

Micronutrientes en Región Pampeana Argentina: Posicionamiento y Tecnología de Aplicación

Ing. Agr. (MSc.) Gustavo N. Ferraris

INTA EEA Pergamino



Ocho pasos en el Diagnóstico de Fertilización con Micronutrientes

A. Factores propios del suelo.

- 1- Baja Disponibilidad en suelo
- 2- Bajo contenido de MO
- 3- pH fuera del rango óptimo

B. Factores propios de un ambiente predisponente.

- 4- Antagonismos entre nutrientes
- 5- Períodos de estrés Moderados y permanentes
Transitorios y compensación posterior
- 6- Potenciación de otras prácticas agronómicas
- 7- Cultivos, secuencias y genotipos exigentes
- 8- Situaciones intra lote que justifiquen un manejo variable

1. Baja disponibilidad en los suelos

Umbrales críticos de respuesta a Zinc:

N°	Raj et al., 1996 (*) San Pablo	Galrao, 1998 (*) Cerrado	López et al., 1994 (**) Mina Gerais	Etchevers, 2006 (*) INIA, Chile
Bajo	<0,5	<1,0	<0,9	<0,5
Medio	0,6-1,2	1,1-1,6	1-1,5	0,5-1,0
Alto	>1,2	>1,6	>1,6	>1,0

Extractante :

(*) DTPA

(**) Mehlich I

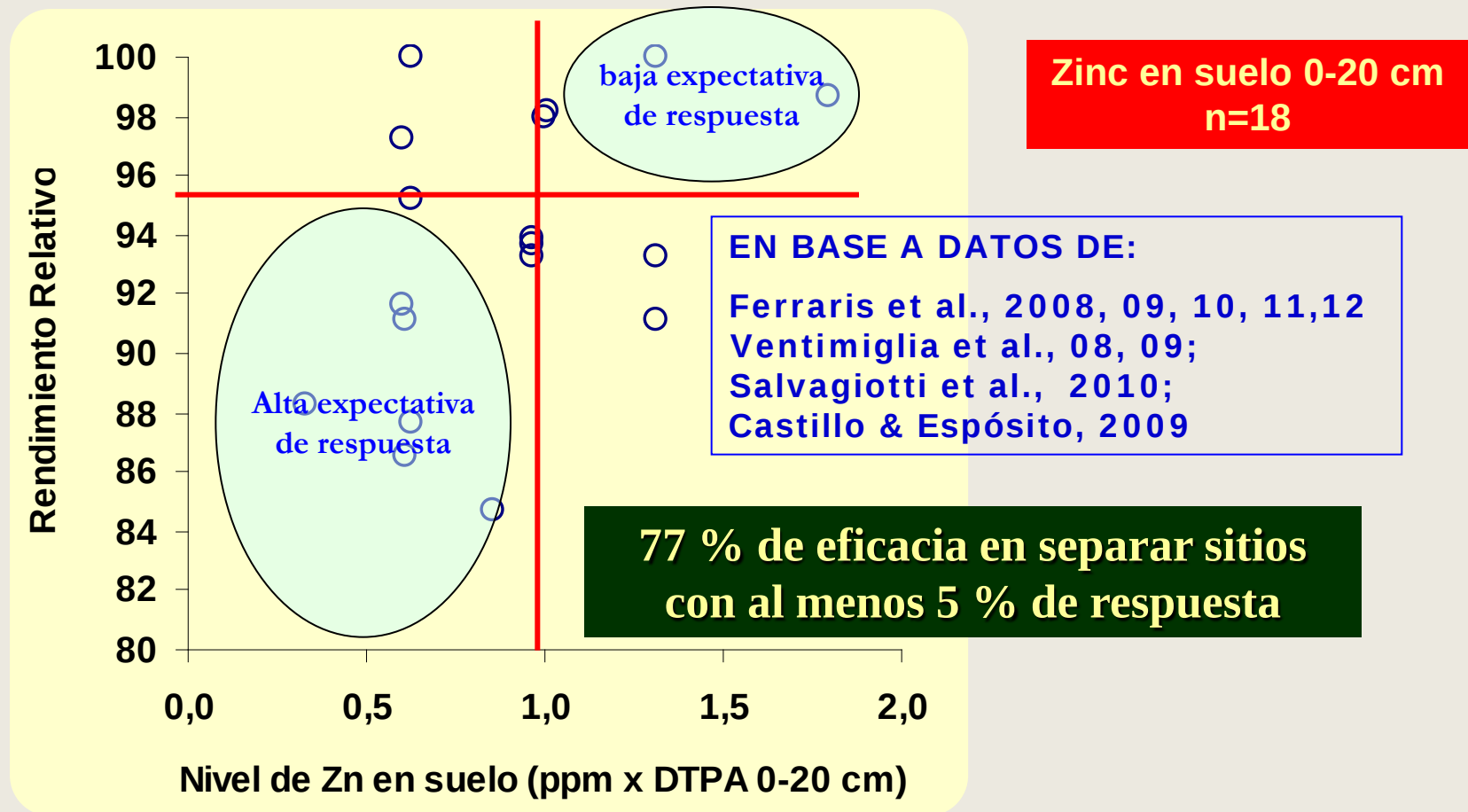
Menos de 1 ppm. Bajo o Intermedio
Mas de 1 ppm: Intermedio o Alto



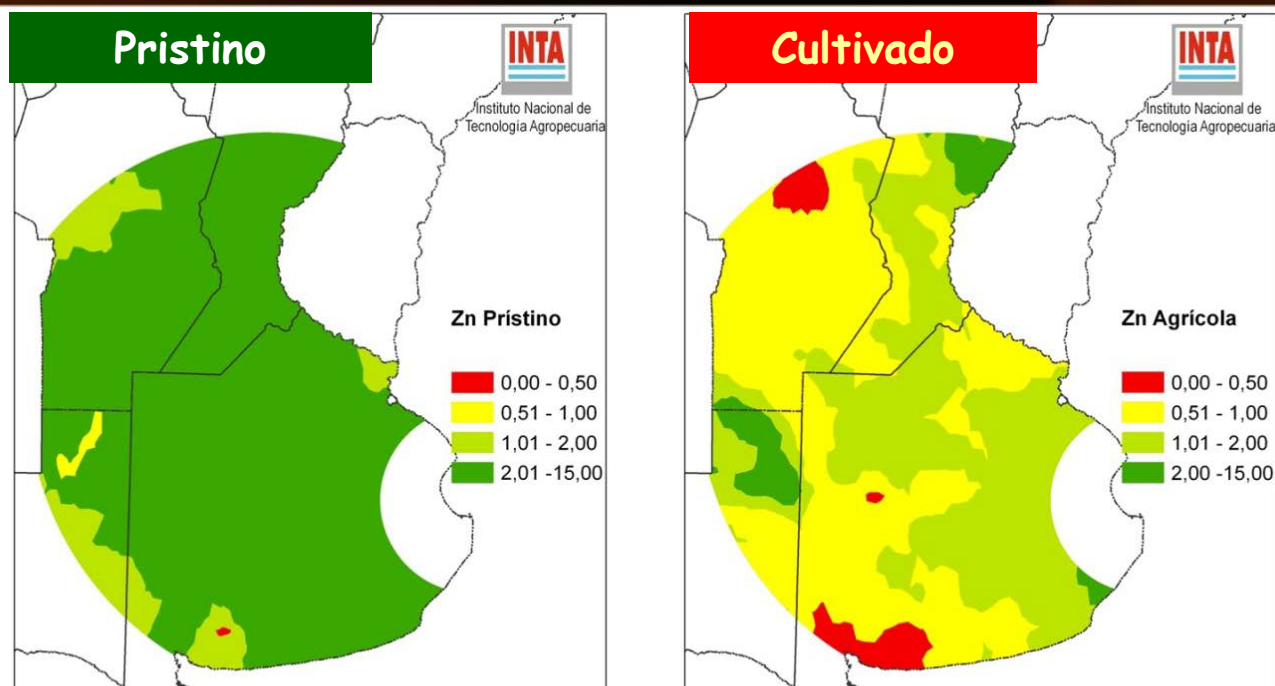
Contaminantes:

- acero galvanizado
- bronce
- caucho

1. Baja disponibilidad en los suelos



Una amplia región de Cultivos podría estar en el rango deficitario



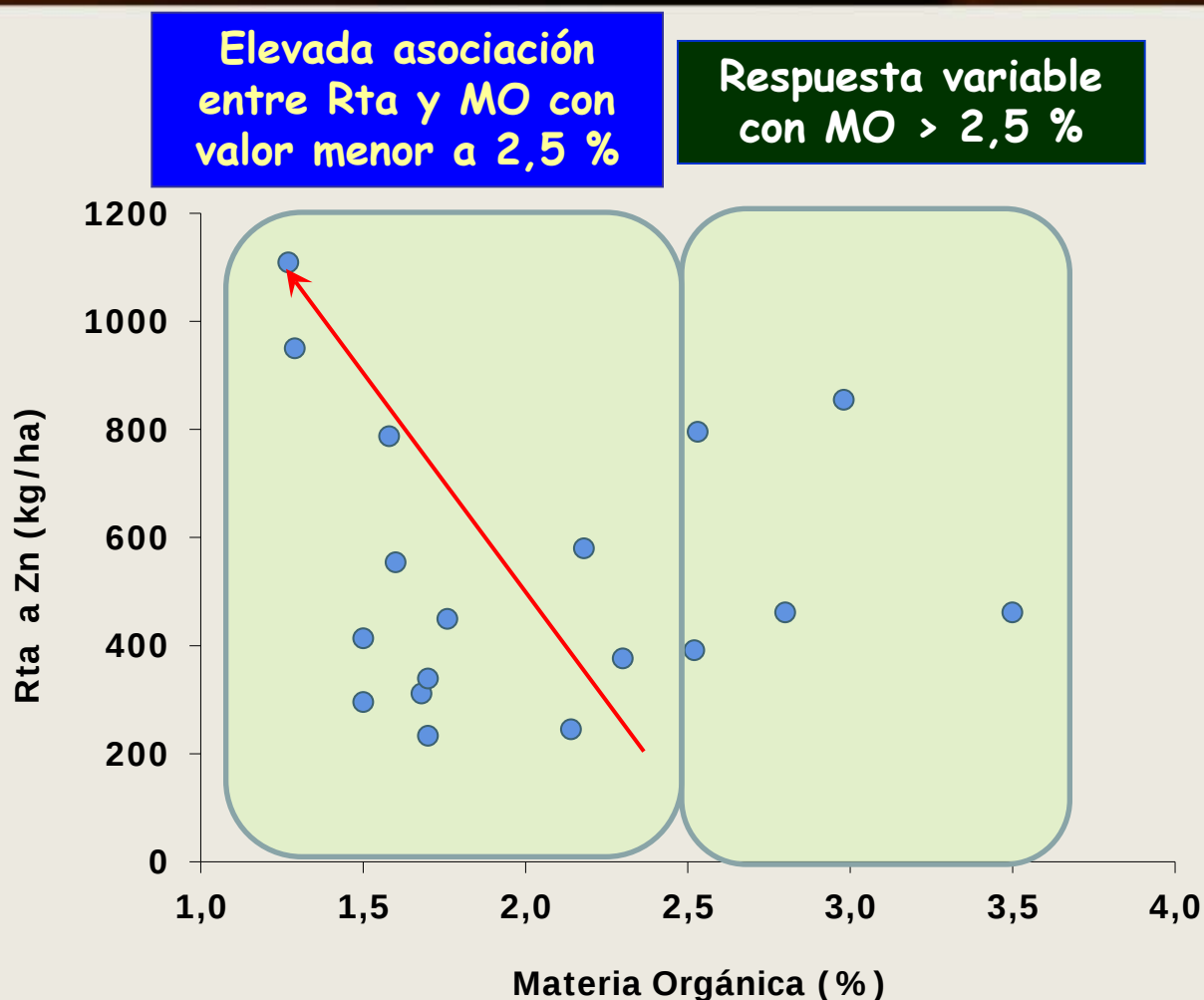
Variables correlacionadas con la disponibilidad de Zinc:

P (+), MO (+), pH (-)

Zona	Uso	n	Prom	DS	Mín	Máx	Percentil		
							0,25	0,50	0,75
----- Zn (mg/kg) -----									
Norte Bs As y sur de Sta Fe	Agric	53	1,59 b	1,31	0,31	5,57	0,73	1.07	1,84
	Príst	37	6,13 a	3.85	1,09	12,66	2,60	4,82	8,82
Oeste de Bs As y este de La Pampa	Agric	47	0,99 b	0,47	0,23	2,46	0,66	0,85	1,37
	Príst	34	3,45 a	2,50	0,35	8,63	1,33	2,93	5,62
Sur de Bs As	Agric	46	1,04 b	6,74	0,26	3,41	0,57	0,83	1,31
	Príst	33	2,94 a	2,43	0,71	10,44	1,41	1,93	3,42
Eyherabide et al., 2012. CACS									

Eyherabide et al., 2012. CACS

2. Contenido de Materia orgánica de los suelos.

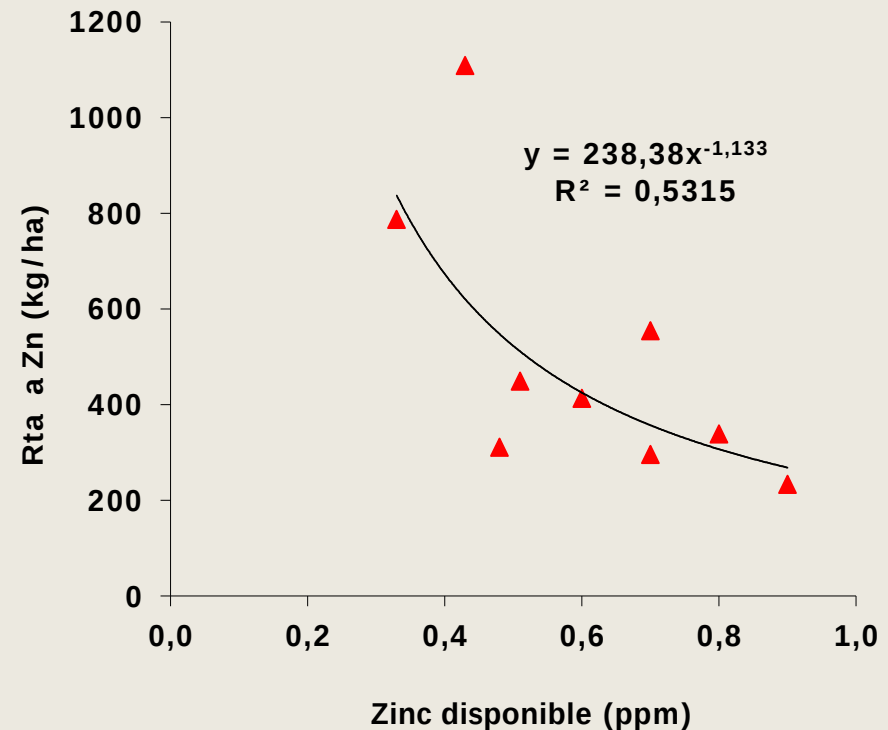
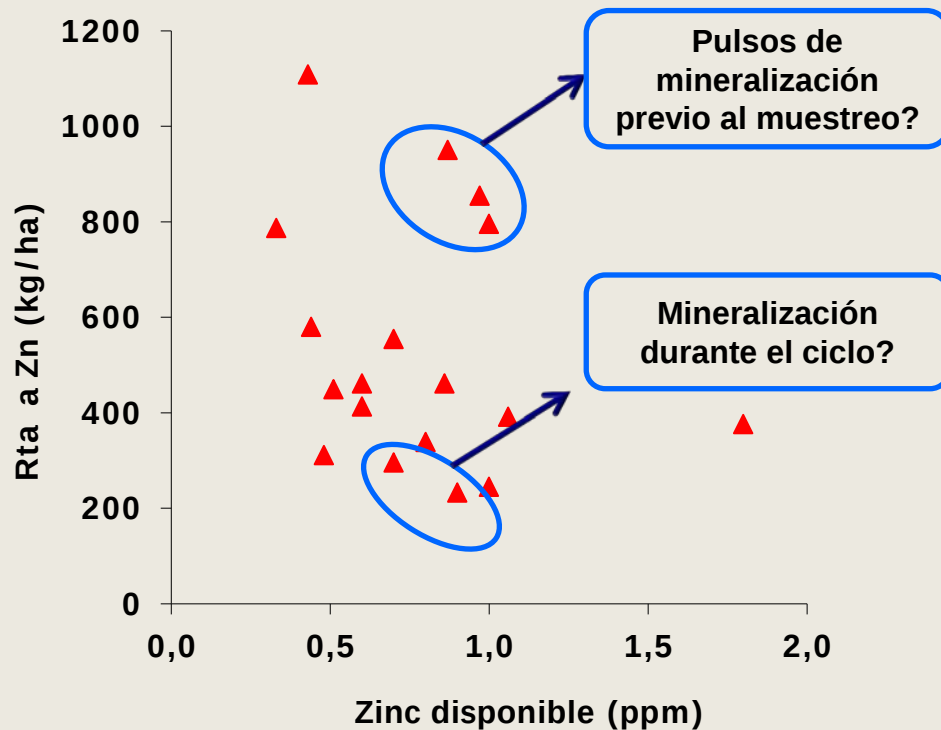


Financiado por Bunge Argentina. Sitios realizados por INTA Pergamino, UNRC, INTA 9 de Julio, INTA Rafaela, DZD Agro. 16 sitios de la Región Pampeana.

