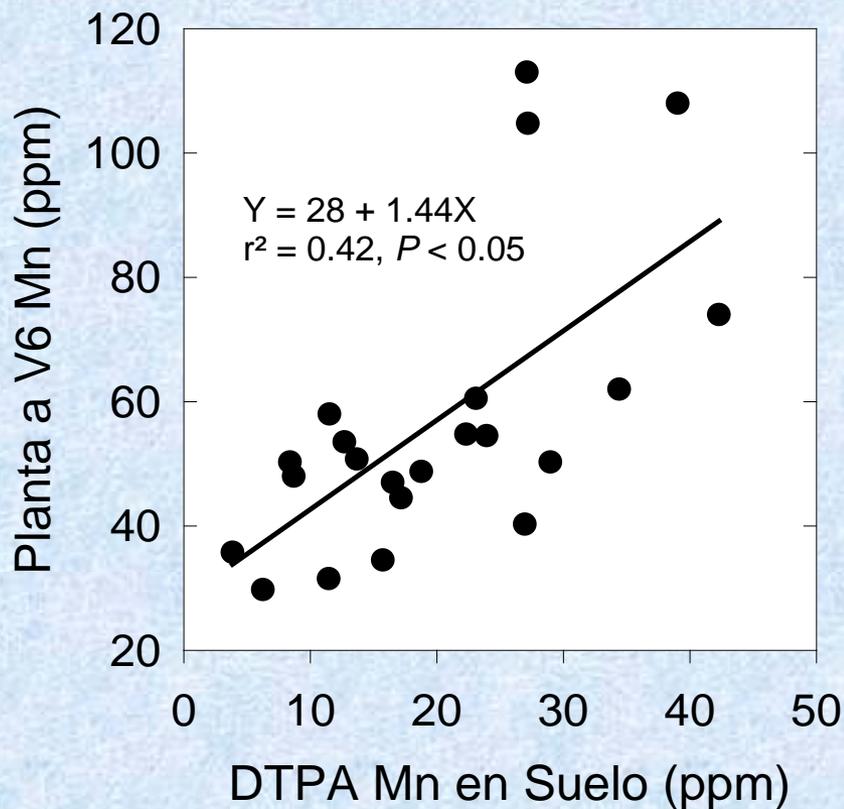
Soja: V6 Boro, Cobre, Zinc vs Suelo

26 Ensayos Foliares y al Suelo



