

Manejo nutricional de trigo para rendimiento y calidad

Fernando García y Nahuel Reussi Calvo

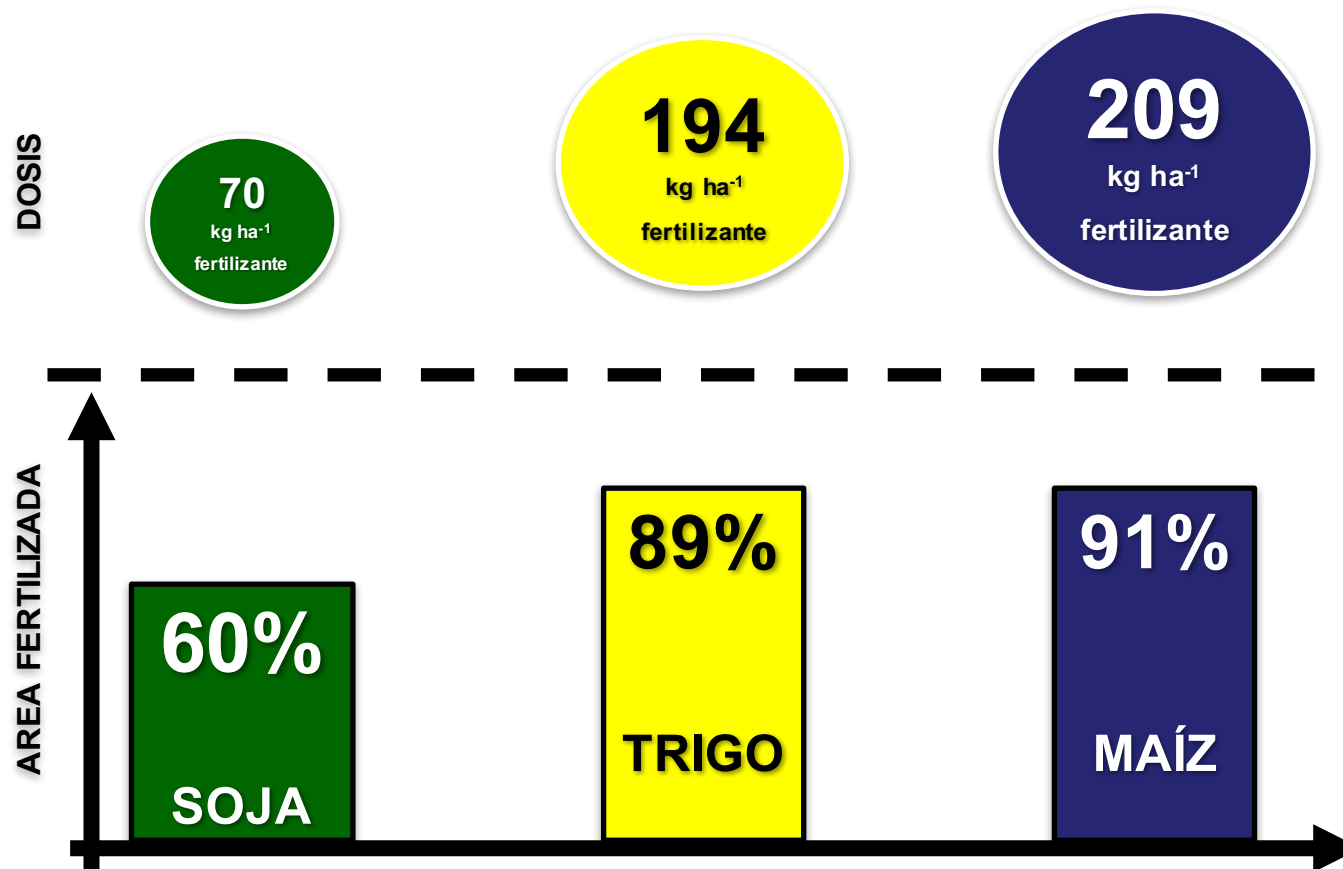
fgarcia@ipni.net - <http://lacs.ipni.net/>

nreussicalvo@laboratoriofertilab.com.ar - www.laboratoriofertilab.com.ar/

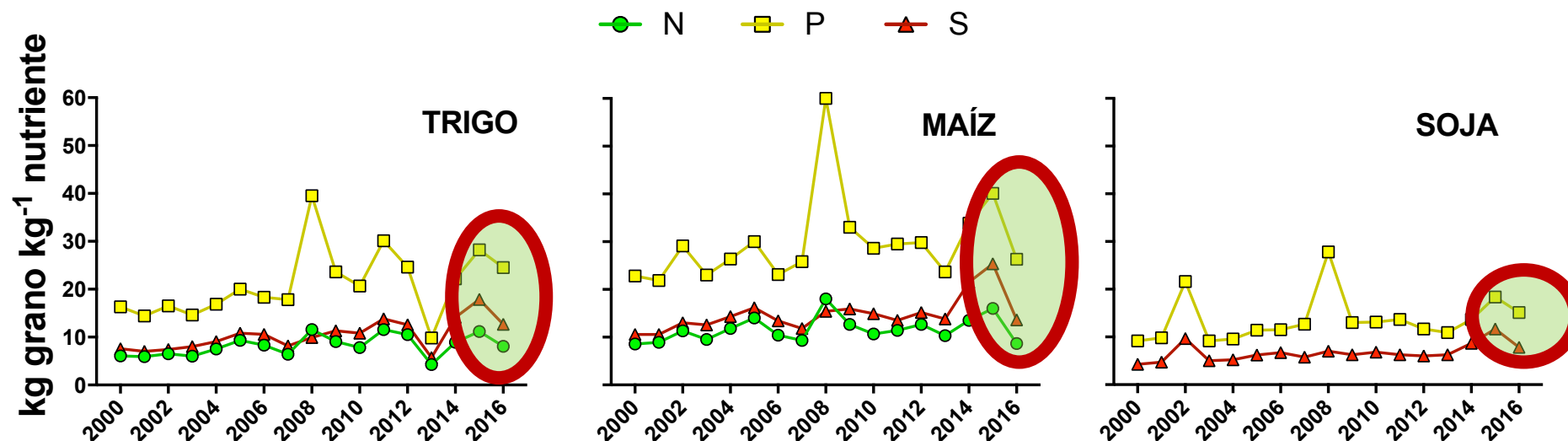


¿CÓMO SE FERTILIZA EN ARGENTINA?

FERTILIZARAC – CIAFA (2013-2015)



RELACIÓN DE PRECIOS - Histórica 2000-2016



*US\$ Constantes al 31/3/16. Precios vigentes de cada campaña. Gastos de secado, comercialización, flete, aplicación y costo de oportunidad del fertilizante descontados.

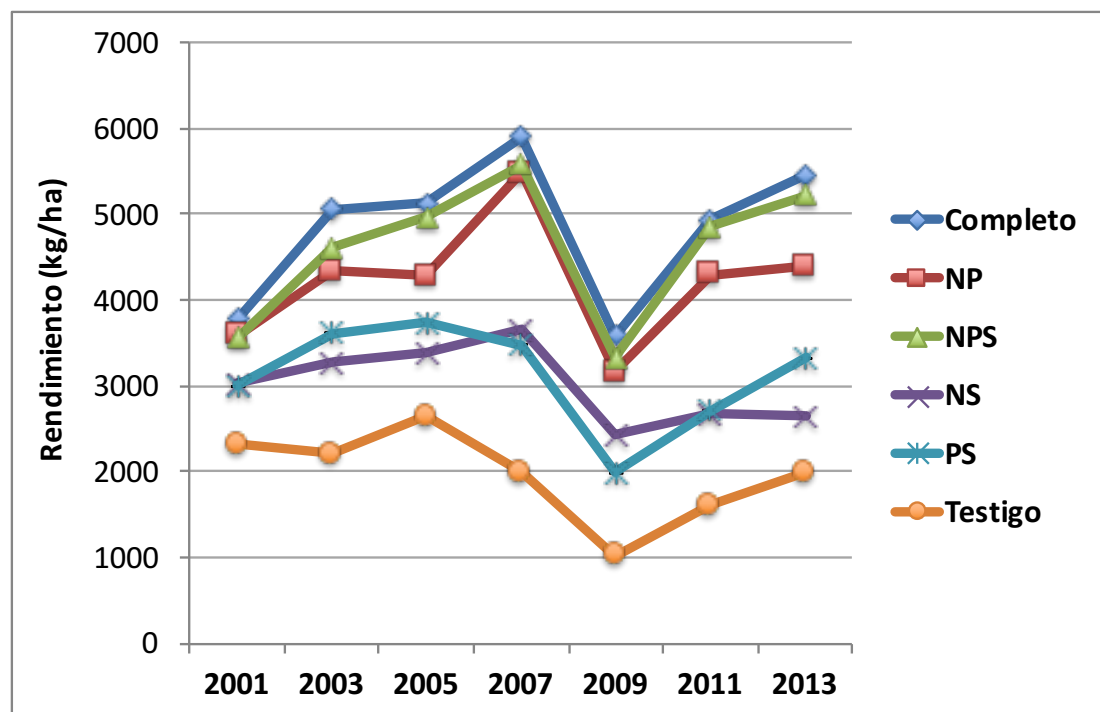
N – UREA
P - FOSFATO MONOAMÓNICO
S – YESO