Índices Combinados: Contemplar el contenido de MO mejora los ajustes

Menos precisión del análisis en sitios con elevada MO.

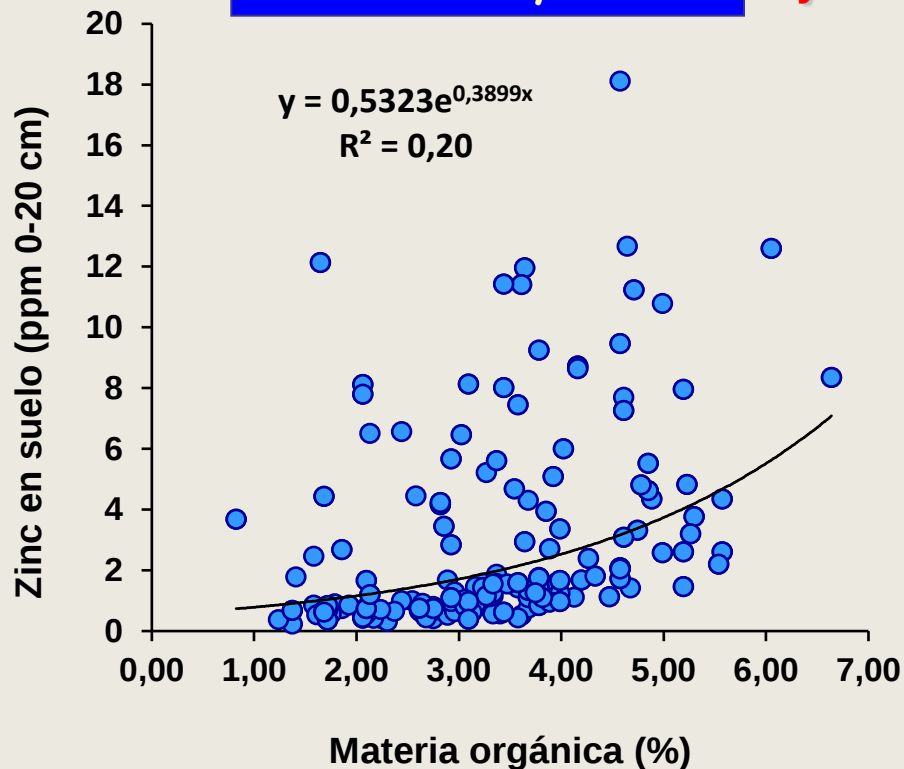
- * Con menos de 2% de MO ningún sitio tiene más de 1 ppm de Zn.
- * Elevada precisión del análisis.



Financiado por Bunge Argentina. Sitios realizados por INTA Pergamino, UNRC, INTA 9 de Julio, INTA Rafaela, DZD Agro. 16 sitios de la Región Pampeana.

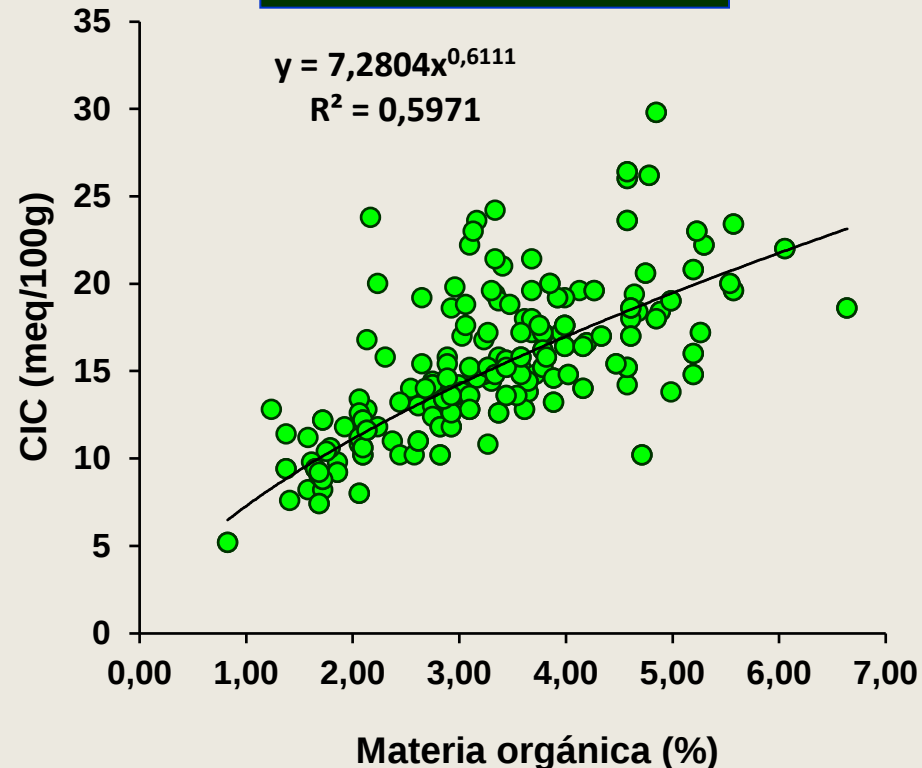
Variables que explican el contenido de Zn en suelo

**Moderada relación
entre Zn y MO**



**Centro – Norte
y Oeste Bs As**

**Alta relación entre
CIC y MO**



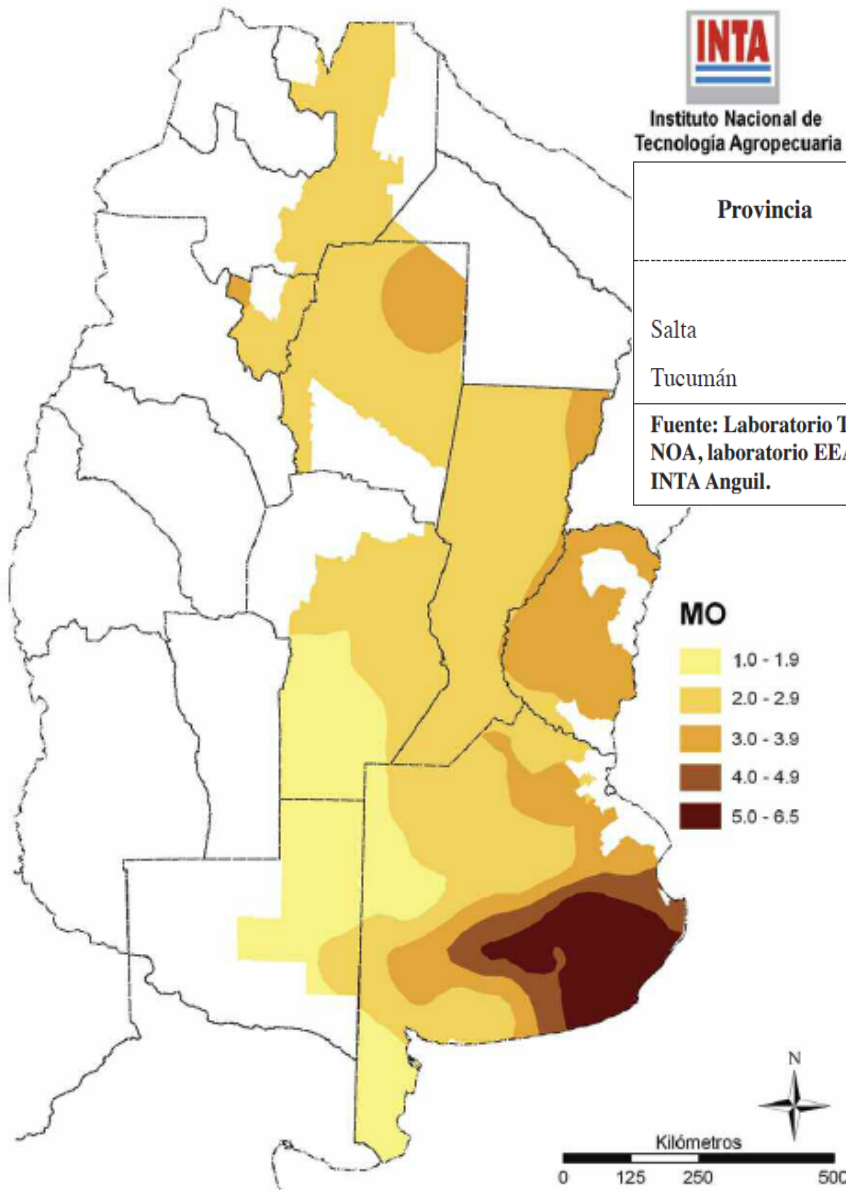
* Un aumento en la CIC incrementa la capacidad potencial de retener cationes.

* La Disponibilidad actual dependerá del nivel de extracción a lo largo del tiempo

Niveles de MO en suelos de Argentina



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Provincia	No. de muestras	Promedio	Desvío estándar	Mínimo	Máximo	----- Percentil -----		
						0.25	0.50	0.75
----- % -----								
Salta	373	2.4	0.5	0.9	5.8	2.1	2.3	2.6
Tucumán	641	2.6	0.5	0.4	5.9	2.3	2.6	2.9
Fuente: Laboratorio Tecnoagro, laboratorio Suelofertil de ACA Pergamino, laboratorio ISETA de 9 de Julio, laboratorio Tecnosuelo NOA, laboratorio EEA INTA Oliveros, laboratorio EEA INTA Marcos Juárez, laboratorio EEA INTA Balcarce y laboratorio EEA INTA Anguil.								

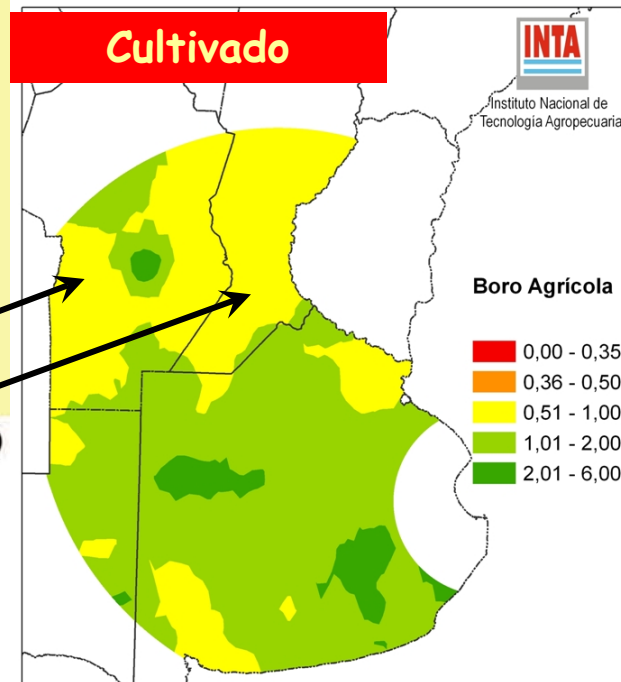
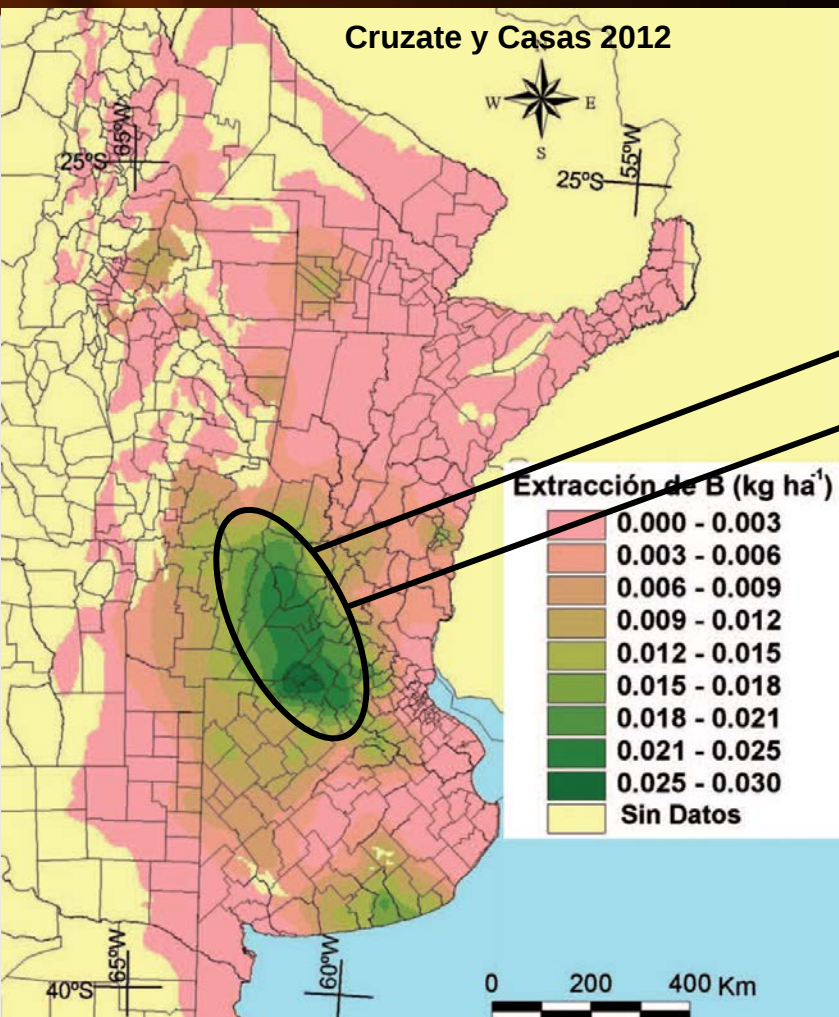
Conclusiones:

Los mayores niveles de MO se determinaron en el Sudeste, y los más bajos hacia el Oeste y Norte de Argentina. Los contenidos actuales representan entre el 47 y 63 % de los originales.

n=31380

Sainz Rosas et al., 2008

Niveles actuales de B en suelos de la Región Pampeana ESTE



Variables correlacionadas con la disponibilidad de Boro:

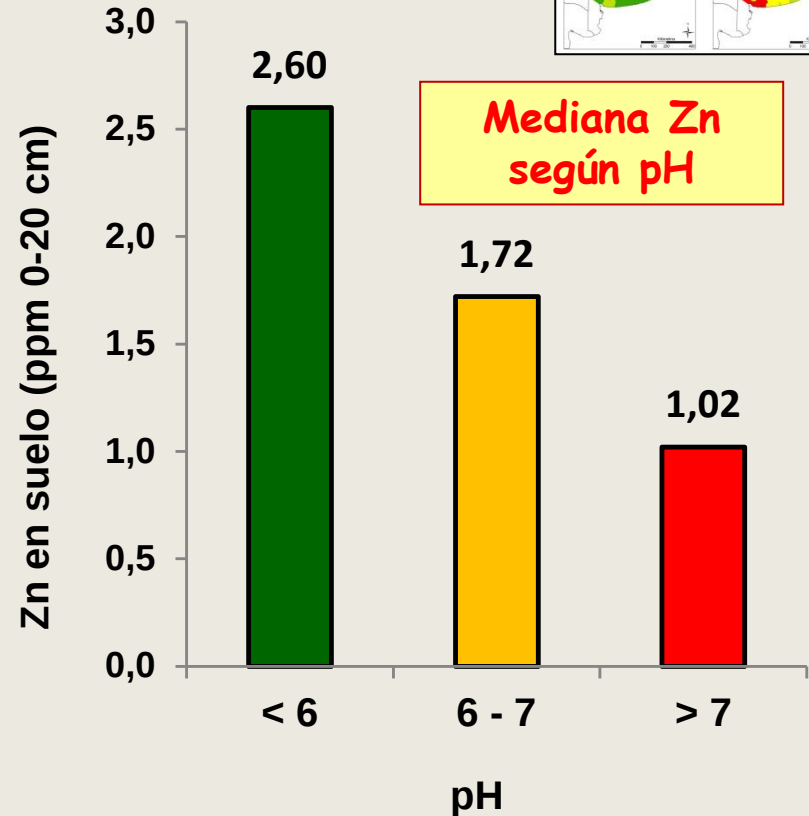
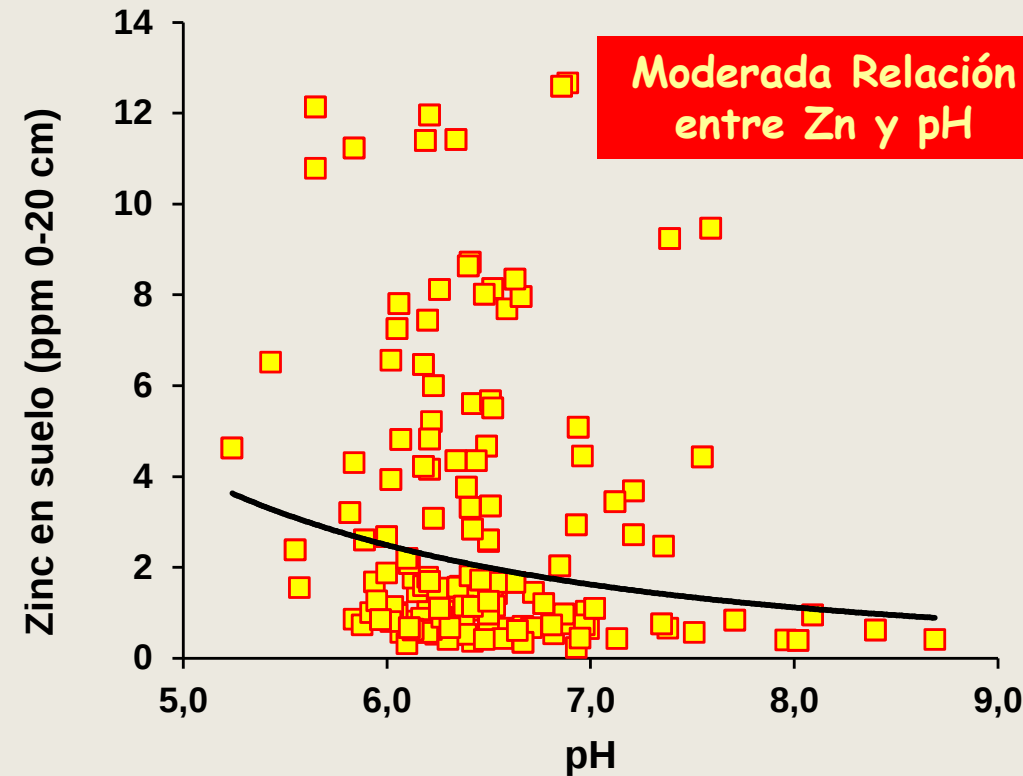
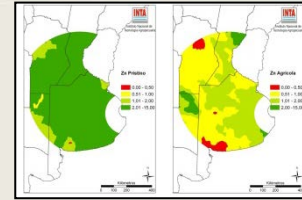
P (+), MO (+), pH (+)

	Percentil				
OS	Mín	Máx	0,25	0,50	0,75
48	0,41	2,70	1,16	1,37	1,60
58	1,16	3,62	1,74	1,96	2,40
44	0,65	2,75	1,69	1,84	2,09
89	0,89	4,66	1,88	2,35	3,07
0,57	0,86	3,13	1,63	2,04	2,28
0,91	0,77	3,91	1,92	2,51	2,99

Sainz Rosas et al.,
2012. CACS

3. pH fuera del rango óptimo

Centro – Norte y Oeste Bs As



Aumento del pH disminuye la disponibilidad de Zn (Mayor influencia pH > 6,5)

3. pH fuera del rango óptimo

Carencia de Hierro (Fe) inducida por alcalinidad sódica



Rojas, Bs. As.

3. pH fuera del rango óptimo

Deficiencia de Cationes: (Zn, Fe, Mn) por presencia de carbonatos en suelos vertisoles

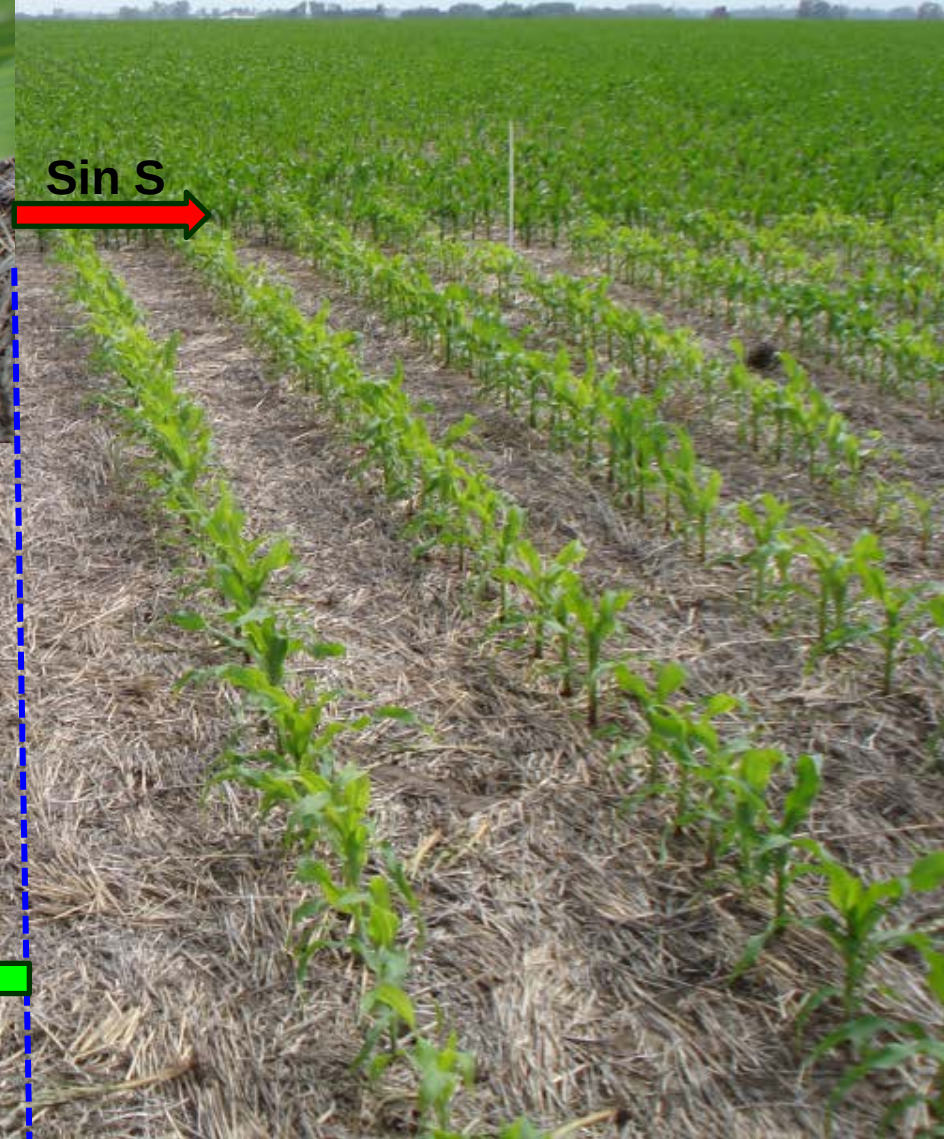


Rosario del Tala, Entre Ríos.

Azufre?

Factores propios del ambiente

4. Interacciones (+👍) entre nutrientes



Sin S

Con S

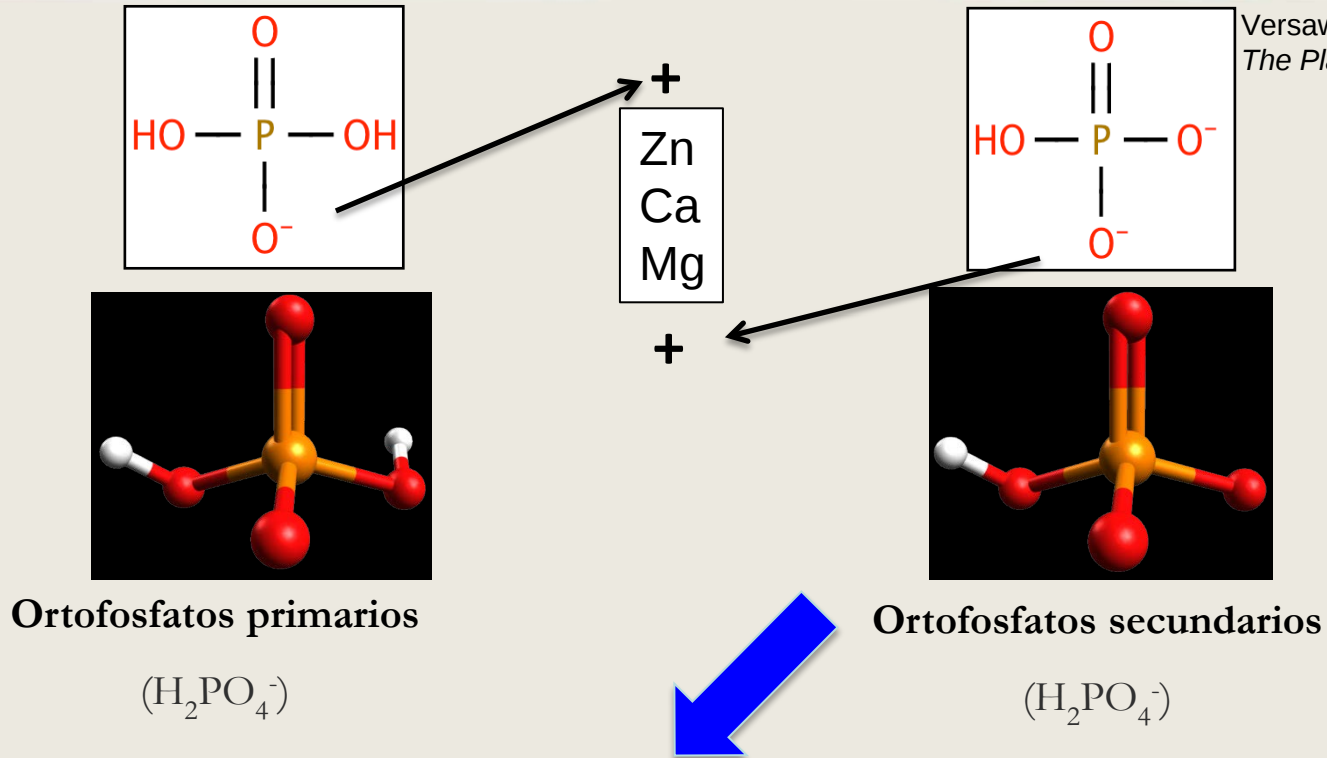
I+

4. Interacciones (-👉). En corto plazo: Acomplejamiento de Zn en C

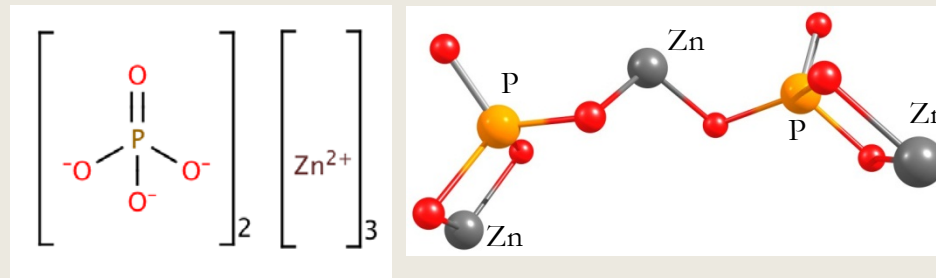
Colón, BsAs, Oct 2011



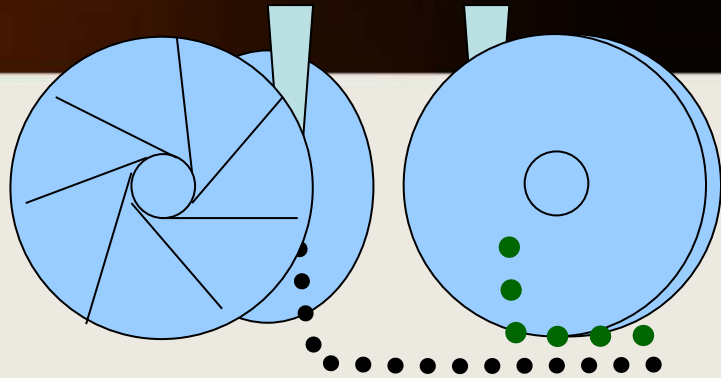
4. Interacciones (-👉). Fijación de Zn por Fosfatos



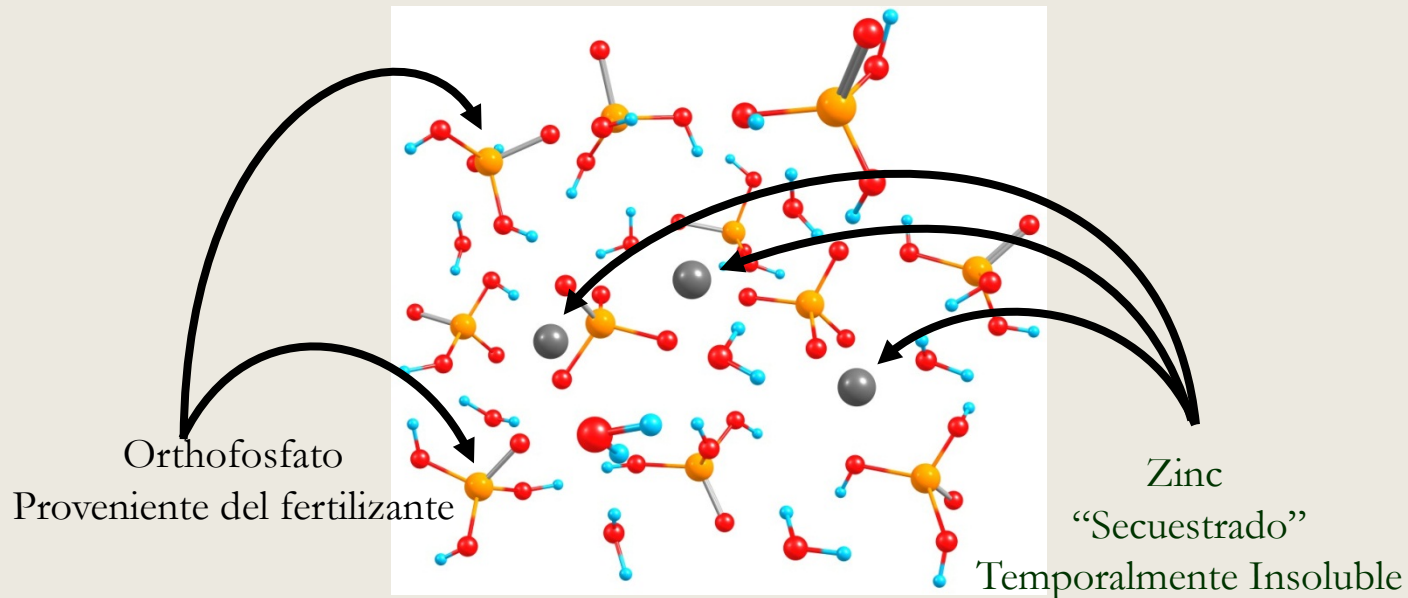
Versaw, W.K.; Harrison, M.J.
The Plant Cell 2002, 14, 175