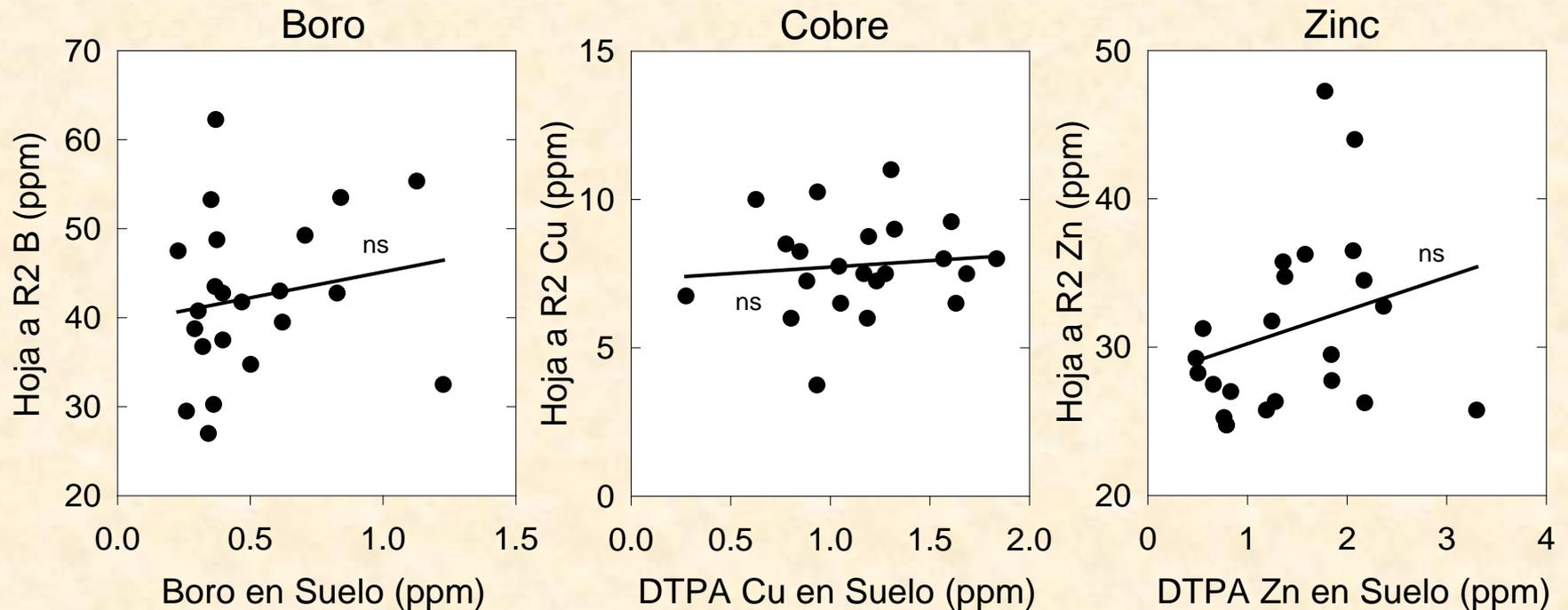
Soja: Manganeso a V6 vs DTPA y M3

26 Ensayos Foliare y al Suelo