2016
kg grano por
kg nutriente

TRIGO			MAÍZ			SOJA	
N	P	S	N	P	S	P	S
8	24	13	9	26	14	15	8

Impacto de la nutrición en los sistemas de producción

Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe Trigo: Rendimientos y Respuestas Sitios M-S-T/S



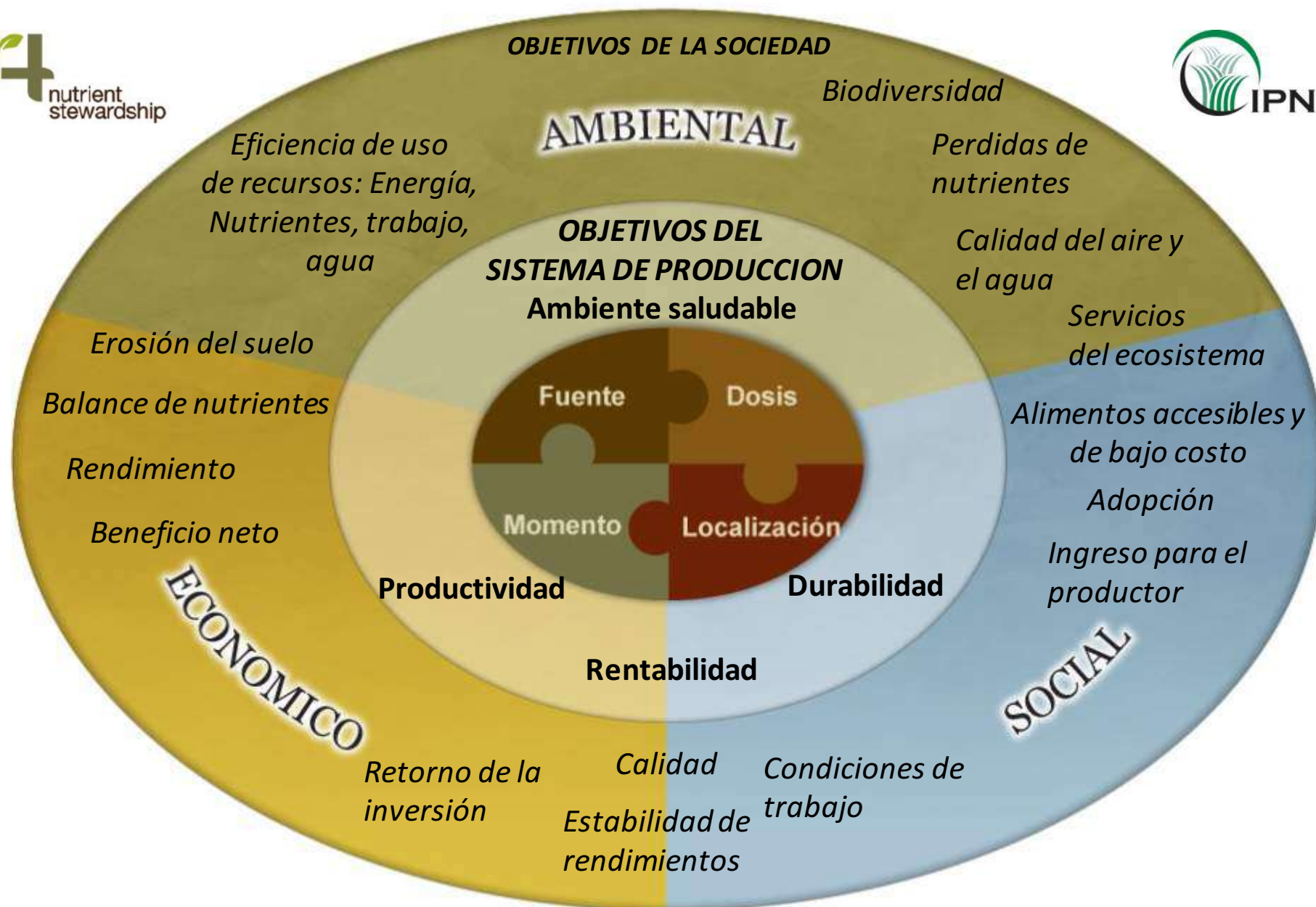
Respuestas a NPS de
502 a 2493 kg/ha
(+26% a +106%)

Margen bruto promedio de NPS
de **91 a 141 \$/ha**, según sitio

Respuestas promedio (19 sitios-año)

N	P	S	NPS	Otros
453	615	174	1464	134

Los 4 Requisitos del Manejo Responsable de Nutrientes (4Rs)



Fuente Correcta a la Dosis Correcta, en el Momento Correcto, y de la Forma Correcta

Requerimientos Nutricionales de los Cultivos

*Absorción y extracción por tonelada de órgano cosechado
(base seca)*

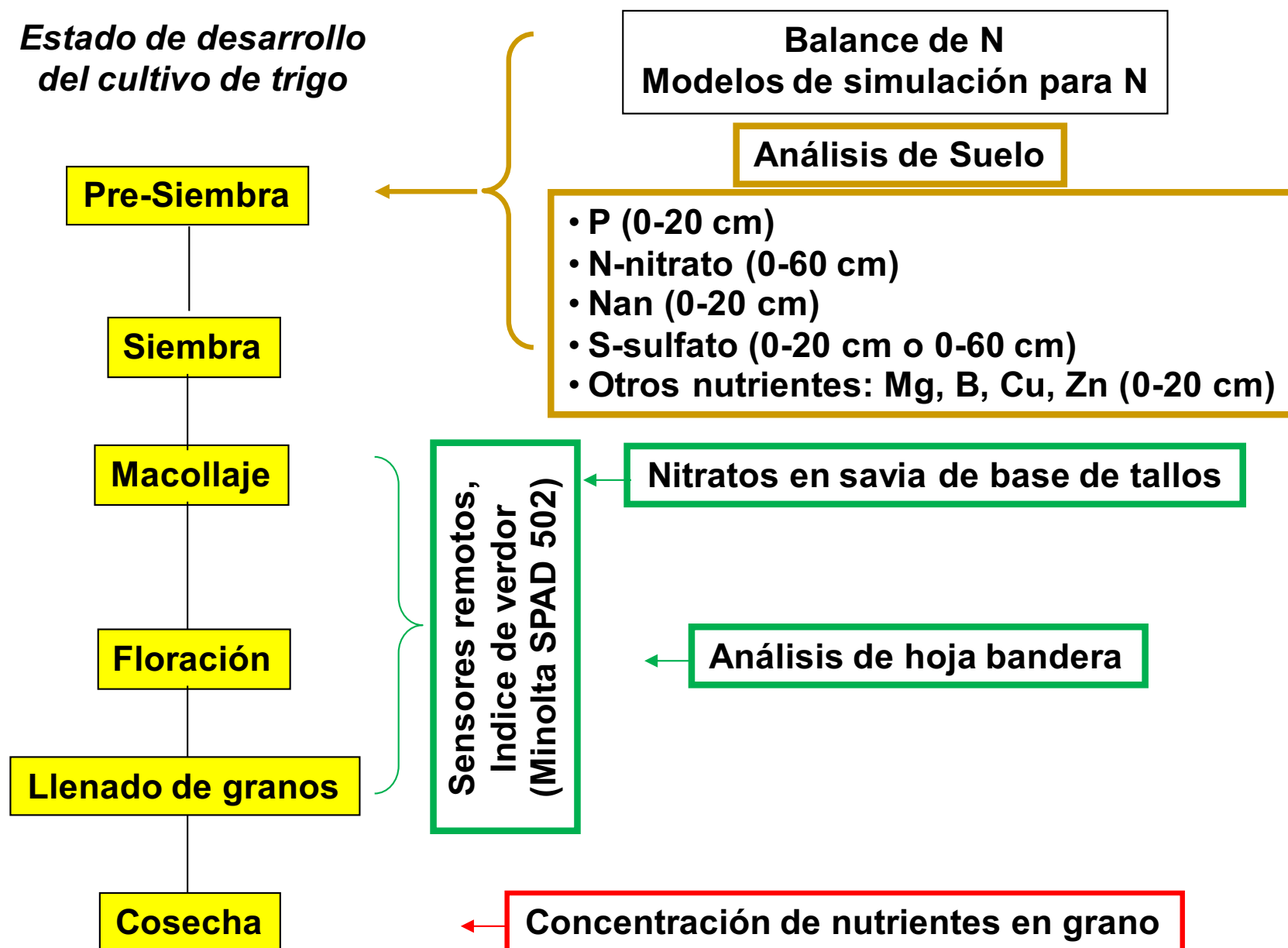
Cultivos	Absorción Total (kg/ton)						Extracción (kg/ton)					
	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
Soja	66	6	35	14	8	4	49	5.4	17	2.7	3.1	2.8
Maíz	22	4	19	3	3	4	15	3	4	0.2	2	1
Trigo	30	5	19	3	4	5	21	4	4	0.4	3	2