4. Interacciones (-👎)



Fijación de Zn por
fertilización localizada con P



Zonas de alta concentración de P disminuyen la población de m.o.
solubilizadores y micorrizas

4. Interacciones (-👎). Antagonismo Zn - P



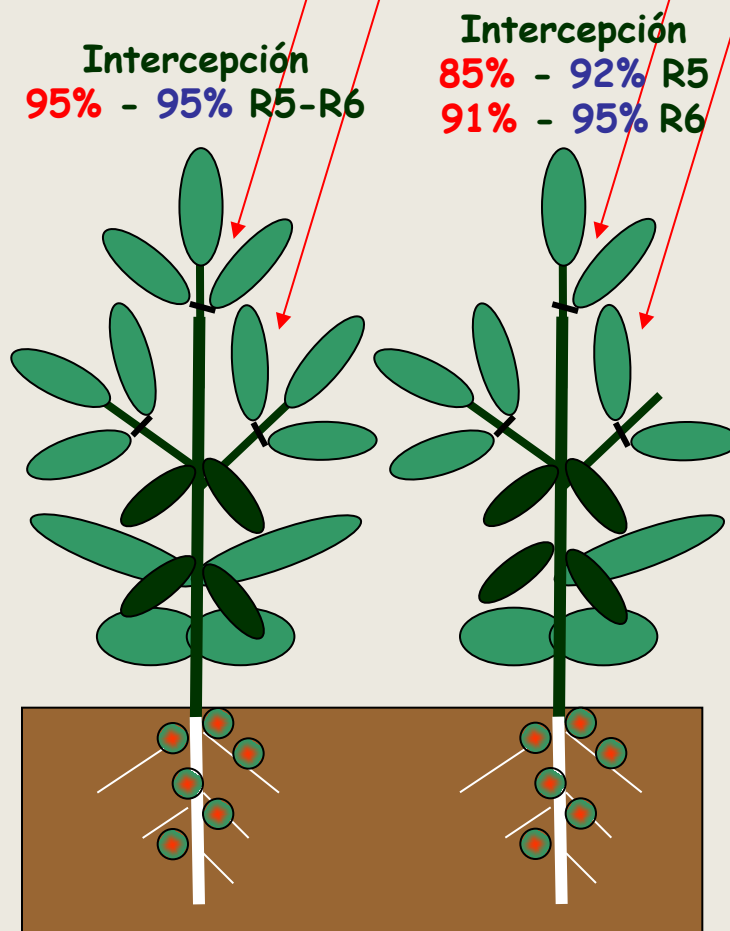
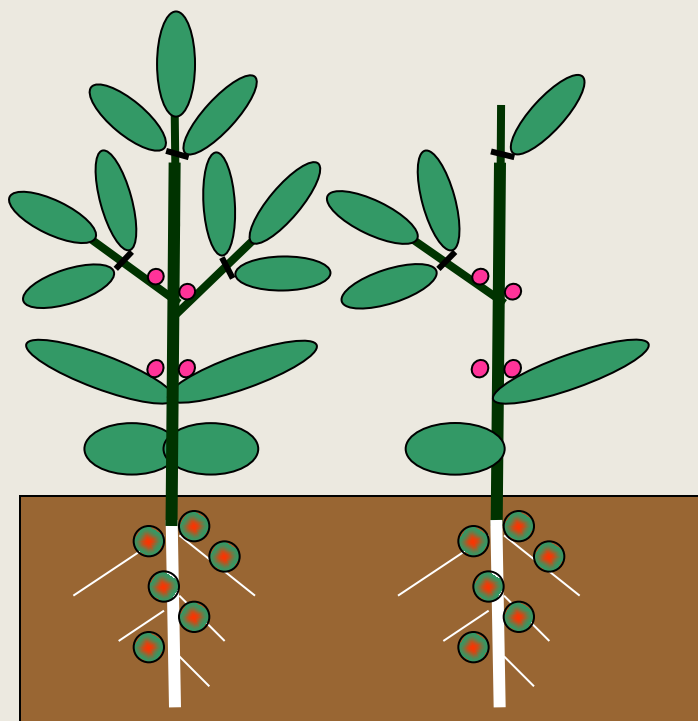
Híbrido 1

Híbrido 2

5. Recuperación luego de un estrés severo

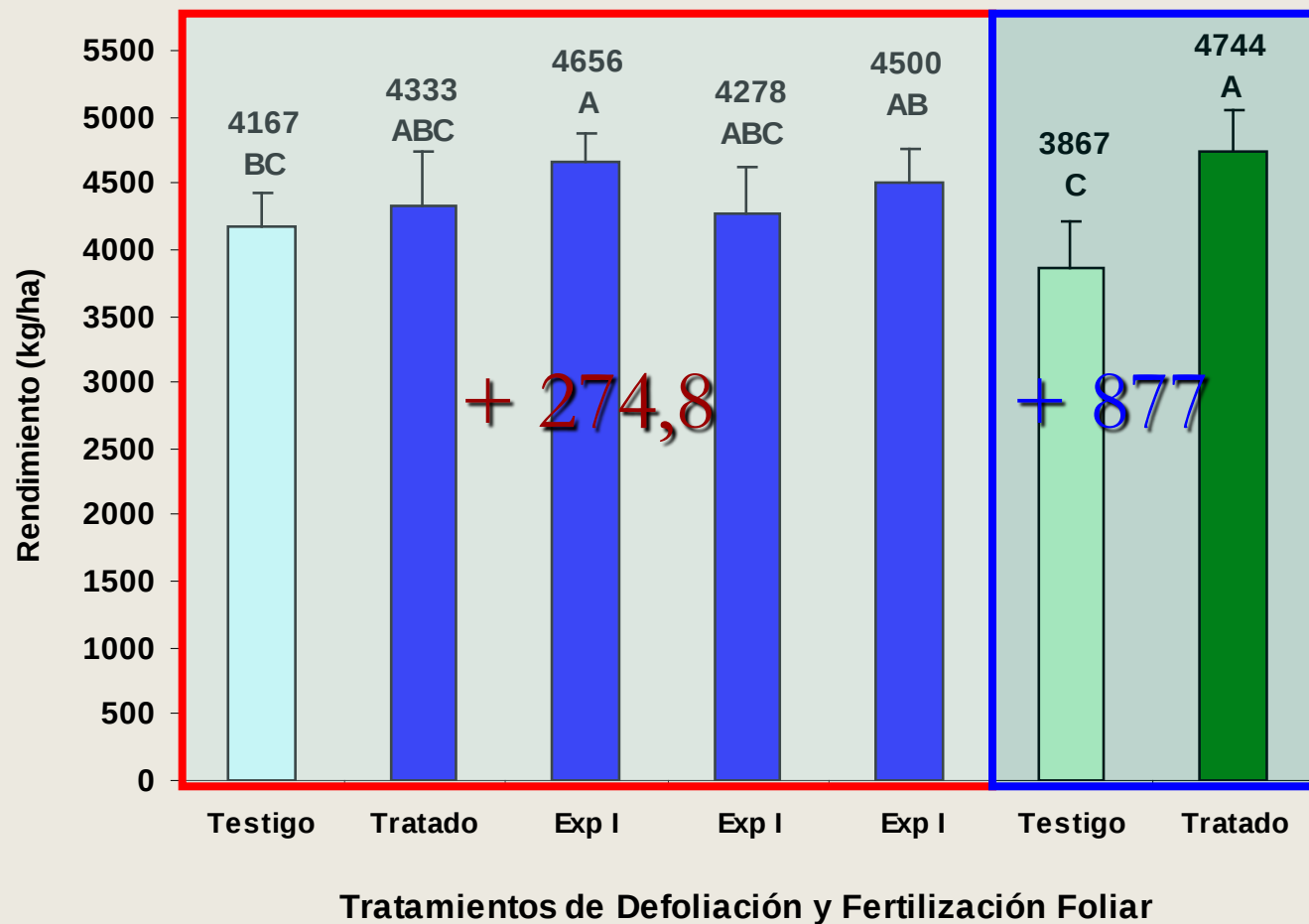
Recuperación post-defoliación en Soja. La Trinidad, General Arenales

Defoliación 50 % R1



5. Recuperación luego de un estrés severo

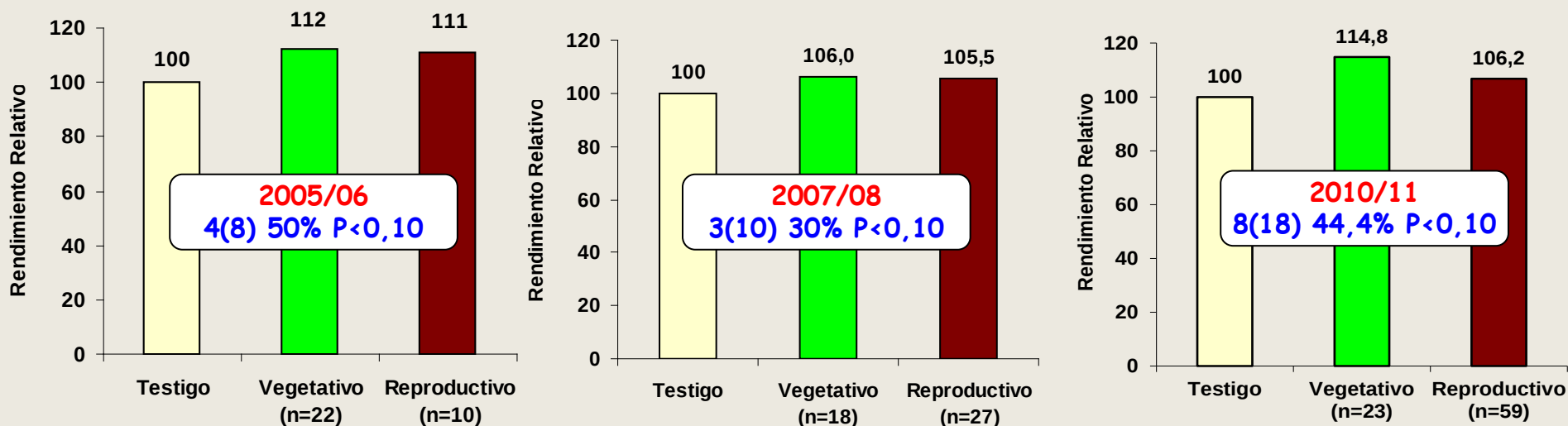
Recuperación post-defoliación en Soja. La Trinidad, General Arenales



5. Tolerancia a un estrés moderado permanente

Campañas 2005/06 a 2011/12

72 ensayos en la Región Norte de Bs As y Sur de Santa Fe



Ciclos 1ra Niña (sequía moderada)

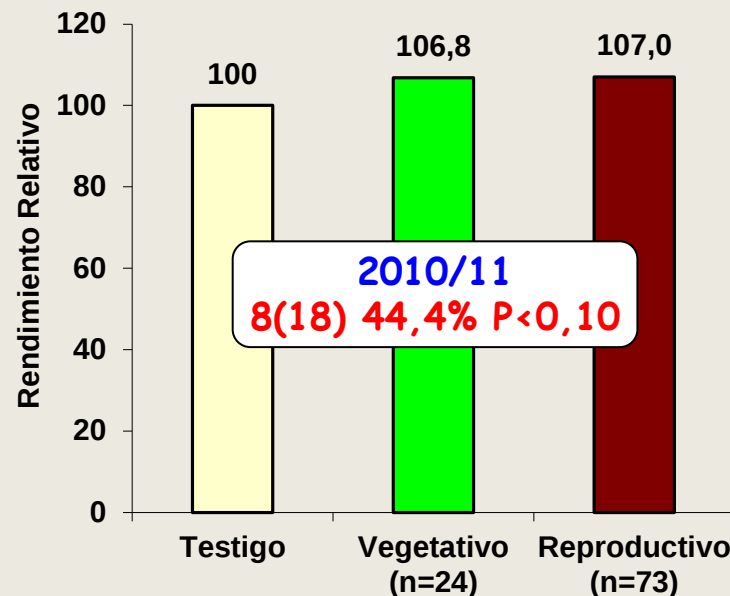
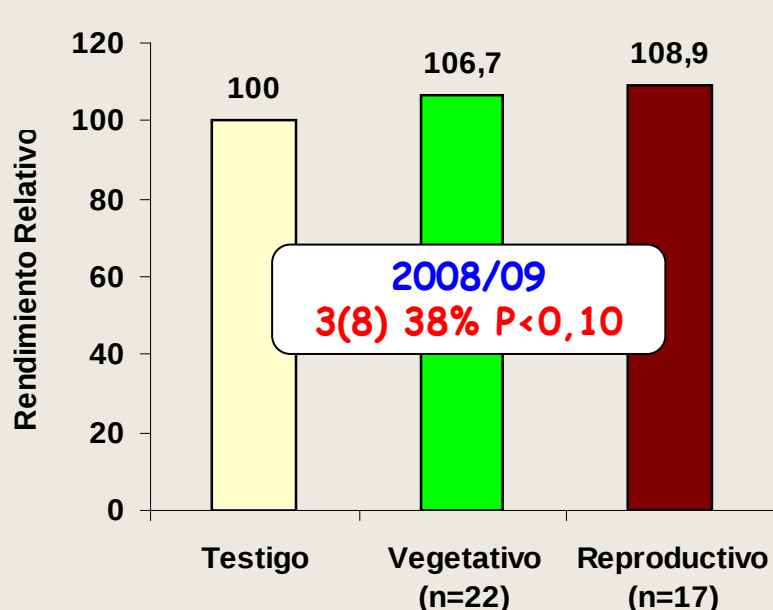
17 (36) ensayos con respuesta (47 % $P < 0,10$)
Estados vegetativos: 111,3
Estados reproductivos: 106,5

Ferraris et al., 2013

5. Tolerancia a un estrés moderado permanente

Campañas 2005/06 a 2011/12

72 ensayos en la Región Norte de Bs As y Sur de Santa Fe



Ciclos 2da Niña (sequía muy severa)