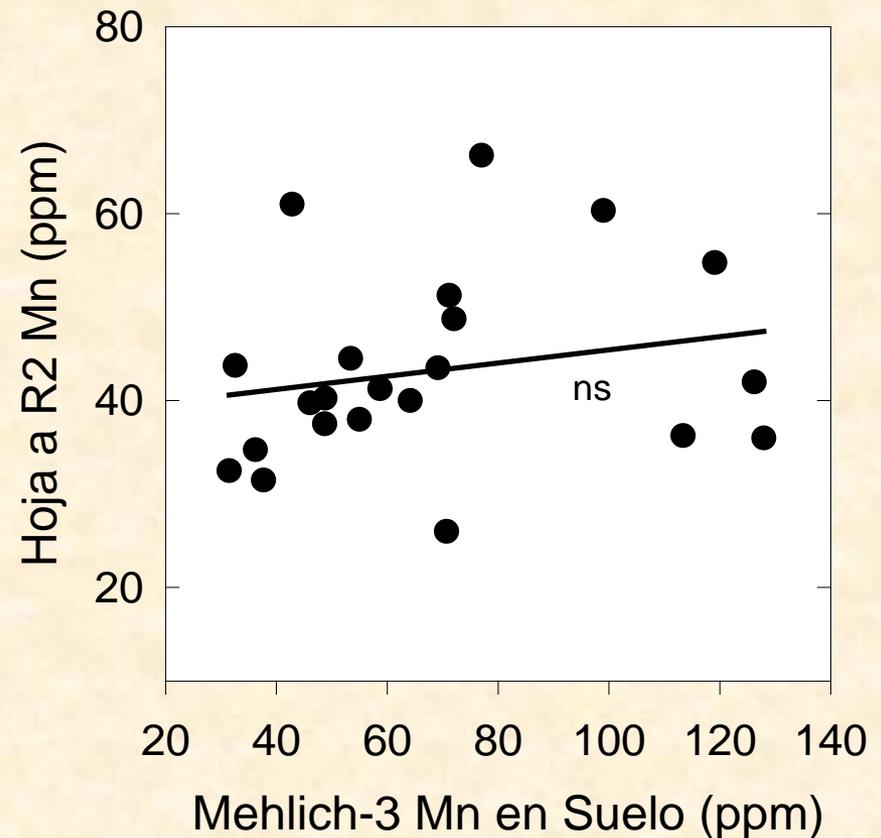
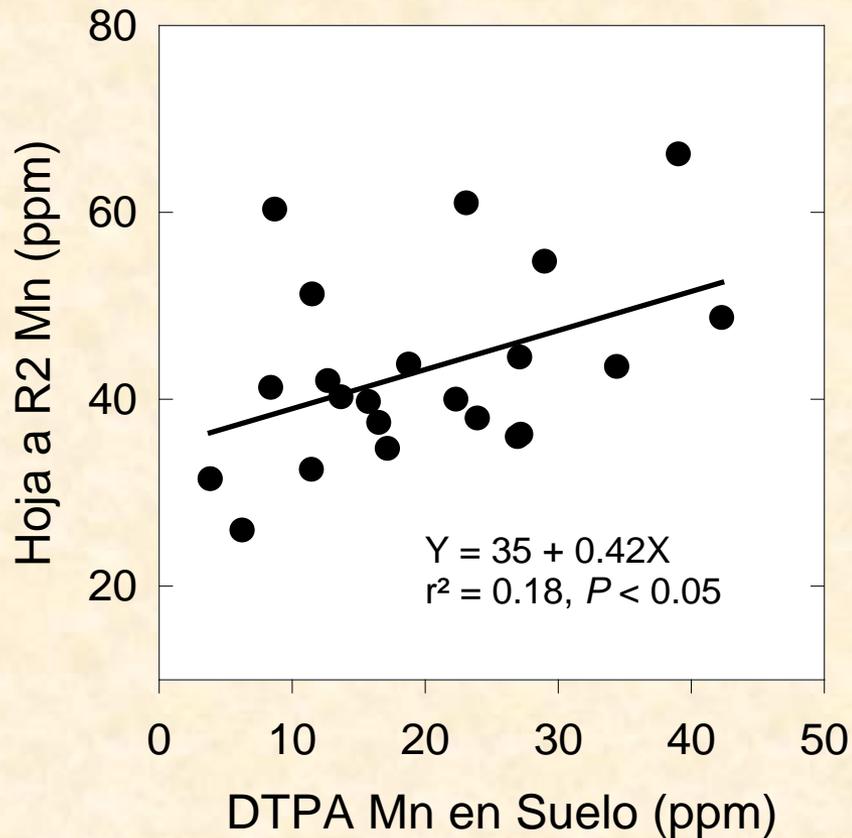
Soja: Hoja a R2 Boro, Cobre, Zinc vs Suelo