Fuente: <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1024>



Diagnóstico de la fertilidad para trigo

*Estado de desarrollo
del cultivo de trigo*

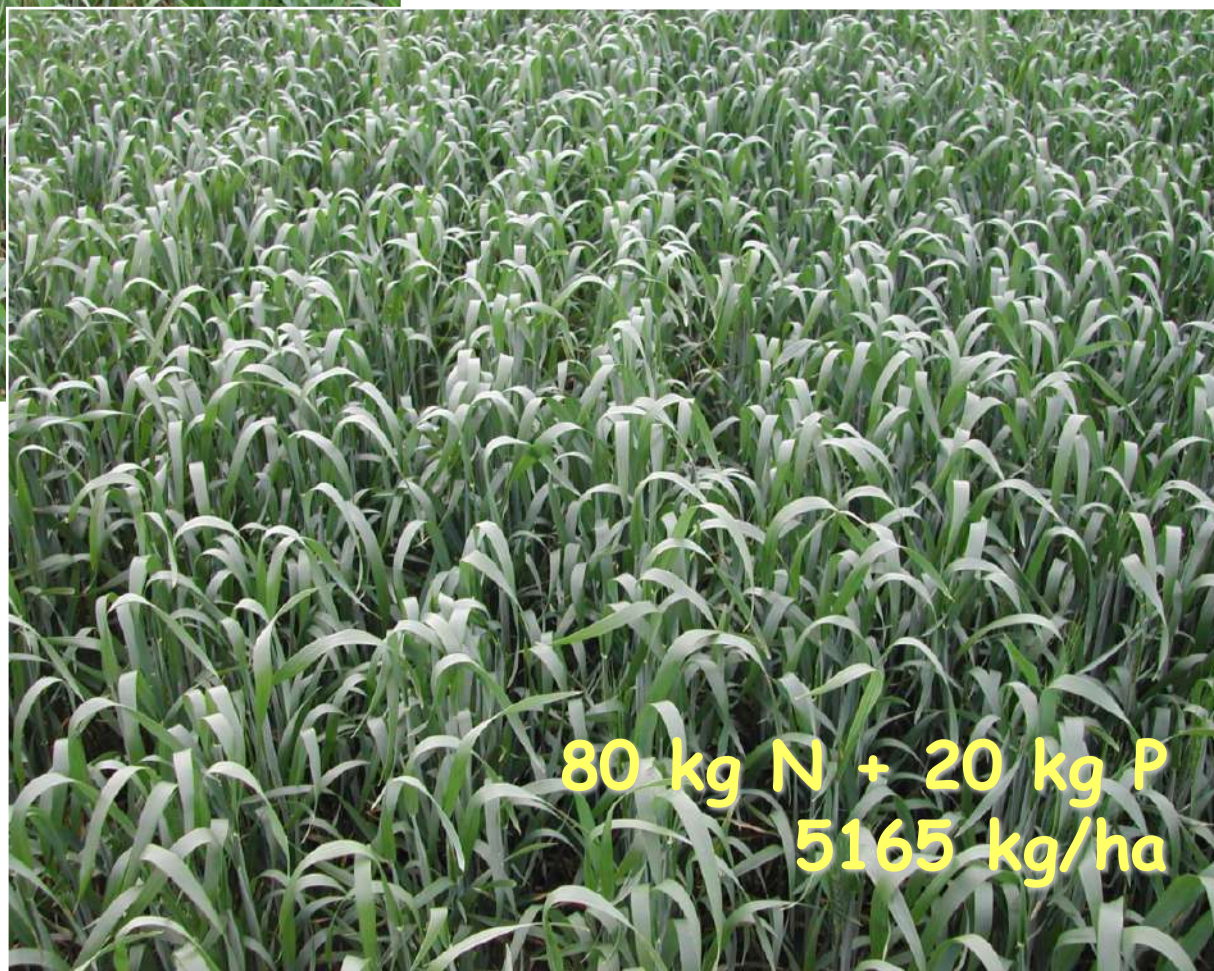


García y Reussi Calvo, 2014



20 kg P
2613 kg/ha

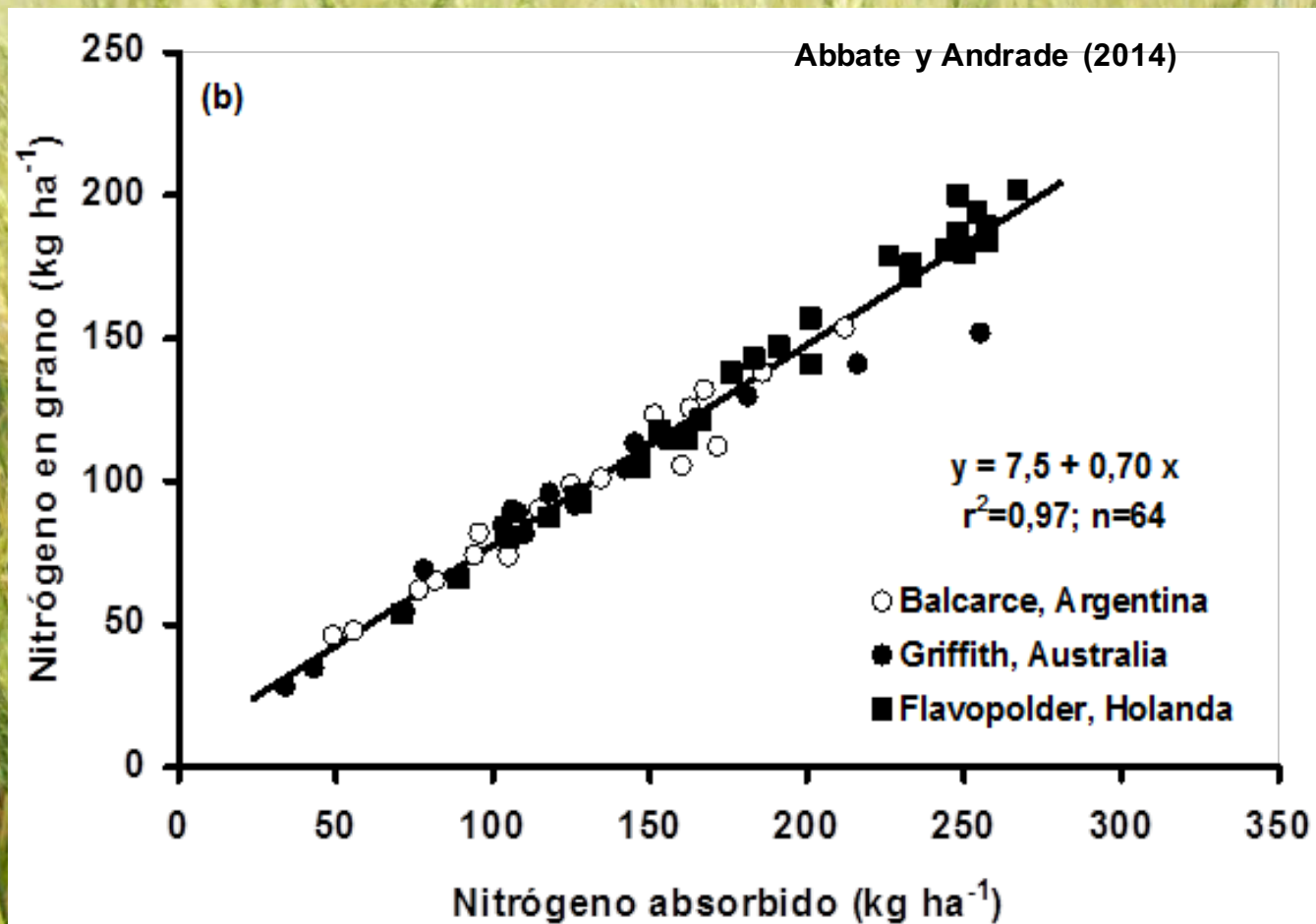
*Las deficiencias de
N reducen el
crecimiento y la
expansión foliar y la
intensidad del color
verde*