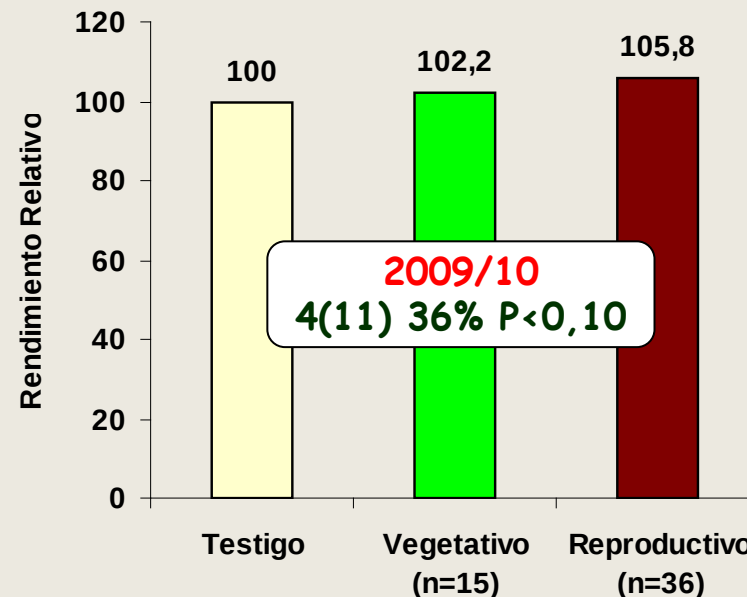
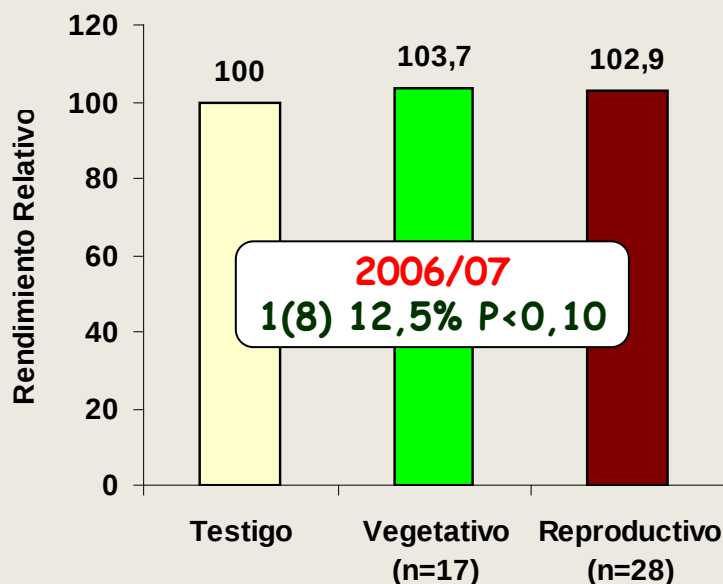
14 (23) ensayos con respuesta (61% $P < 0,10$)
Estados vegetativos: 106,8
Estados reproductivos: 107,0

Ferraris et al., 2013

5. Tolerancia a un estrés moderado permanente

Campañas 2005/06 a 2011/12

72 ensayos en la Región Norte de Bs As y Sur de Santa Fe



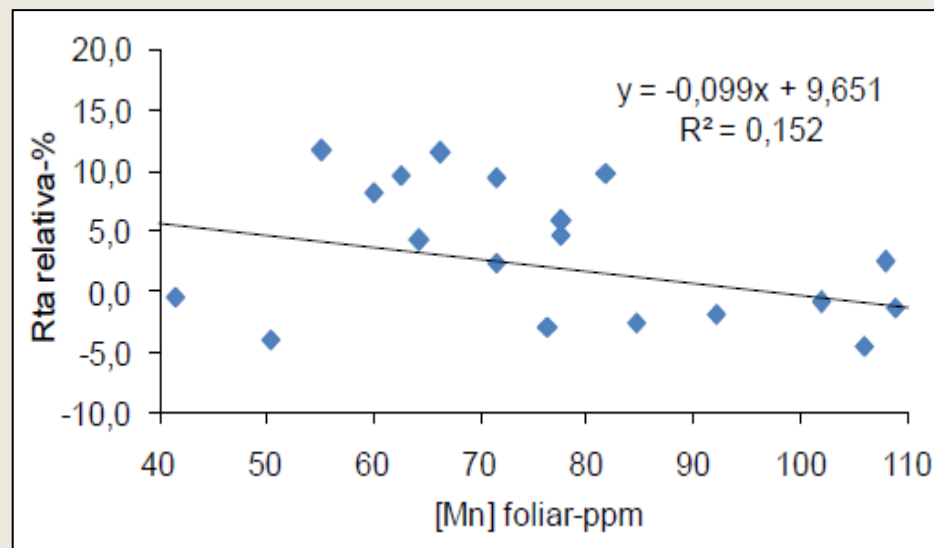
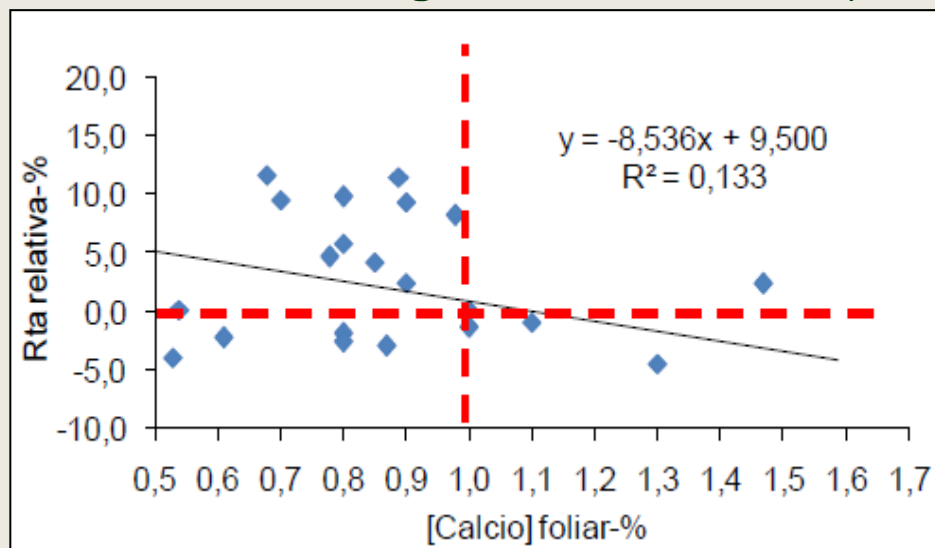
Ciclos El Niño (año húmedo)

5 (19) ensayos con respuesta (26% $P < 0,10$)
Estados vegetativos: 103,0
Estados reproductivos: 104,5

Ferraris et al., 2013

Diagnóstico del estrés

El estrés puede ser diagnosticado a través de la concentración foliar de algunos elementos que actúan como indicadores.



Satorre et al., 2012.

Proyecto fertilización foliar en soja
Ensayos AACREA - INTA - FAUBA - UNLP
n=23. Campañas 2010/11 y 2011/12

Bajo nivel de Calcio y Manganeso foliar están correlacionados con altos niveles de estrés, cambios hormonales y elevada expectativa de respuesta a micronutrientes.

6. Efecto de Trofobiosis: Carencias nutricionales perjudican la sanidad

Zinc y Boro proveen resistencia contra infecciones x patógenos



Zinc y Boro son necesarios para la integridad funcional y estructural de las membranas celulares

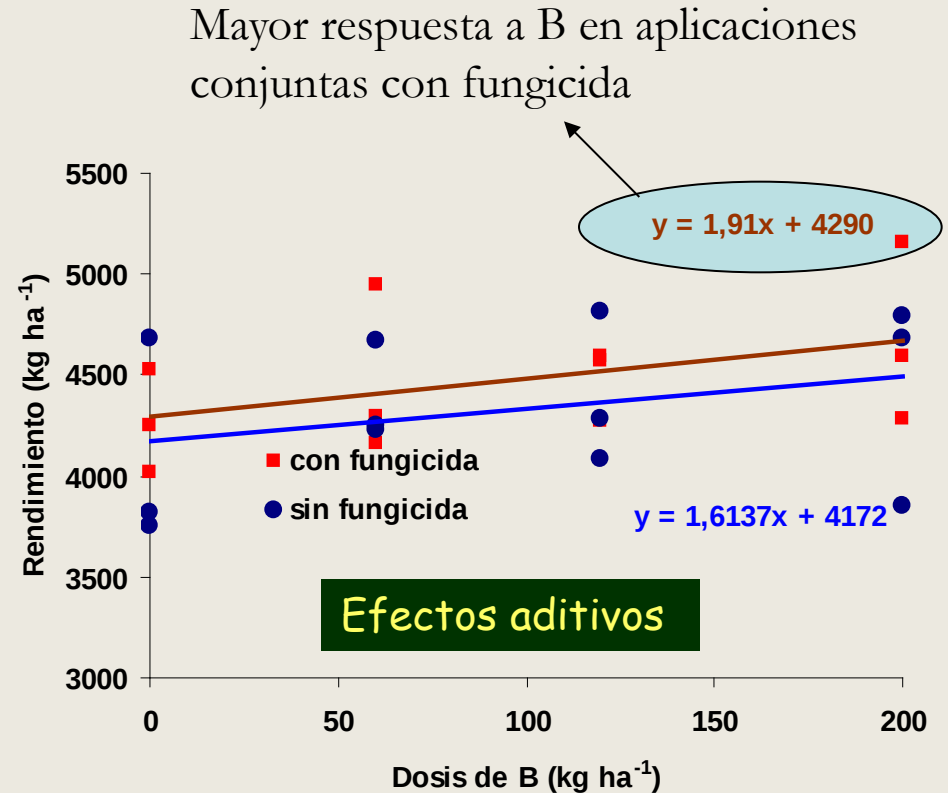
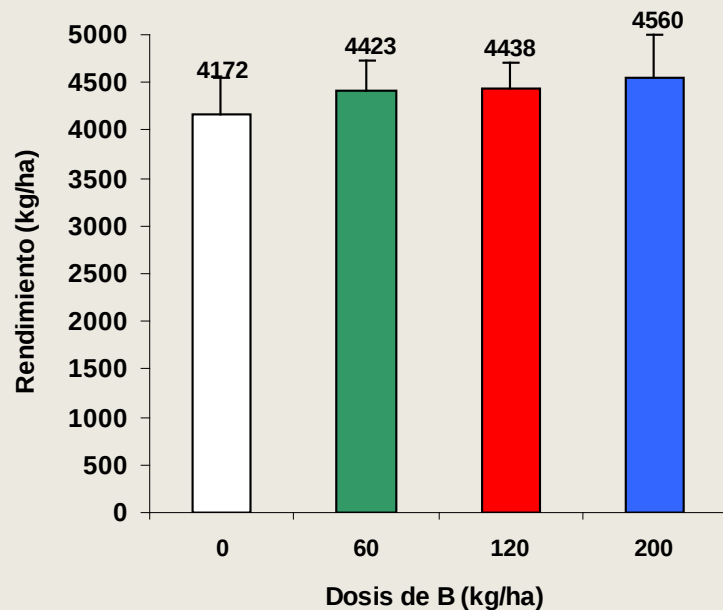
Cualquier daño a la integridad estructural celular resulta en membranas permeables y mayor liberación de exudados

Exudados radiculares: Sustrato alimenticio de los patógenos.

Cakman, 2011

6. Incrementos indirectos al potenciar prácticas adoptadas

Severidad de enfermedades foliares			
Tratamiento	R5	R6	
	MOR	MOR	Tizón foliar
Testigo	2	3	28,3
B 60	2	3	25,0
B 120	2	3	25,0
B 180	1	2,5	27,5
Test- FR1	1	2	21,7
B 60 + FR1	1	1,5	22,5
B 120 + FR1	1	1,5	20,0
B 180 + FR1	1	1	15,0

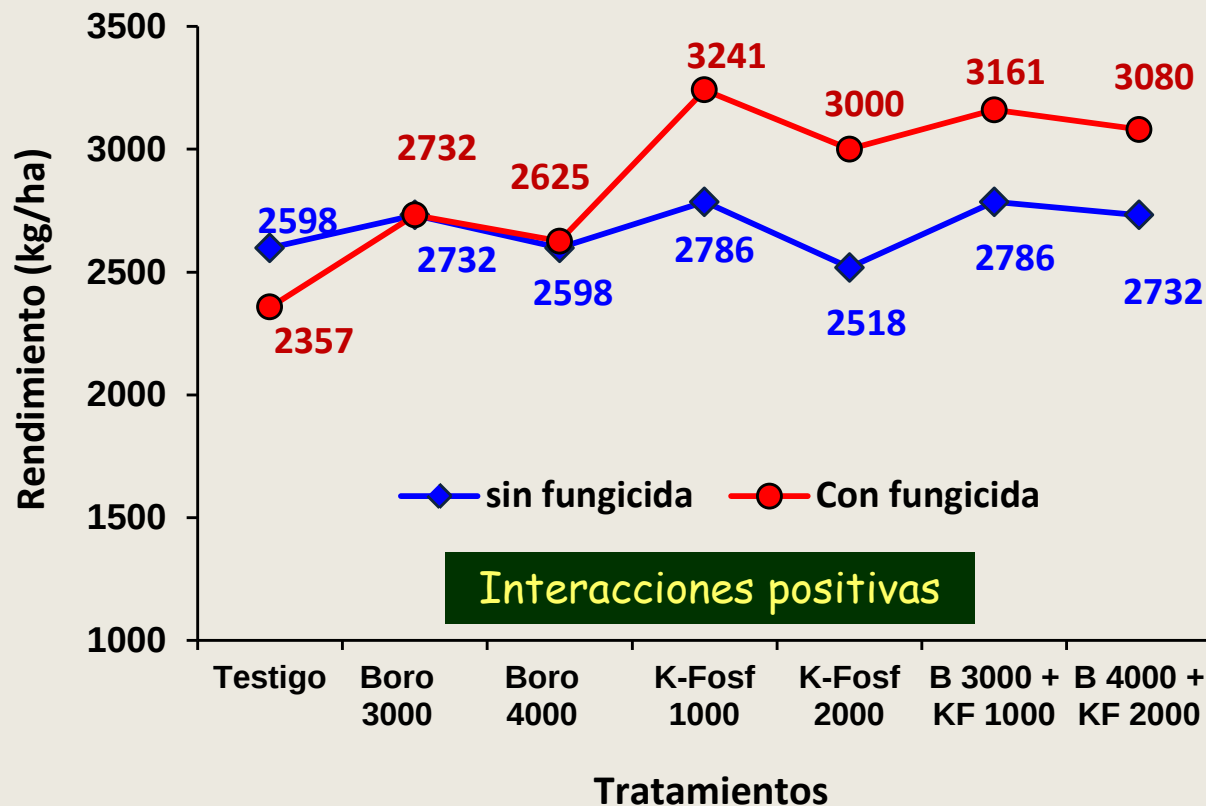


Pergamino.
Ferraris et al., 2011

6. Incrementos indirectos al potenciar prácticas adoptadas

Severidad de enfermedades foliares

Nº	Tecnolog asociada	Mmarrón APS (%) R4	Mmarrón APS (%) R6
T-A	Sin fungicida	22,0	40,0
B3000		20,0	38,0
B4000		20,0	37,0
KF1000		15,0	33,0
KF2000		15,0	33,0
B3000		15,0	30,0
KF1000		15,0	30,0
B4000		15,0	30,0
KF2000		15,0	30,0
T-A	Con fungicida (Triazol + estrobil)	10,0	15,0
B3000		10,0	15,0
B4000		10,0	15,0
KF1000		5,0	10,0
KF2000		5,0	10,0
B3000		5,0	10,0
KF1000		5,0	10,0
B4000		5,0	10,0
KF2000		5,0	10,0