26 Ensayos Foliare y al Suelo

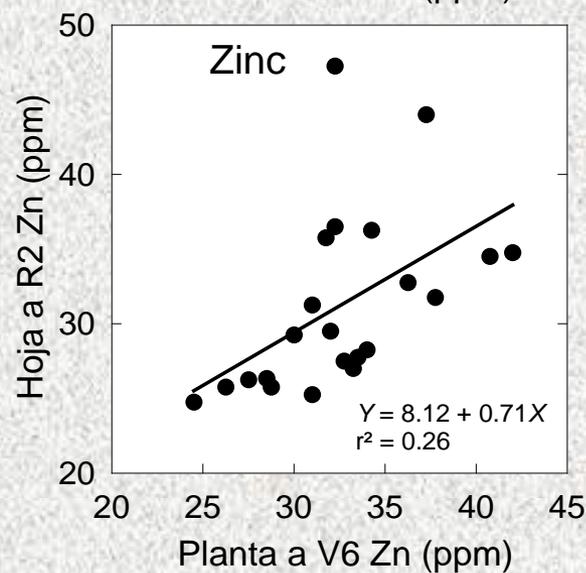
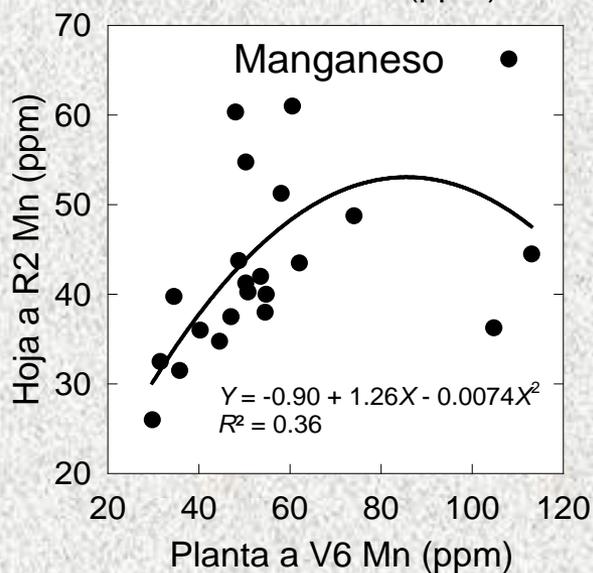
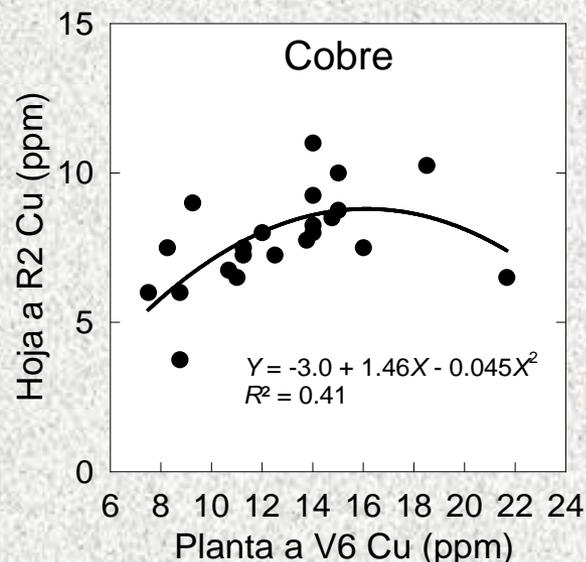
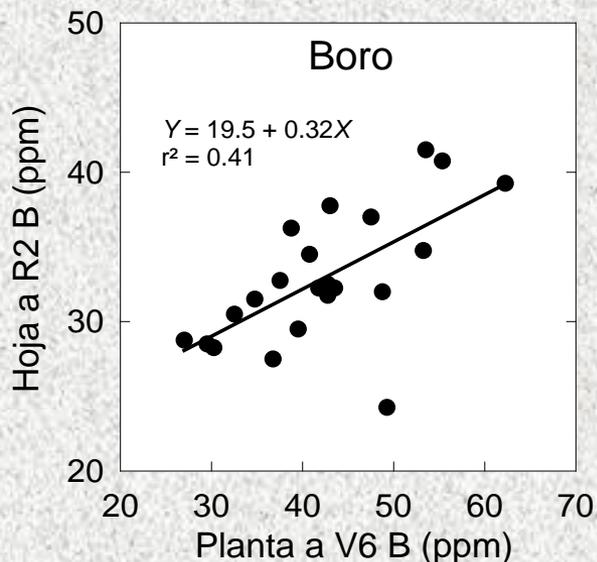