80 kg N + 20 kg P
5165 kg/ha

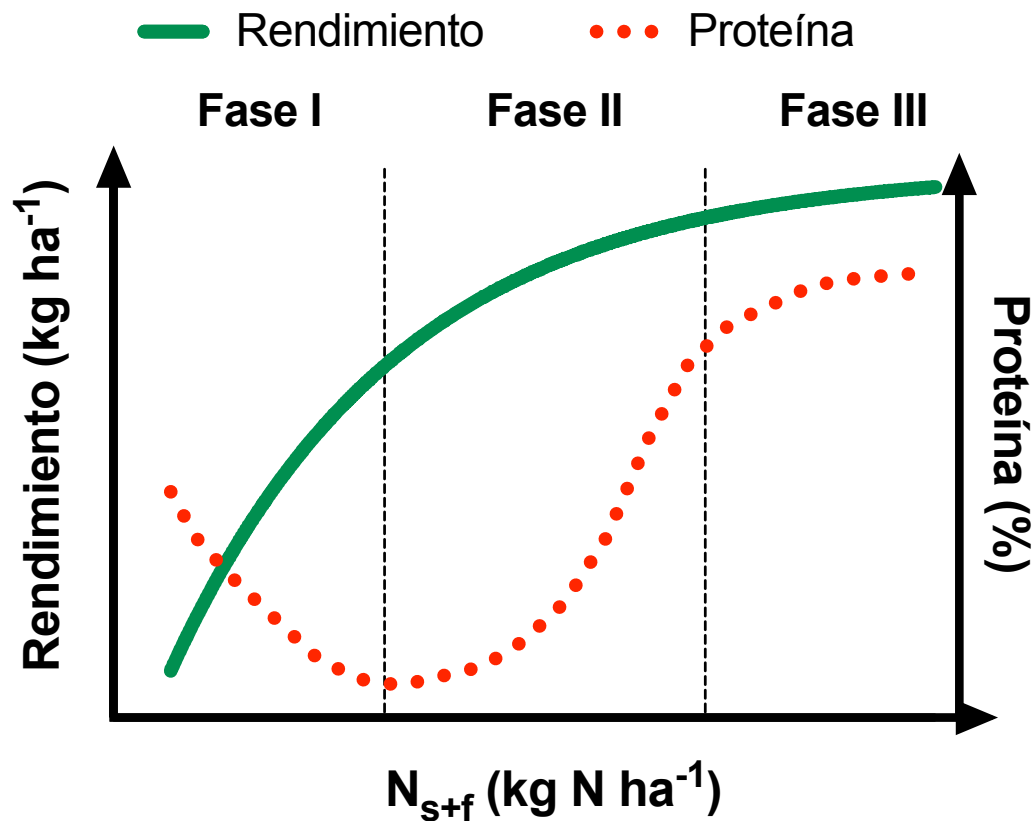
*El Tupungato, Necochea (Buenos Aires)
Buck Arriero
MIT Profertil, 3 Noviembre 2004*

Trigo: N absorbido y N en grano



Un trigo de 5000 kg/ha con 11% de proteína necesita 96 kg N en grano o sea que debe absorber unos 127 kg N/ha
Con eficiencia del 50%, necesita 254 kg N/ha disponibles en el suelo

RENDIMIENTO Y PROTEÍNA



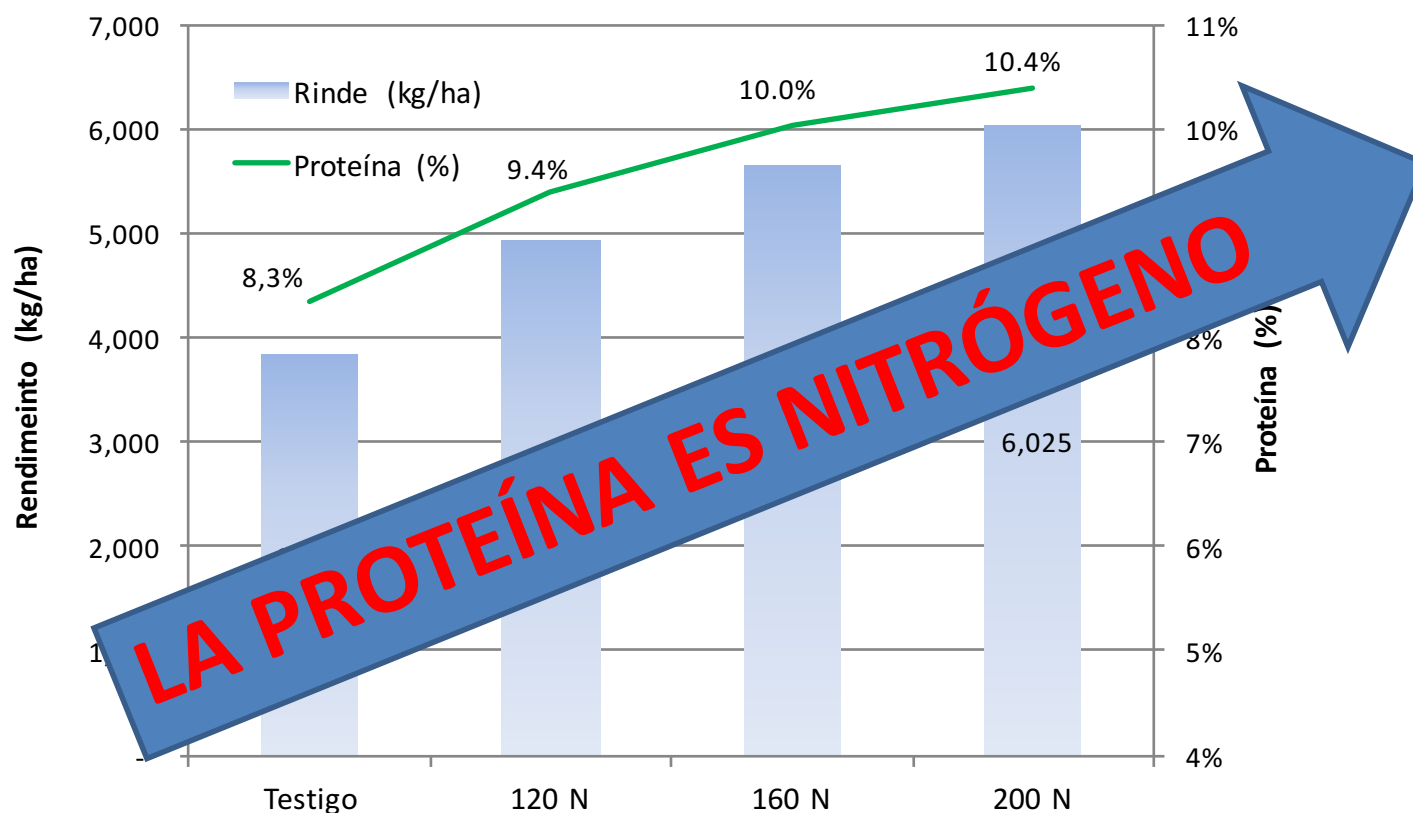
**PARA ALTA PROTEÍNA
RENDIMIENTOS ALTOS**



**NO QUEDARSE
A MEDIO CAMINO**

Adaptado de Stoney y Savin (1999)

Efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento y calidad



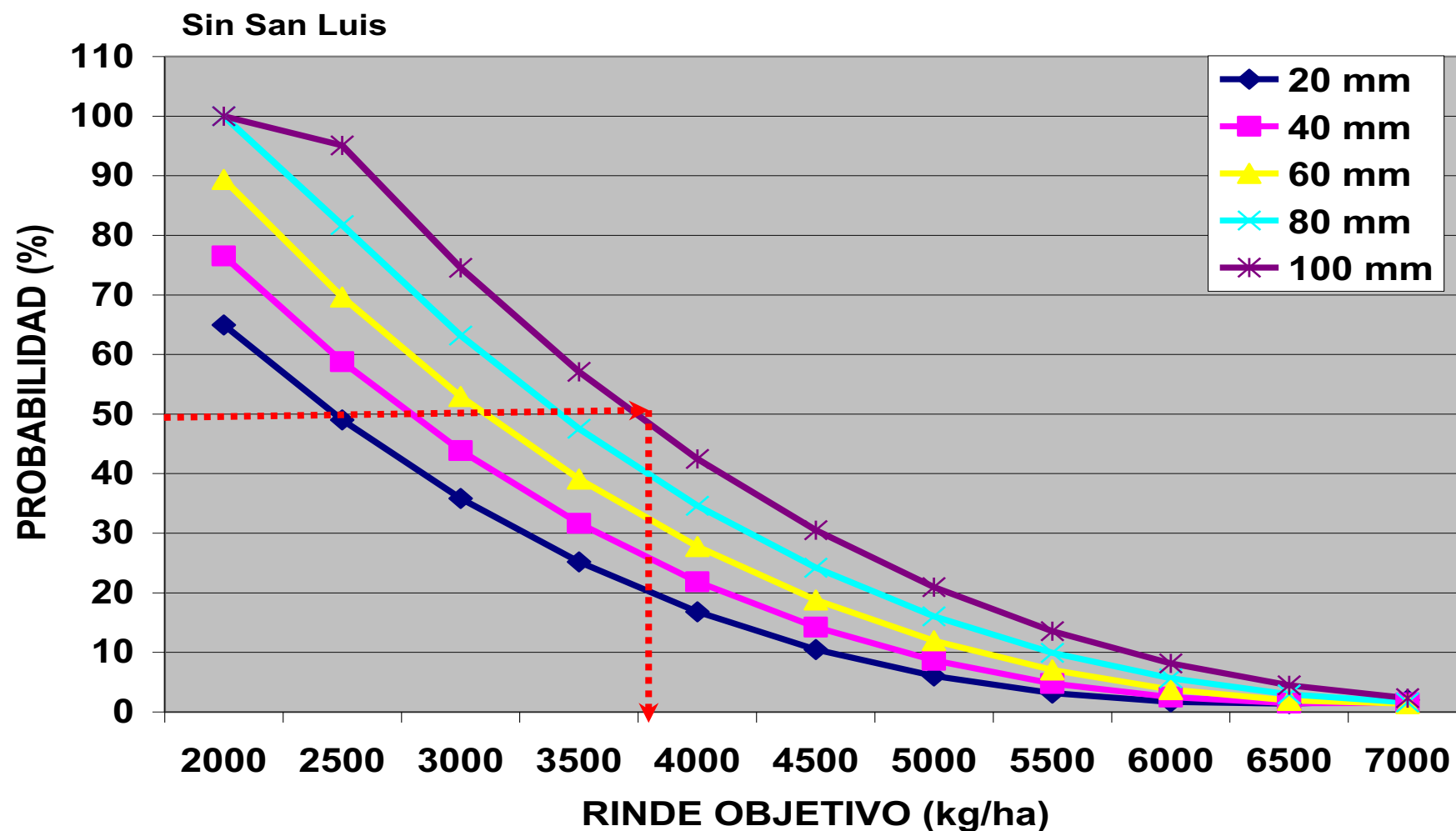
Respuesta en rendimiento y contenido de proteína. Promedio de Tres Arroyos y Balcarce en cuatro campañas. Zamora y Pugliese
Gentileza J. Bassi (2016)