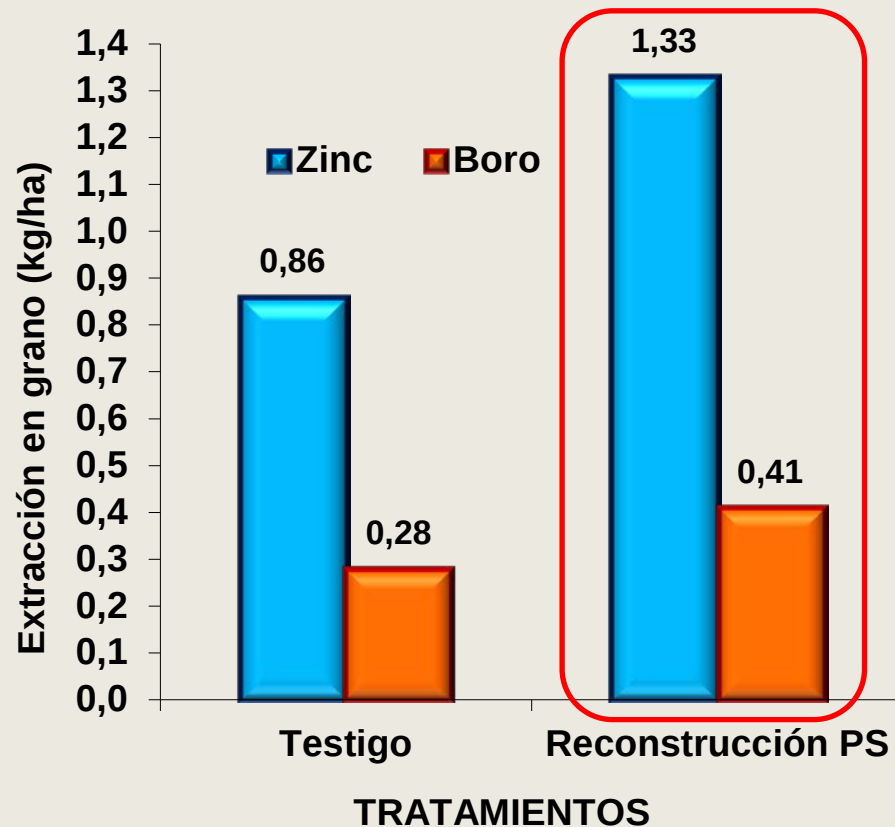


La Trinidad.
Ferraris et al., 2013

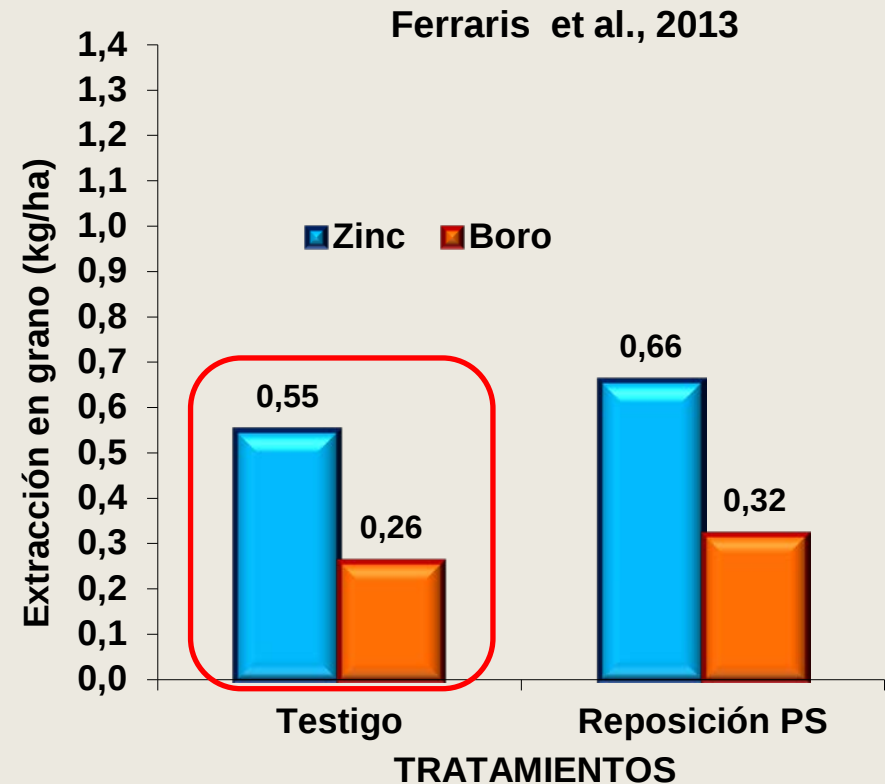
7. Secuencias intensivas de cultivo

Extracción en grano según secuencia de cultivos y fertilización con NPS

Secuencia Intensiva
Mz-Sj -Tr/Sj - Cb/Sj

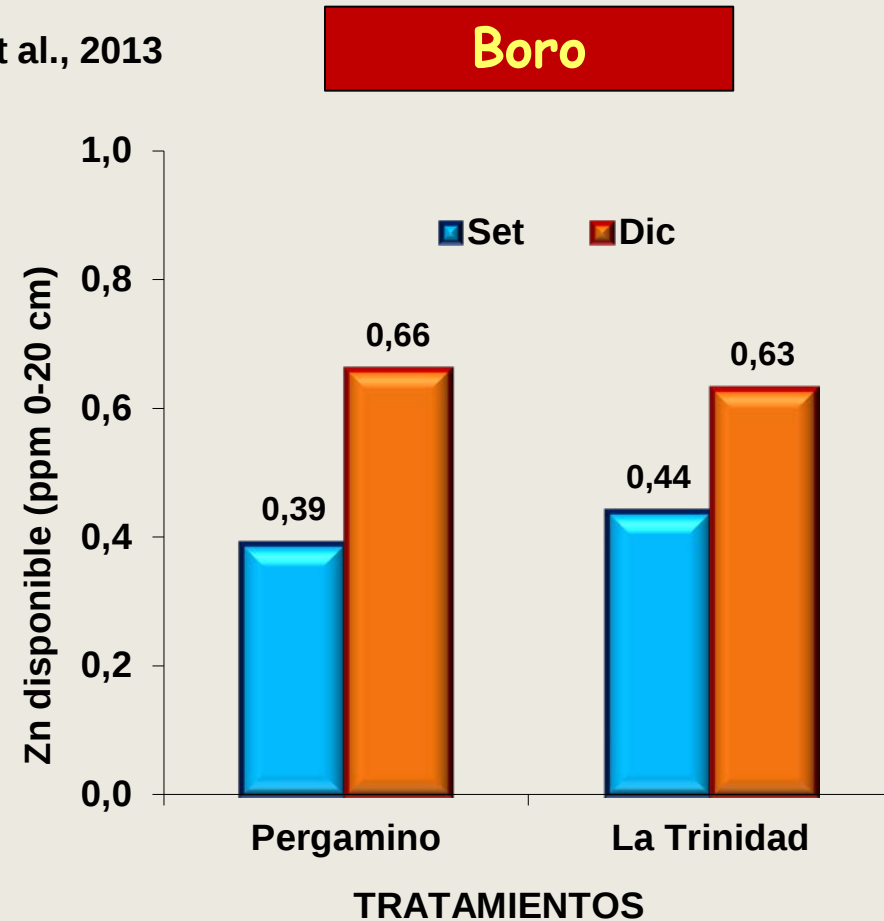
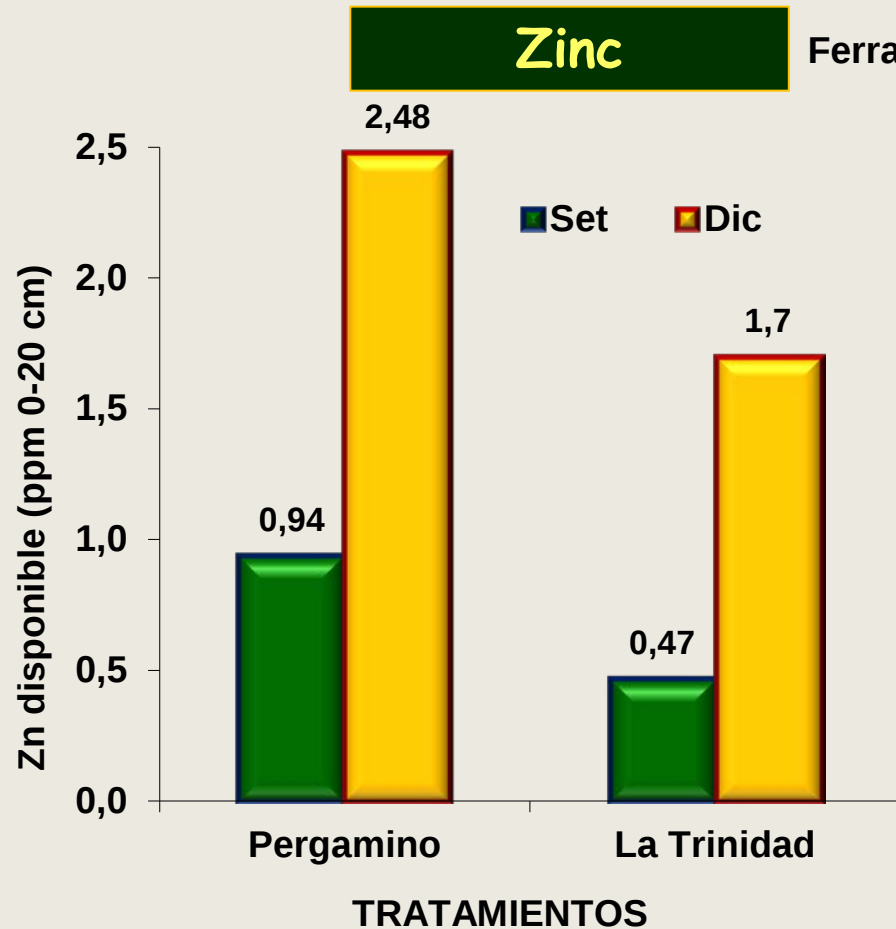


Monocultivo de Soja
Sj - Sj - Sj



7. Estacionalidad de los nutrientes

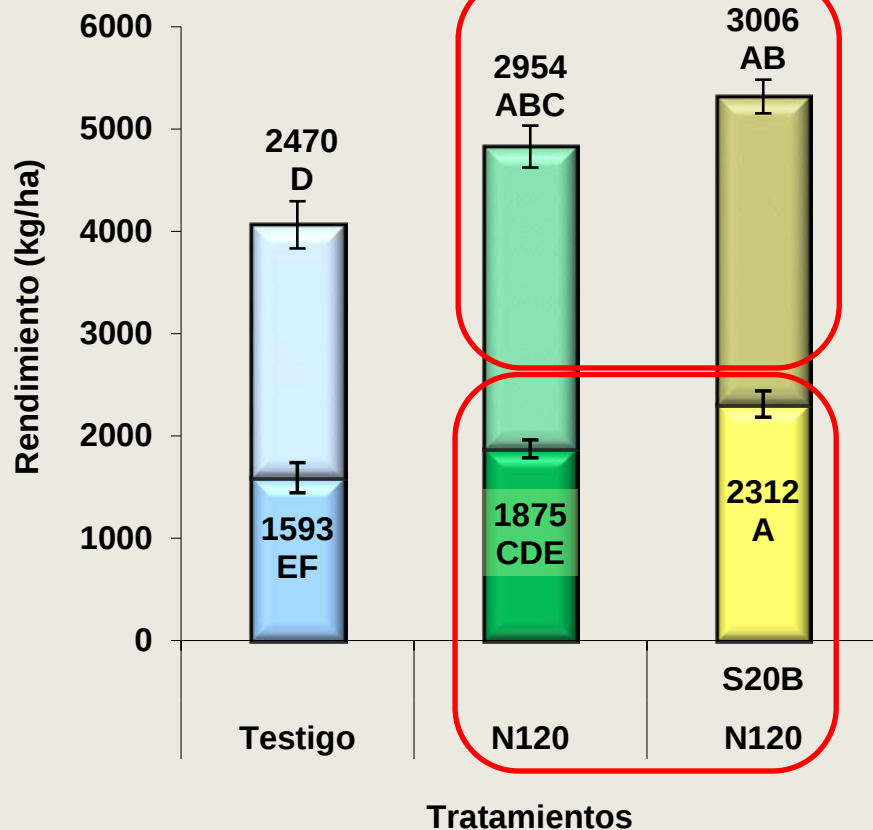
Disponibilidad según época del año (siembra Temp vs Tardía)



7. Respuesta a P según especie

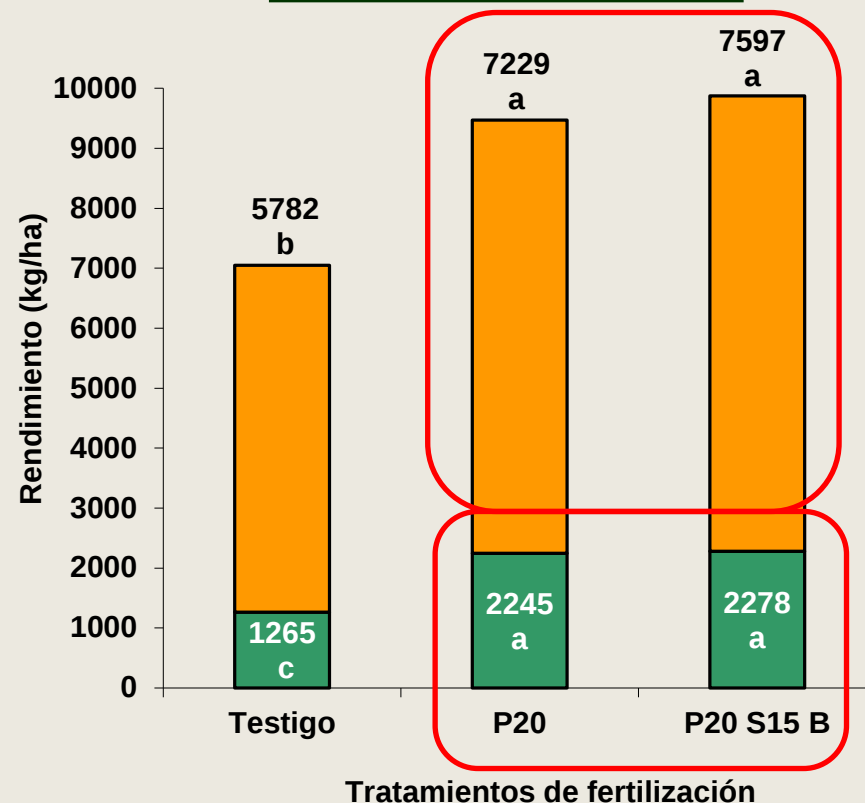
Colza/Soja

Ferraris et al., 2013



Soja de segunda
sin fertilización

Arveja/Maíz



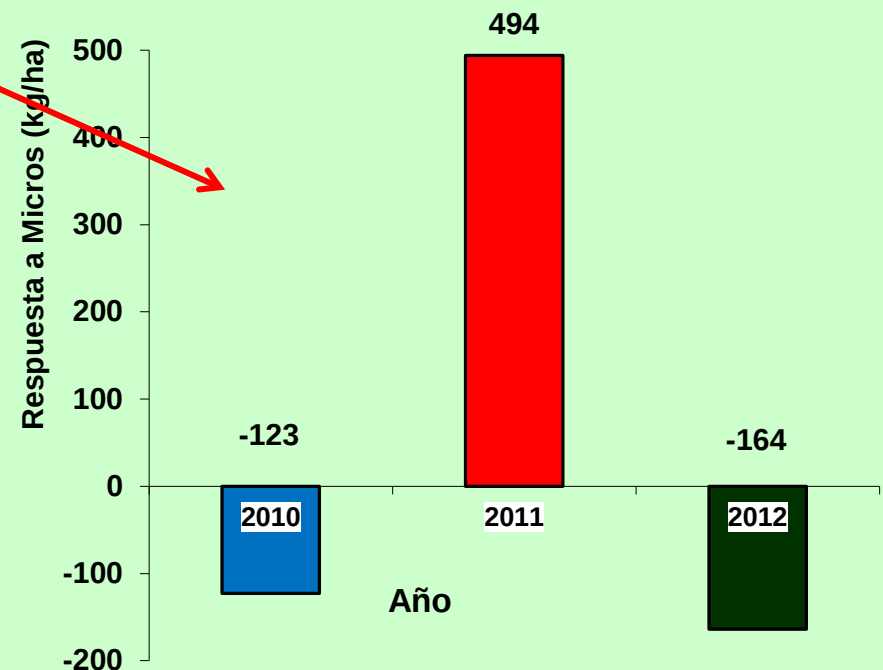
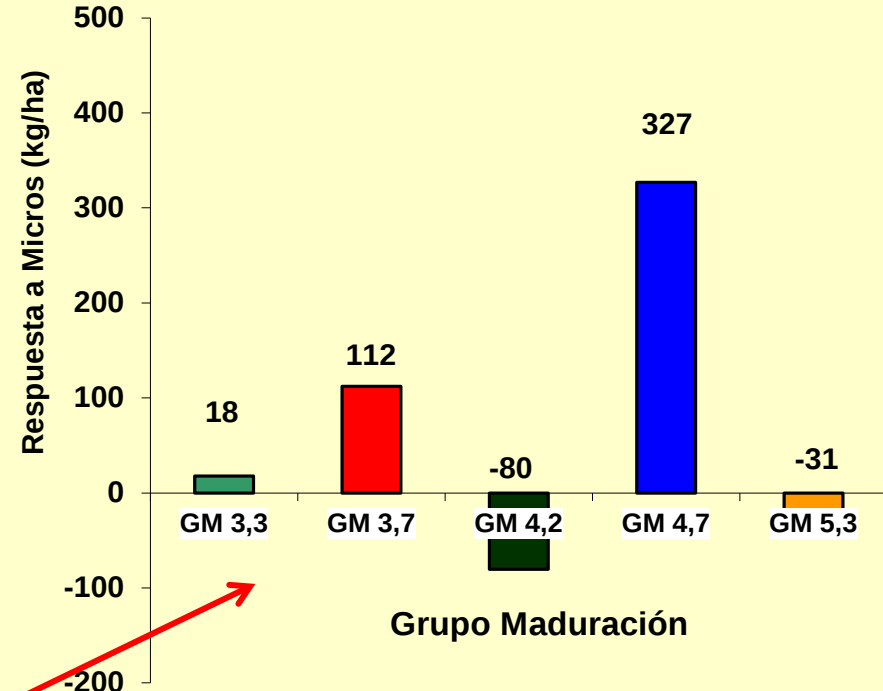
El Maíz de segunda recibió
solamente 100 kg Urea/ha