Soja: Manganeso Hoja a R2 vs DTPA y M3

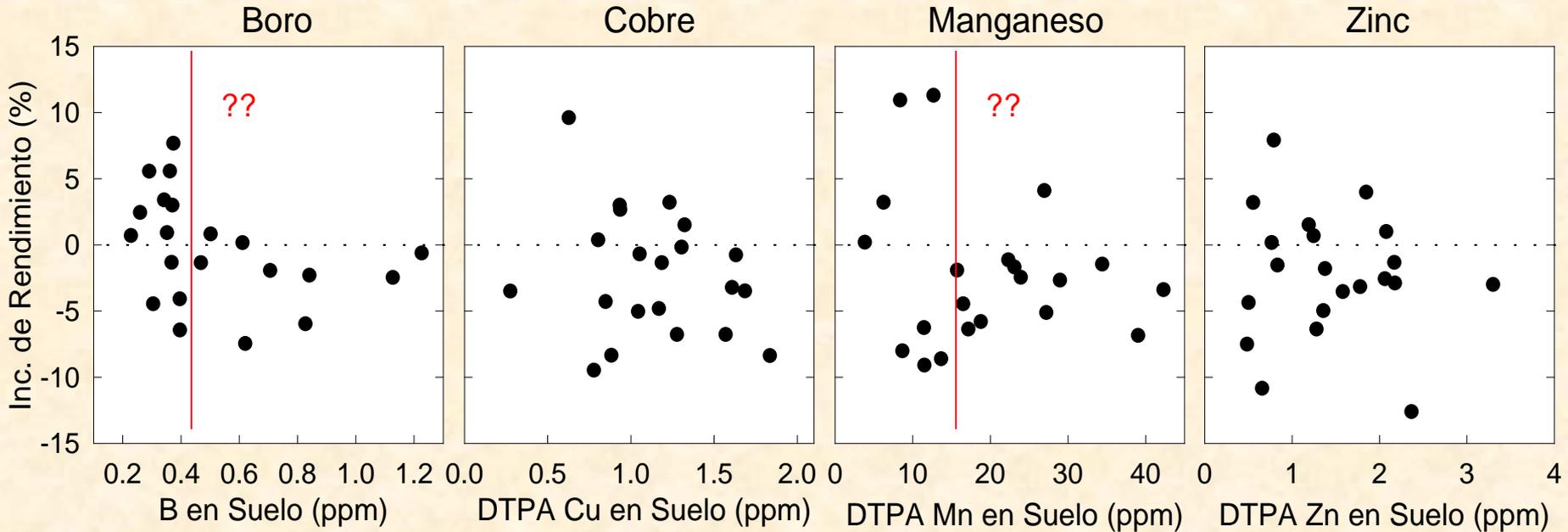
26 Ensayos Foliare y al Suelo



Soja: Hoja a R2 versus Planta a V6



Soja: Rendimiento vs Análisis de Suelo

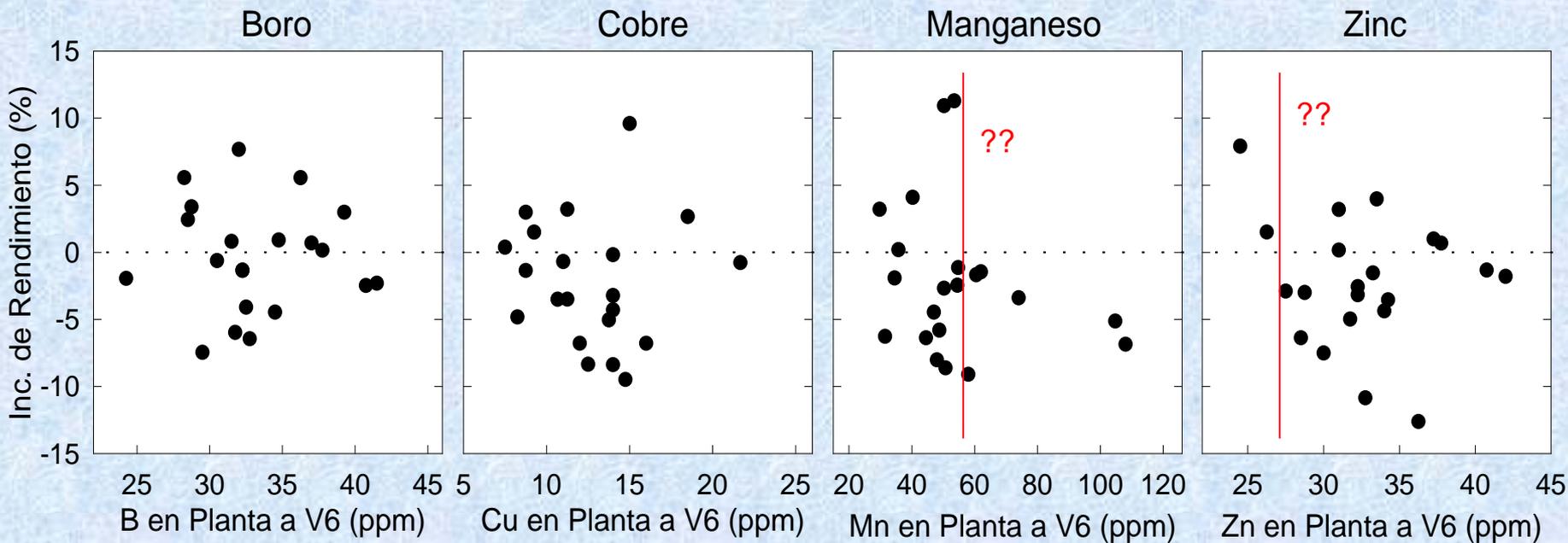


Interpretaciones:
< 2 ppm (agua caliente)