Diagnóstico de la fertilidad nitrogenada para trigo

- **Modelos regionales de respuesta** (Comisión SBCS RS/SC, 1994; Wietholter, 2011; Cubilla et al., 2013)
- **Balances de nitrógeno simplificados** (Berardo, 1994)
- **N disponible en pre-siembra** (González Montaner et al., 1991; García et al., 1998; González Montaner et al., 2003; Barbieri et al., 2008)
- **N anaeróbico (Nan) en pre-siembra** (Reussi Calvo et al., 2011 y 2013)
- **Análisis de nitratos en jugo base de tallo** (González Montaner et al., 1987)
- **Análisis de N-nitratos en pseudotallos** (Vigliezzi et al., 1996)
- **Modelos de simulación agronómica** (González Montaner et al., 1997; Satorre et al., 2001)
- **Utilización de sensores remotos y locales** (Gandrup et al., 2004; Reussi Calvo et al., 2012)

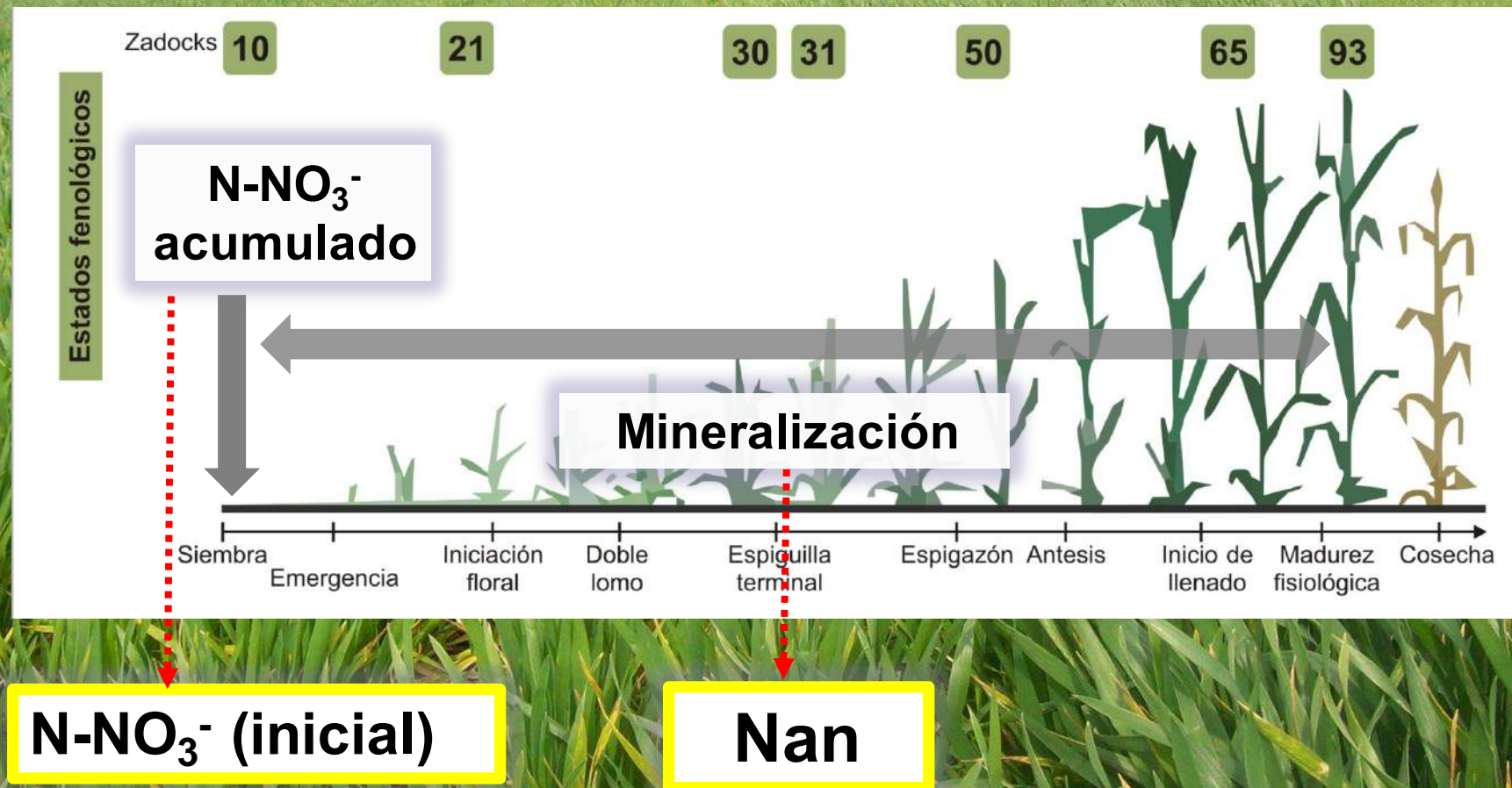


PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE RENDIMIENTOS SEGUN AGUA INICIAL DISPONIBLE. Cnel Suarez.



Fuente: J. González Montaner y col. (2009)

¿Cuál es el origen del N que absorben los cultivos sin fertilizante?