Respuesta Fósforo según Genotipo y Año

Tres Años
Fertilización x Variedad x GM

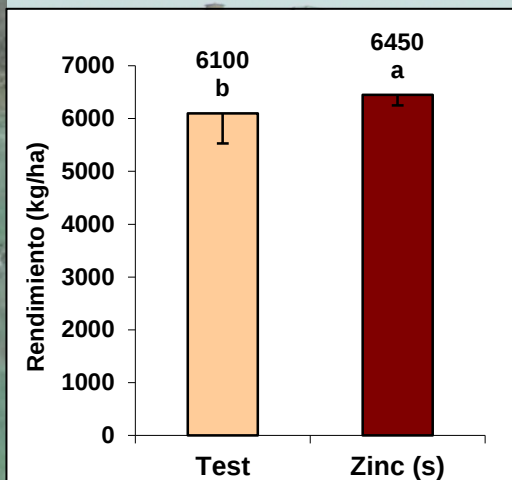
Tratamiento	Sig. Est (P=)
Año	0,000
Variedad	0,000
Fertilización	0,201
Año * Variedad	0,000
Año * Fertilización	0,000
Variedad * Fertilización	0,664
Año * Variedad * Fertilización	0,215
CV (%)	8,0

Ferraris et al., 2013

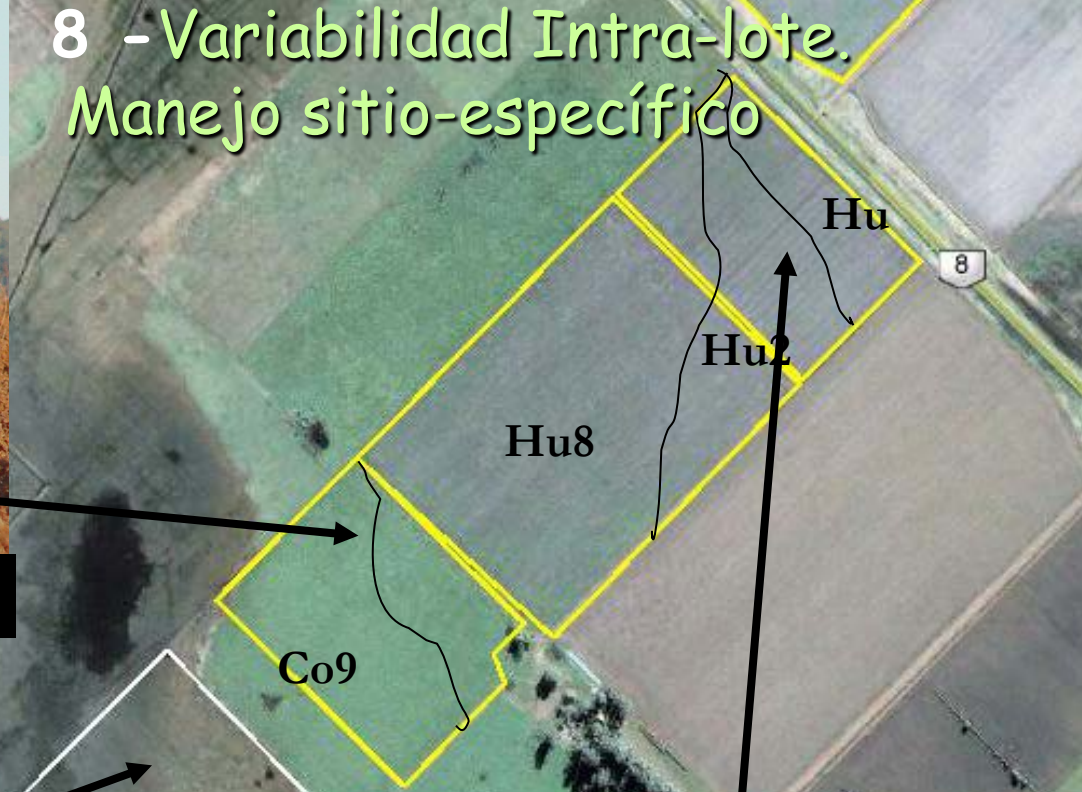


Suelo clase II y III degradado
 pH 7,5- PSI 18 – MO 2,83 – Zn 0,69

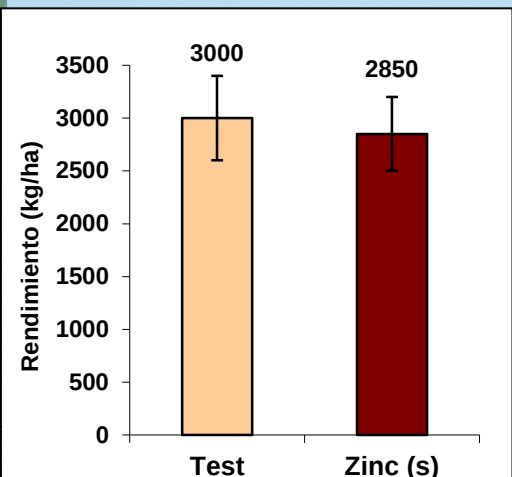
8 - Variabilidad Intra-lote. Manejo sitio-específico



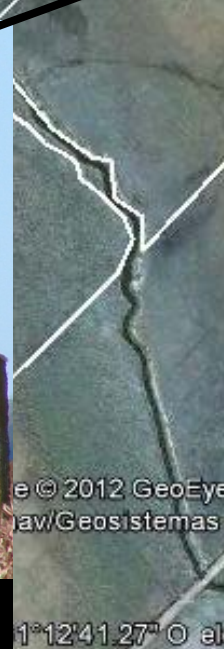
6000 kg/ha



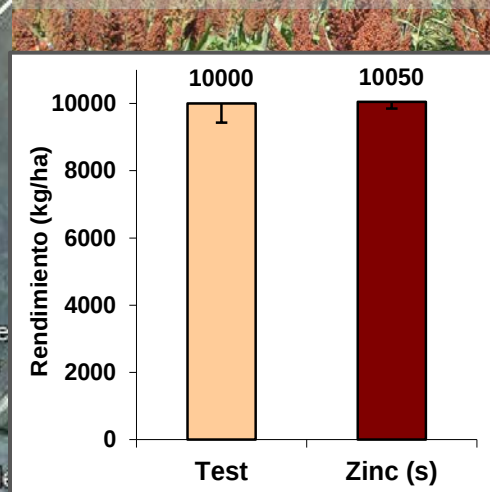
Suelo clase VII ganadero
 pH 9,0- PSI 85 – MO 2,2 – Zn 0,29



3000 kg/ha



Suelo clase I agrícola
 pH 5,8 – MO 2,8 – Zn 1,6 ppm



10000 kg/ha

Tecnología de aplicación

Tratamientos foliares

Carga Neutra (óxidos y quelatos).

Formas químicas de tamaño pequeño.

Penetración en el canopeo y uso de adyuvantes/antievaporantes.

Dosis y concentración de producto.

Tratamientos al suelo

Menor exigencia de fuente y mayor exigencia de dosis.

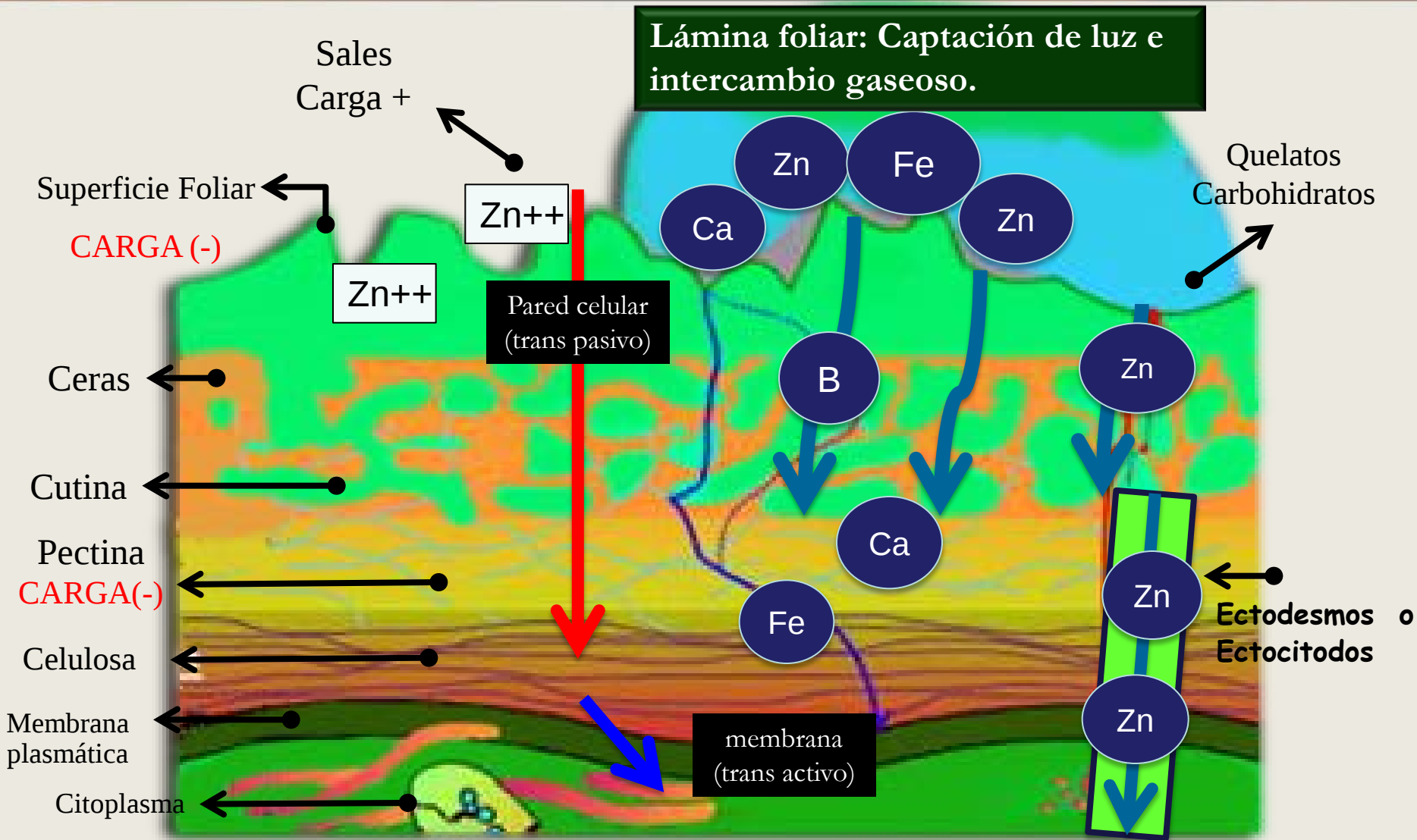
Se utilizan sales solubles.

Efecto de dosis (1,5 a 1,8 kg ha⁻¹).

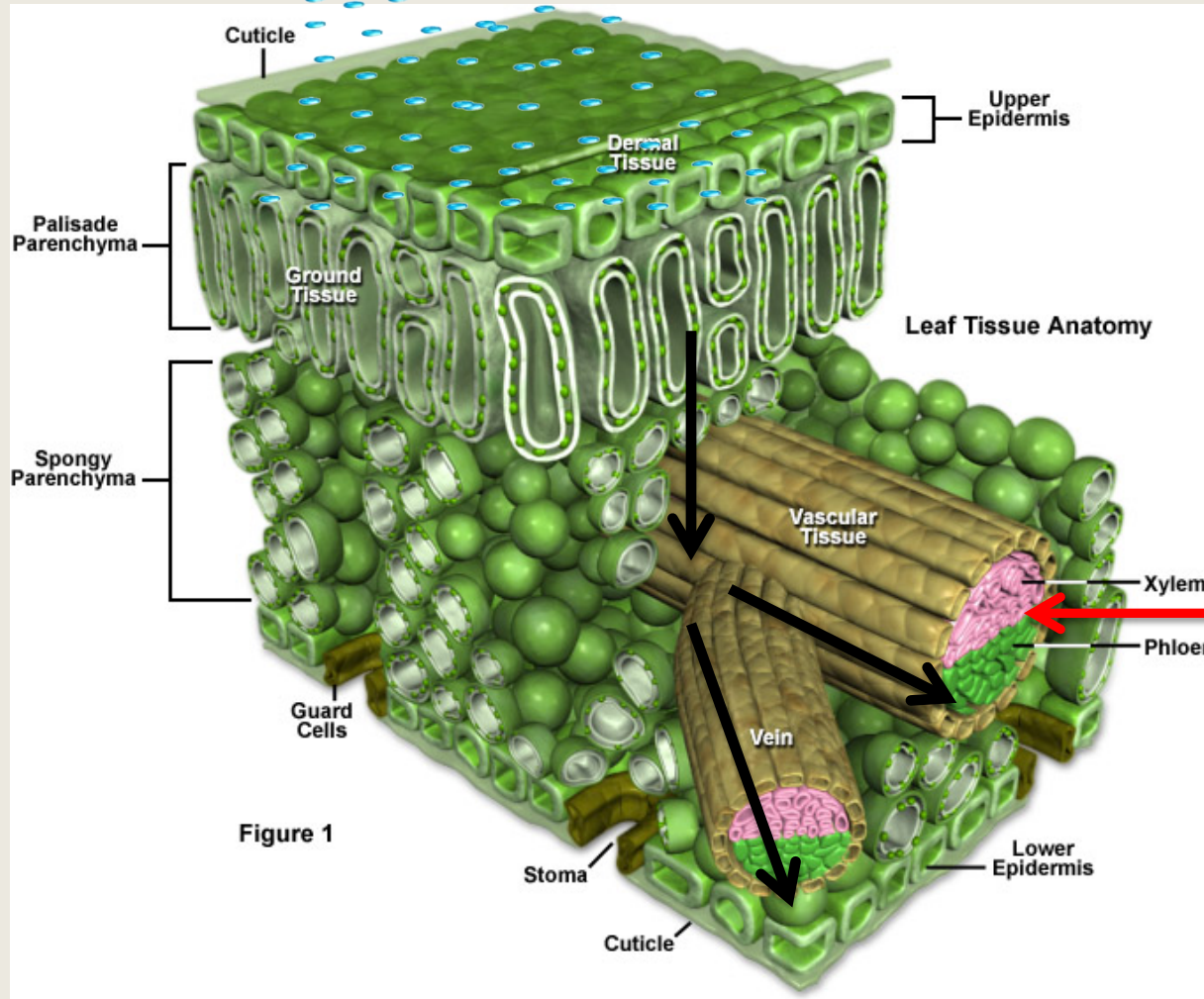
Efectos residuales.