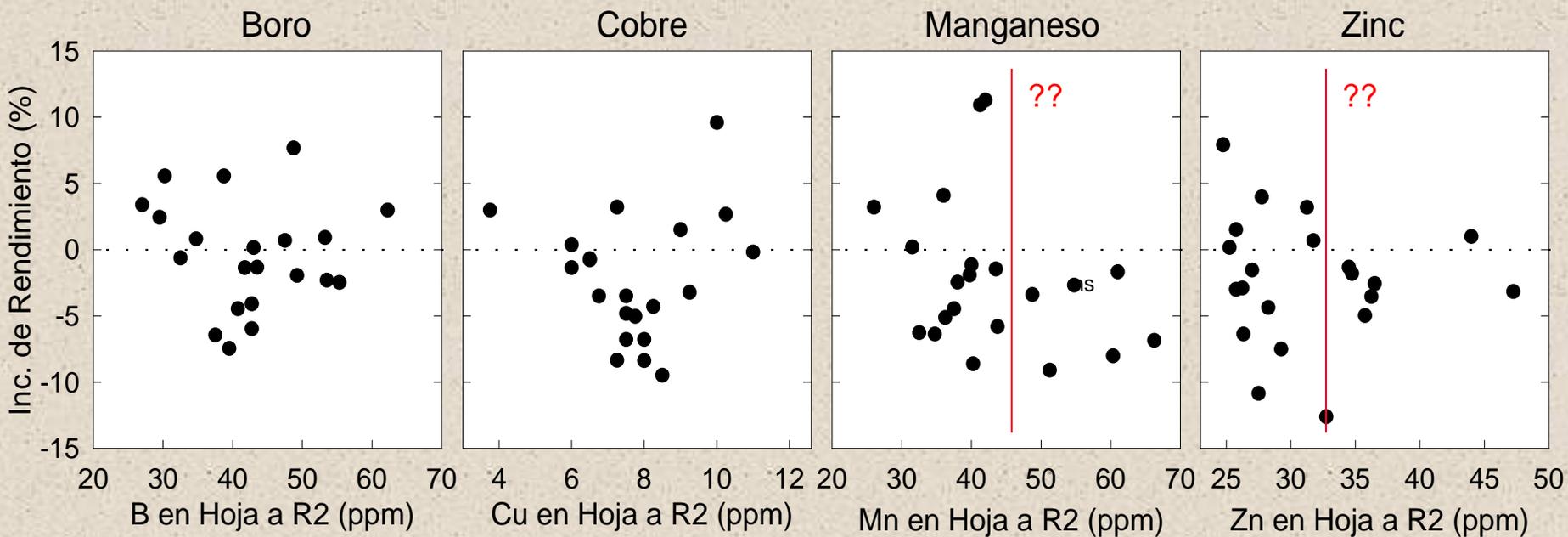
Interpretaciones:
< 2 ppm (DTPA)

Interpretaciones:
< 1 ppm (DTPA)