Análisis de nitratos en el suelo pre-siembra

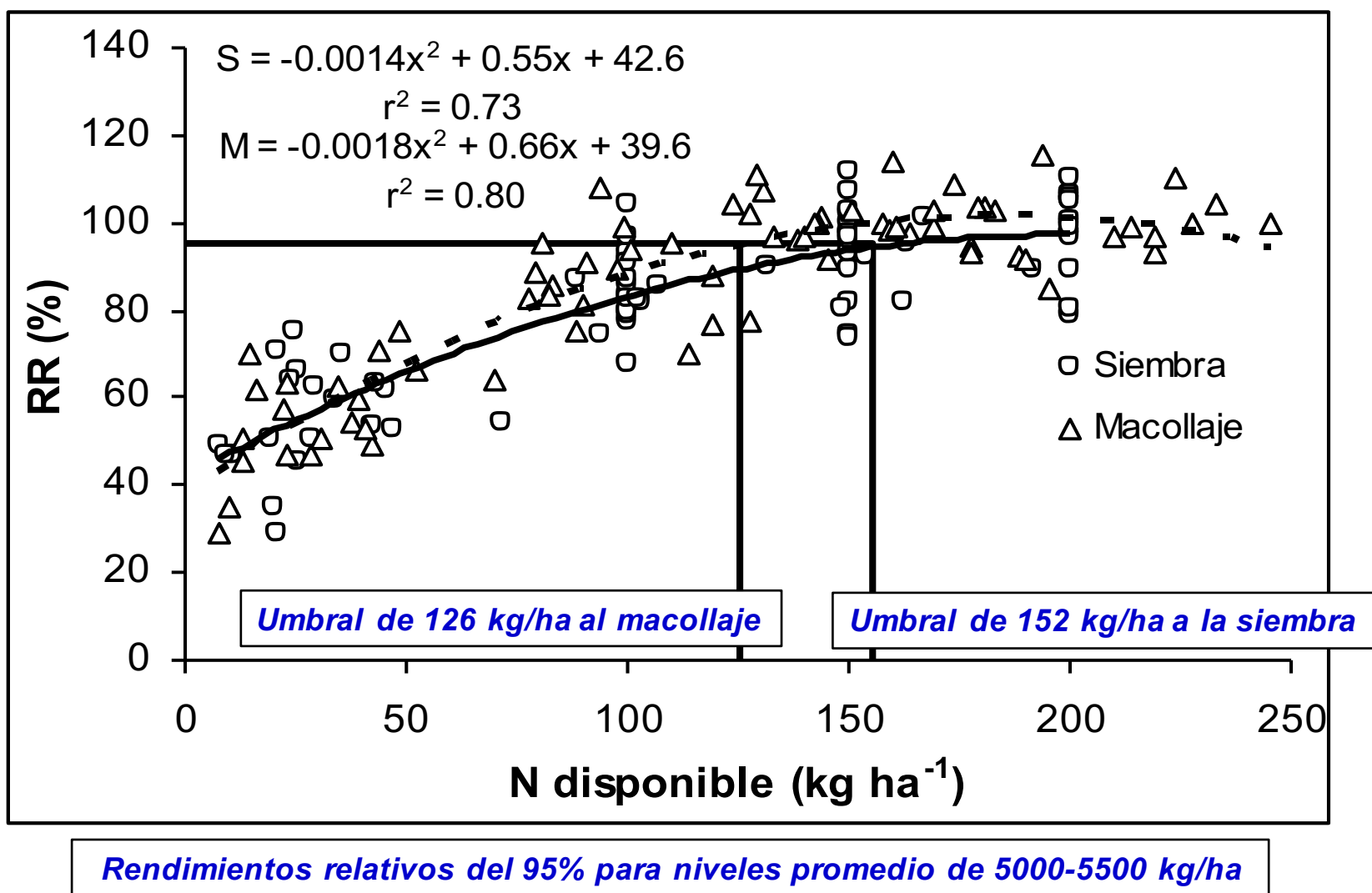
- Se muestrea el suelo, en general hasta 60 cm, y se analiza el contenido de N-nitratos
- La dosis a aplicar se estima descontándole el valor del contenido de N-nitratos a un valor crítico de disponibilidad de N en suelo a la siembra
- El valor crítico varía según el potencial de rendimiento de trigo en el área

Área	Umbral crítico N-NO ₃ ⁻ 0-60 cm	Rendimiento Objetivo	Fuente
	----- kg ha ⁻¹ -----		
Sudeste de Buenos Aires	125	3500	González Montaner et al., 1991.
Serrana de Buenos Aires	110	4000-4500	García et al., 1998.
Oeste de Buenos Aires	90	3000	González Montaner (com. pers.)
Centro-Sur de Santa Fe	70	2500	González Montaner (com. pers.)
Norte de Buenos Aires	100-140	3500-4000	Satorre (com. pers.)
Sudeste de Buenos Aires	175	5000-5500	González Montaner et al., 2003.
Sudeste de Buenos Aires	170 (siembra) 134 (macollaje)	Mayores de 5000	Barbieri et al., 2009.
Sur de Santa Fe y Córdoba	130-140	4000	García et al., 2010.

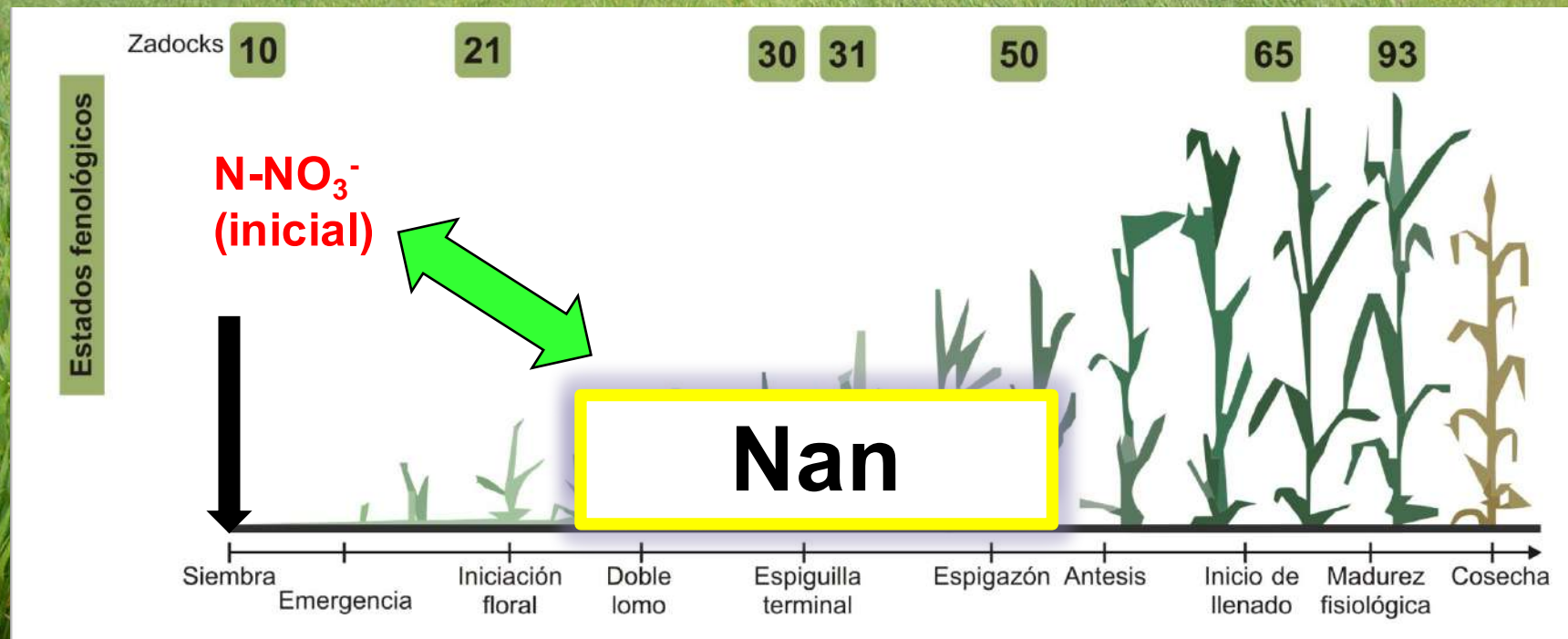
Diagnostico de fertilización nitrogenada de trigo en el sudeste bonaerense

Diez ensayos 2002/03 a 2005/06

EEA INTA-FCA Balcarce – Barbieri et al. (2008)