Aplicaciones tempranas.

Absorción foliar de nutrientes

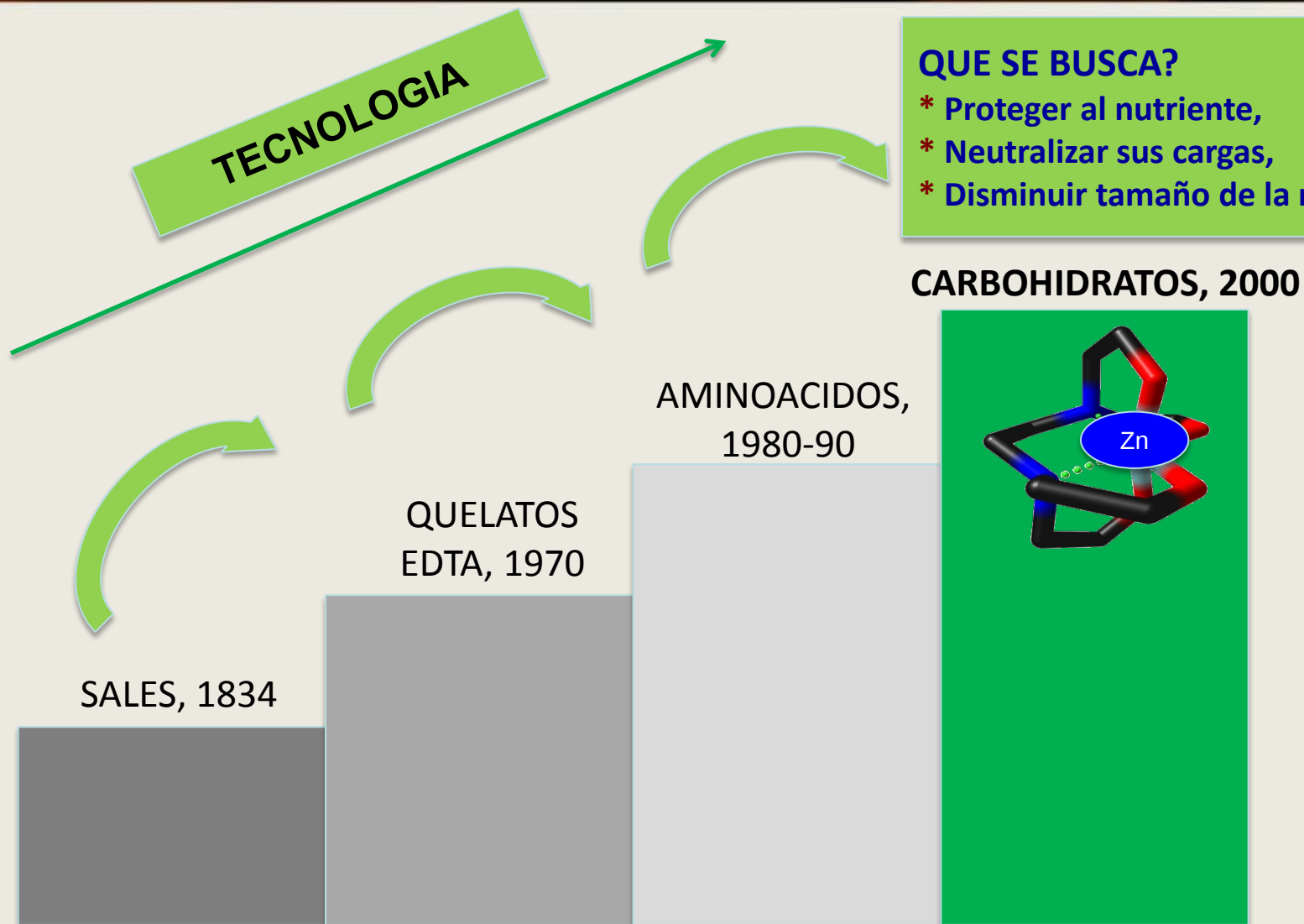


Traslocación hacia sitios específicos

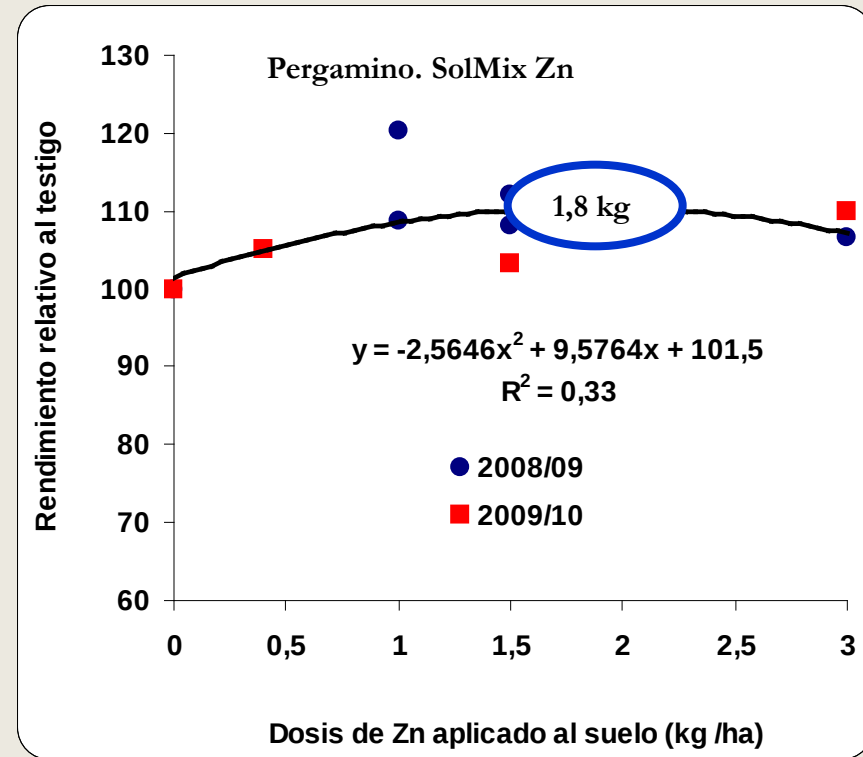
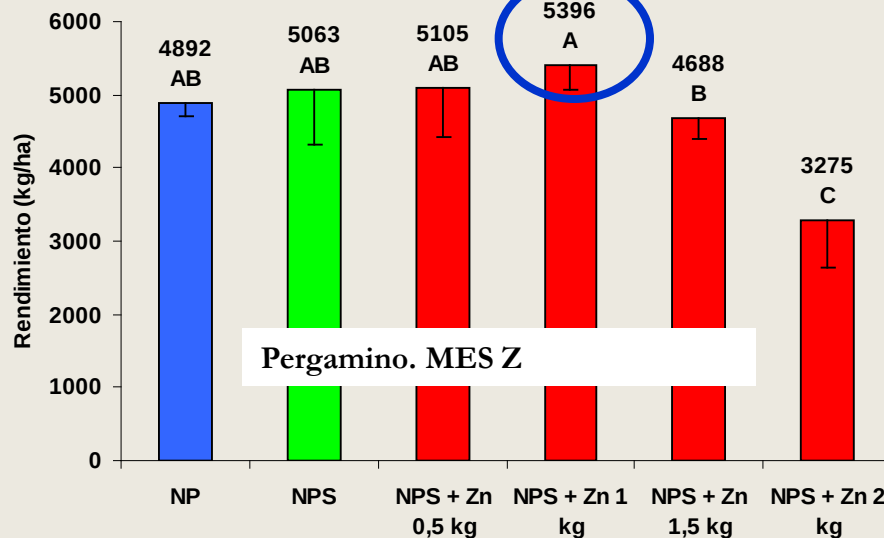
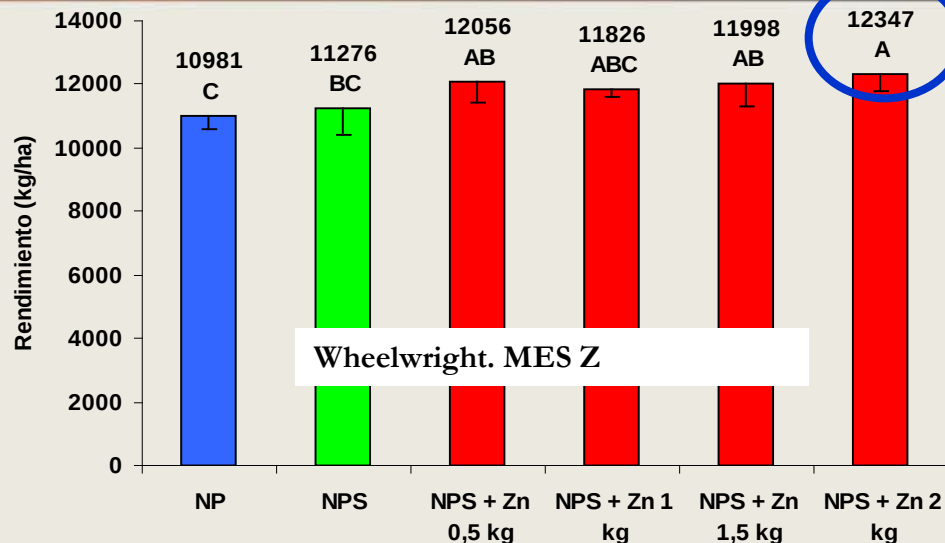


Xilema
Floema

Fertilizantes foliares: Evolución de las formulaciones



Tecnología de aplicación: Importancia de la dosis en aplicaciones al suelo

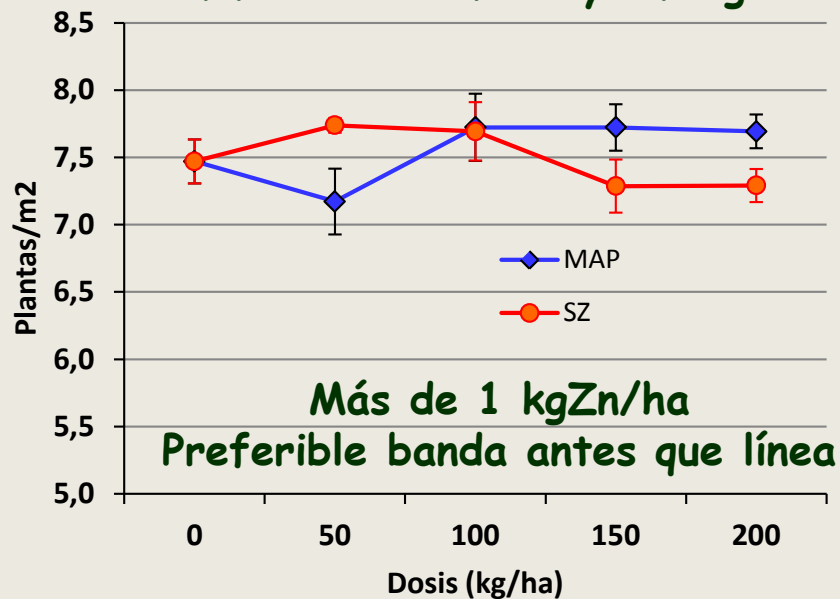


1. Se debe compensar reacción en el suelo con dosis.
2. Respuesta esperable máxima 10%, con dosis alrededor de 1,5 kg/ha.

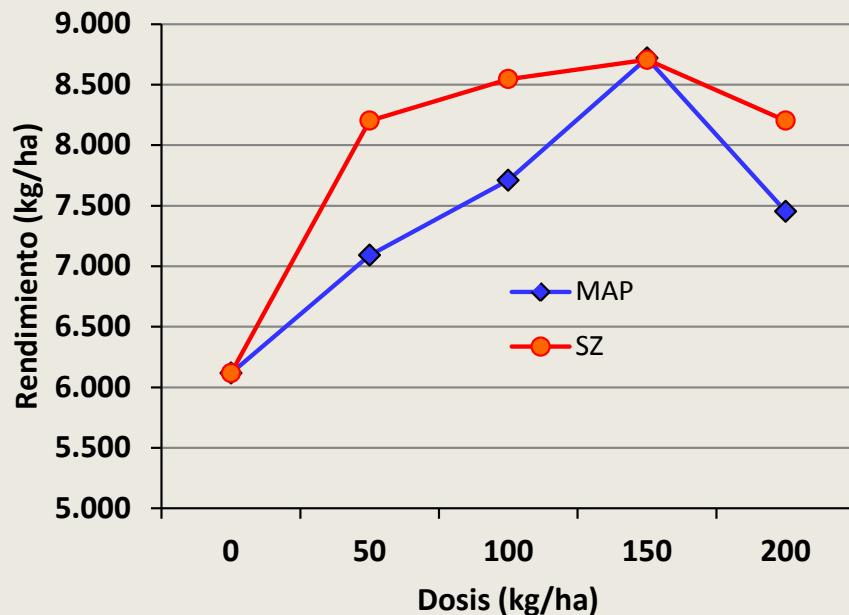
Zinc en línea de siembra: fitotoxicidad?

Emergencia de Plantas según fuente fosforada. Pergamino año 2012/13

Humedad 0-6 cm: 83% CC
93 mm entre siembra y emergencia



Ferraris et al., 2013



Efectos del Zinc

6 % de reducción en el Stand de Plantas con
NP + Zinc 1,5 kg en línea

No afectó la respuesta en rendimiento

Otros antecedentes

INTERACCIONES CULTIVO – NUTRIENTE CON RESPUESTAS POSITIVAS:

En la región:

- ✓ Cloruros en cereales de Invierno (Trigo-Cebada) (Ferraris et al., 2007).
- ✓ Zinc en Sorgo (Ferraris et al., 2012).
- ✓ Co-Mo en Soja (Ferraris et al., varias citas).
- ✓ Zinc en Trigo (Ferraris et al., 2007).

En otras regiones:

- ✓ Cobre en cebada (Lemos et al., 2012).
- ✓ Zinc en arroz (Quinteros, 2011; De Batista, 2012).
- ✓ Zinc y Boro en Alfalfa (Fontanetto et al., 2007).
- ✓ Zinc en Soja (Gambaudo et al., 2011).

Conclusiones

Posicionamiento: Cuando la respuesta es más frecuente?

- * Suelos con baja disponibilidad de nutrientes (especialmente útil en cationes).
- * Bajo contenido de MO y pH fuera del óptimo (disminuyen la variabilidad de respuesta).
- * Cultivos altamente extractivos, en secuencias intensivas, ambientes de rendimiento medio (Menor frecuencia en rendimientos máximos).

Tecnología de Aplicación:

- * Tratamientos de semilla, foliares y al suelo son efectivos, ajustando fuentes y dosis.
- * Posibilidad de complementar prácticas habituales de protección con aplicaciones foliares de microelementos, logrando efectos aditivos o interacciones positivas entre tecnologías.
- * Posibilidad de incorporar microelementos junto a PN al suelo, sin restricciones adicionales, sólo cuidar fitotoxicidad.

Autores de este trabajo

Gustavo Ferraris

Lucrecia Couretot

Gerardo Magnone

Luis Ventimiglia

Fernando Mousegne

Marcelo López de Sabando



Muchas gracias por quedarse hasta el final!

Ing. Agr. (M.Sc.) Gustavo N. Ferraris

Desarrollo Rural
Pergamino

011-15 30274326

nferraris@pergamino.inta.gov.ar