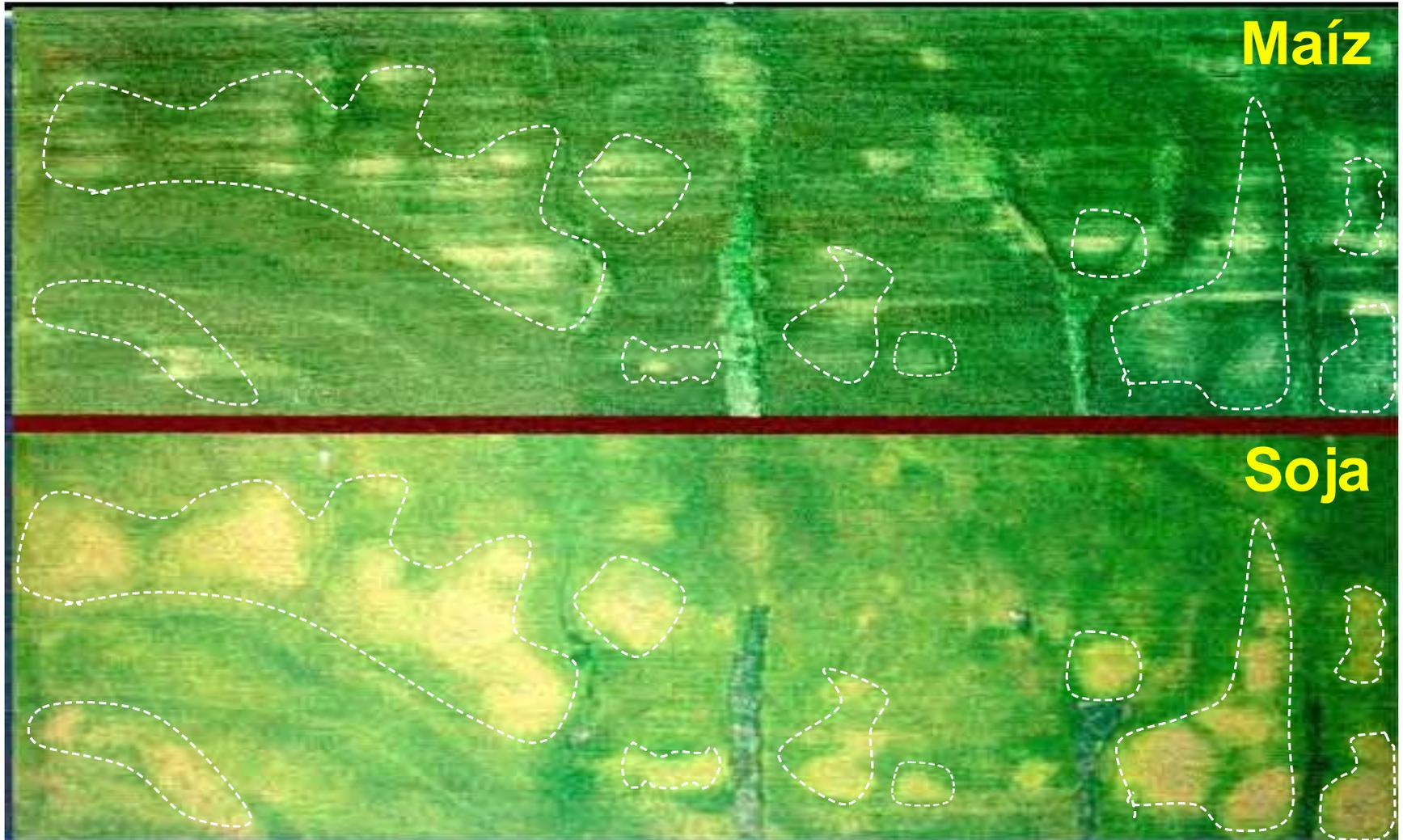
Soja: Rendimiento vs Planta a V6



Soja: Rendimiento vs Hoja a R2

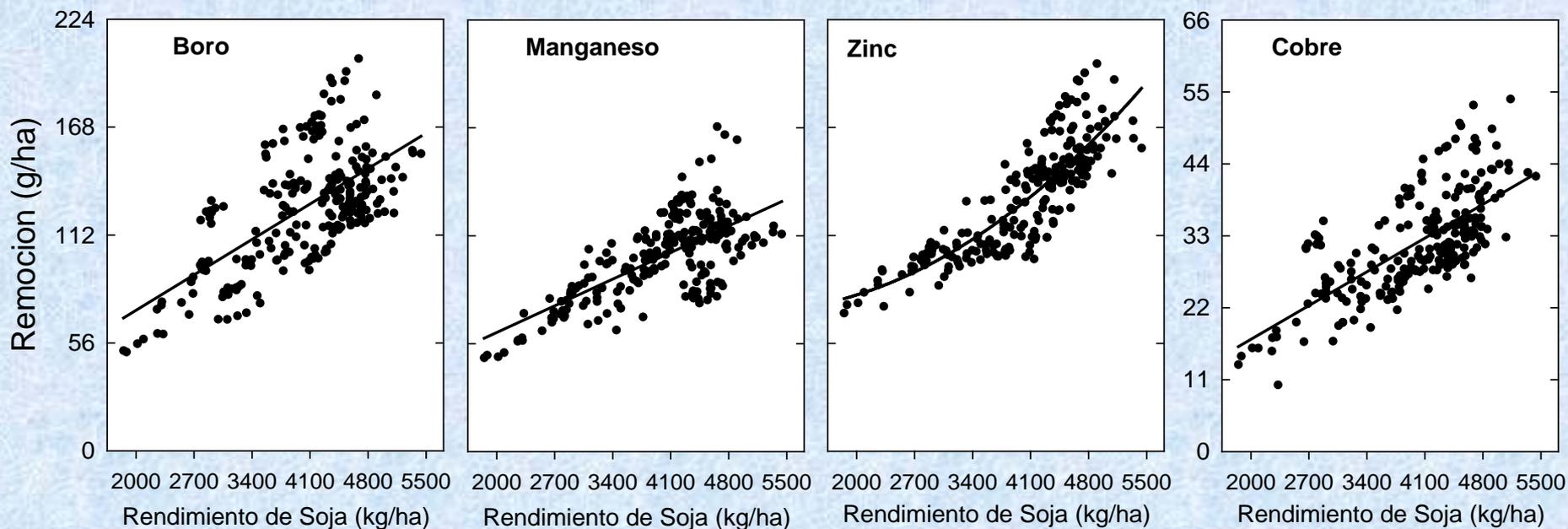


Imágenes Aéreas/Satelitales



Remoción y Nivel de Rendimiento

Soja



Si, son gramos por hectárea removidos!

La remoción por maíz es:

- la mitad para B y Mn
- casi igual para Cu
- 50% mas para Zn

En Resumen

- No se ha comprobado que aparezcan mayores necesidades de micronutrientes al aumentar el rendimiento
- Pero con altos rendimiento se remueve más, entonces es posible
- Salvo Zinc en maíz en el suelo (<1 ppm DTPA), los rangos existentes no sirven, pero no se ve respuesta frecuente o grande en "suelos normales"

Probable Deficiencias?

Micronutriente	Condiciones de Suelo	Cultivo
Boro (B)	Arenosos, degradados, baja materia orgánica, sequía	Alfalfa, trébol, girasol, canola
Cobre (Cu)	Arenosos, ácidos orgánicos, fríos/húmedos, pH > 7.5	Trigo, avena, maíz
Hierro (Fe)	pH > 7.2 calcáreo	Soja, sorgo
Manganeso (Mn)	Orgánicos con pH alto (> 5.8), pH alto (> 7.2), saturados	Soja, trigo, avena
Zinc (Zn)	Arenosos, erosionados, pH > 7.2	Maíz, sorgo
Molibdeno (Mo)	Muy ácidos (< 5.5), arenosos	Soja, alfalfa
Cloro (Cl)	Arenosos, sin historia de KCl	Trigo, avena, maíz

Fuentes de Micronutrientes

Micronutriente	Fertilizante	Formula	Nutriente %
Boro	Tetraborato de sodio	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	14
	Acido bórico	H_3BO_3	17
	Solubor	$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	20
Cobre	Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25
	Quelatos de cobre	Varios	Varía
Hierro	Sulfato ferroso	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20
	Sulfato férrico	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	23
	Quelatos de hierro	Varios	Varía
Manganeso	Sulfato de manganeso	$\text{MnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	27
	Quelatos de manganeso	Varios	Varía
Molibdeno	Molibdato de amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$	49
	Molibdato de sodio	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	39
Zinc	Sulfato de zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	36
	Oxido de zinc	ZnO	78
	Amonio-Zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot \text{NH}_3$	10
	Quelatos de zinc	Varios	Varía

En Resumen

- **La cosa es difícil, hay trabajar juntos: Investigadores, productores, industria en la forma mas objetiva posible**
- **Ensayos simples "con y sin", para ver que pasa, apuntando a las condiciones de suelo donde una deficiencia es probable**
- **Veo grupos trabajando muy bien en Argentina, y pronto van a tener un volumen tal que les permitirá hacer sugerencias**
- **Pero hay que tener paciencia**

apmallar@iastate.edu
515-294-6200