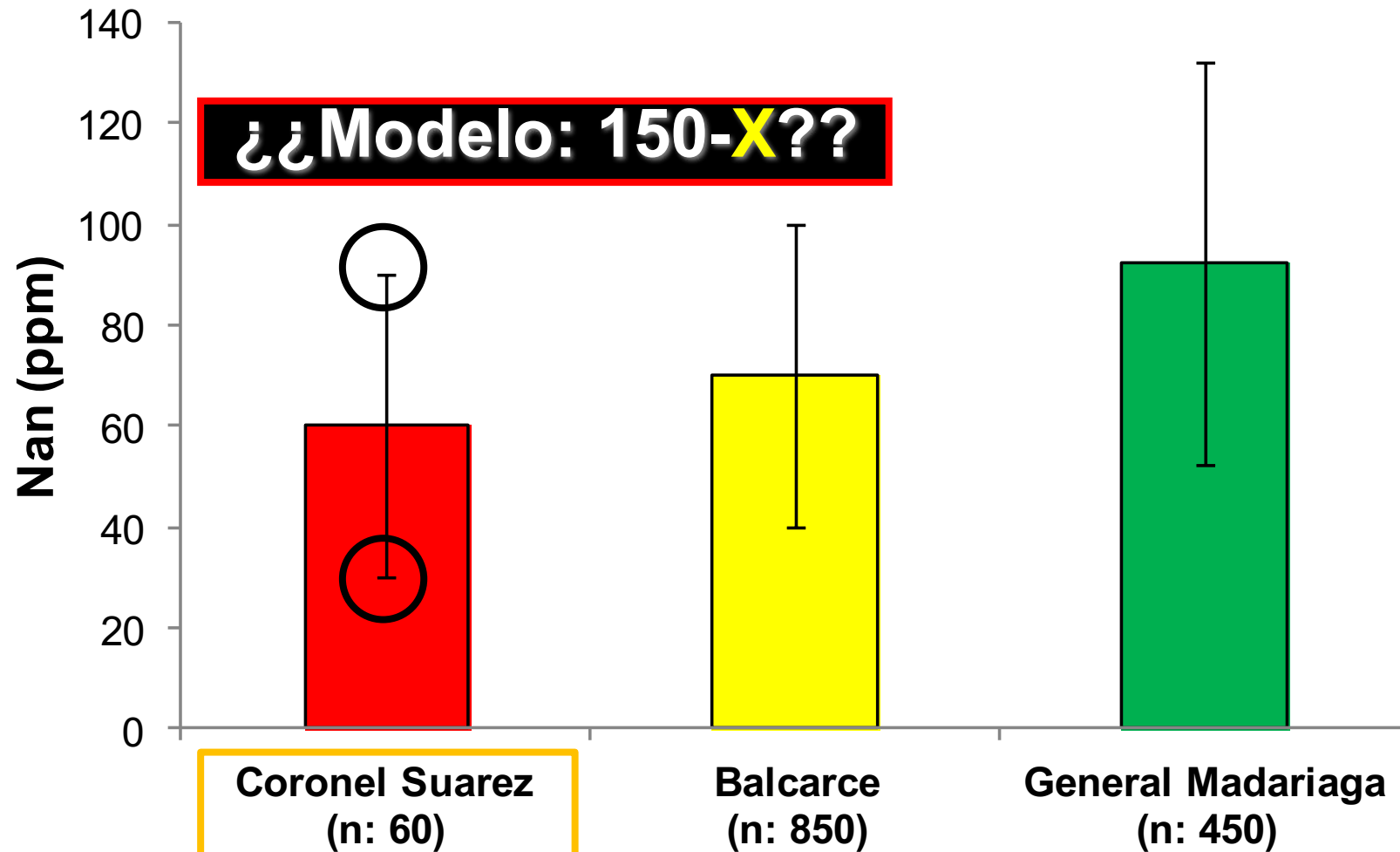


¿Cuál es el origen del N que absorben los cultivos sin fertilizante?



¿Un índice combinado?

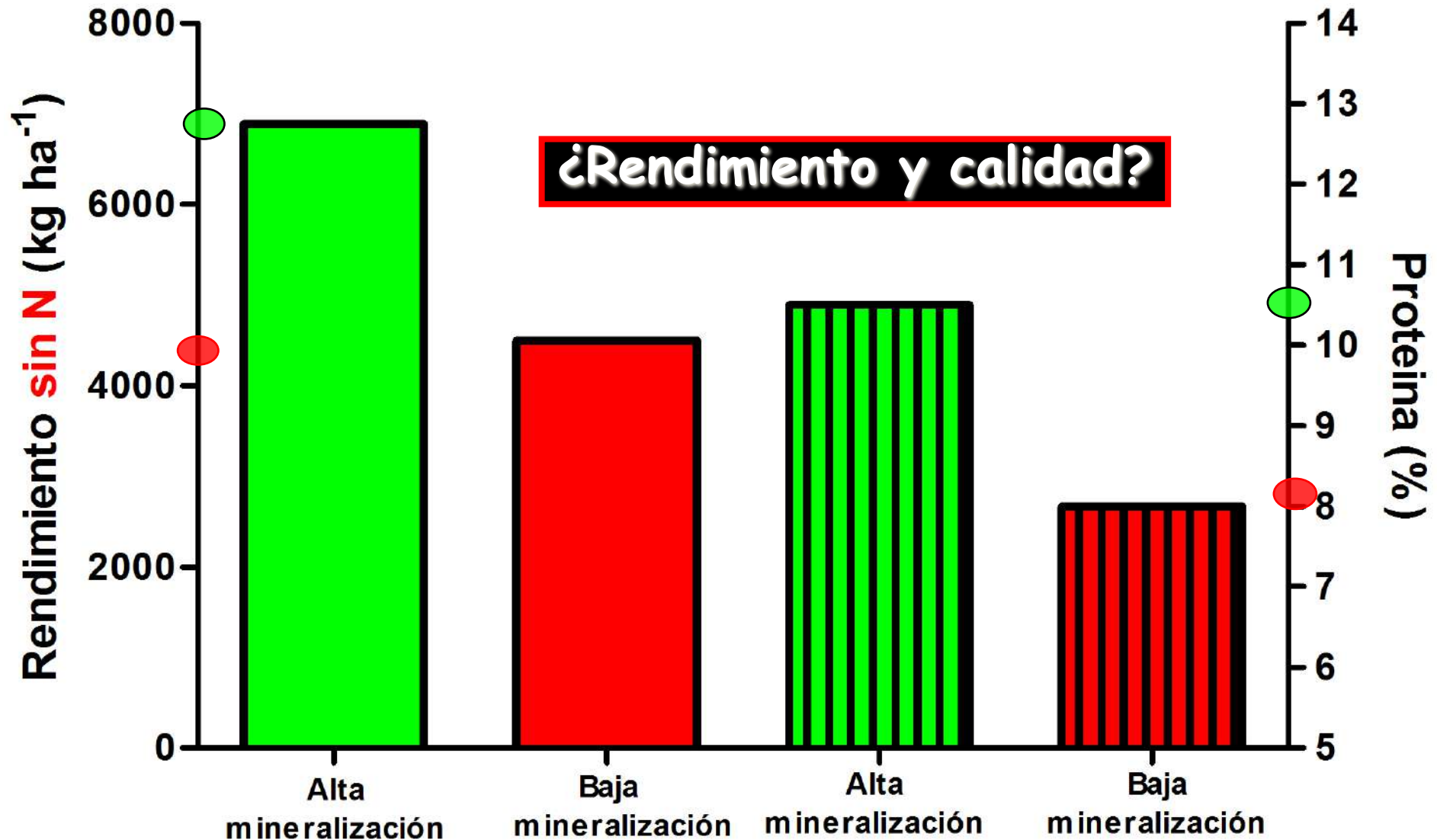
Nivel medio de Nan en suelos agrícolas de la provincia de Buenos Aires. Reussi Calvo et al. (2014)



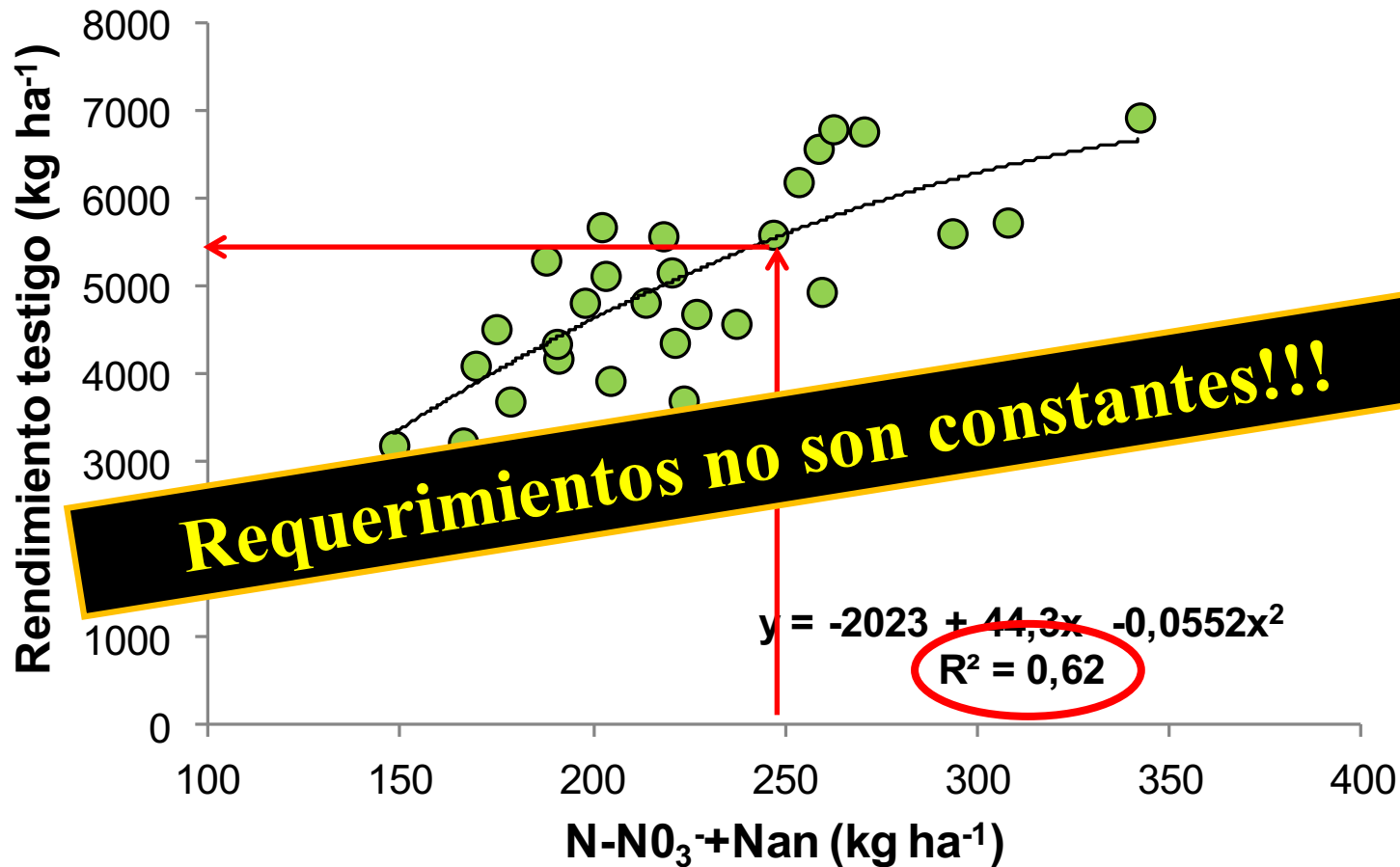
¿Es posible optimizar rendimiento y calidad comercial?

Mineralización

Ejemplo de 2 lotes: = antecesor y Nitrato inicial pero ≠ mineralización

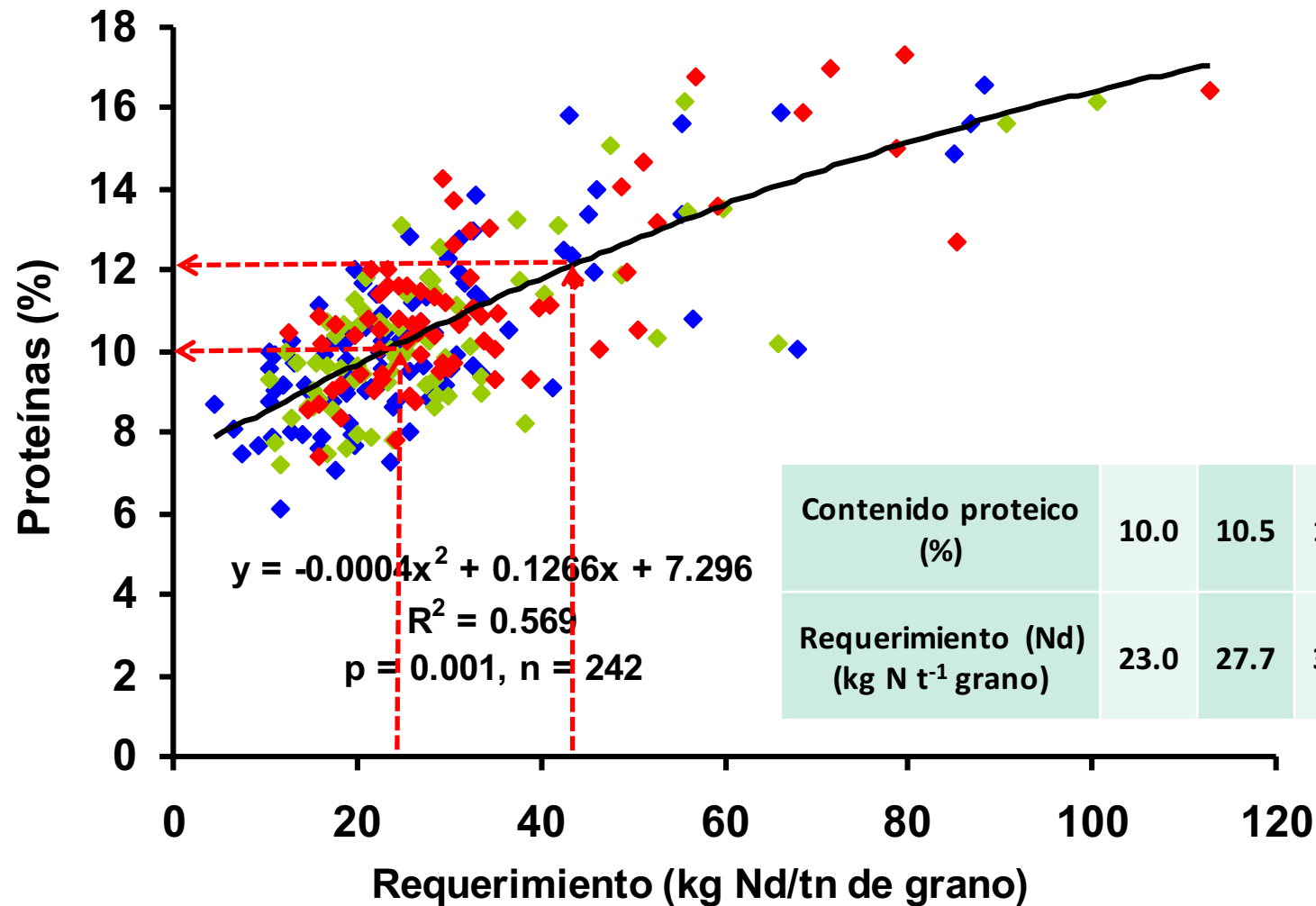


Rendimiento del cultivo de trigo en función del modelo de **N-nitrato + Nan** (Reussi Calvo et al., 2014)



Cebada: ¿Los requerimientos de N varían solo con el nivel de rendimiento?

(Prystupa et al., 2016)



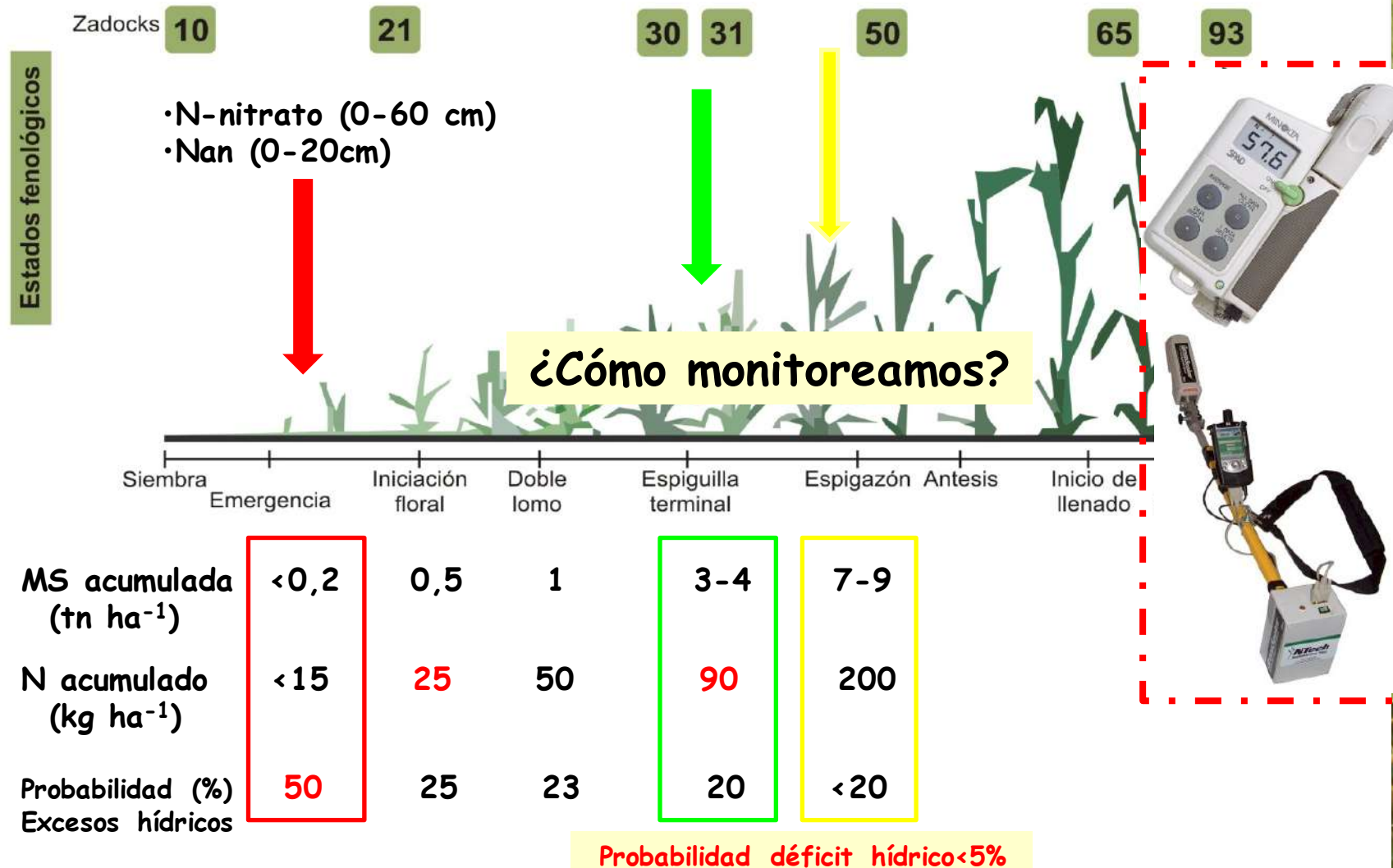
Similar comportamiento en trigo

Validación del modelo de Nan con datos independientes (Adaptado: Pugliese, 2014)

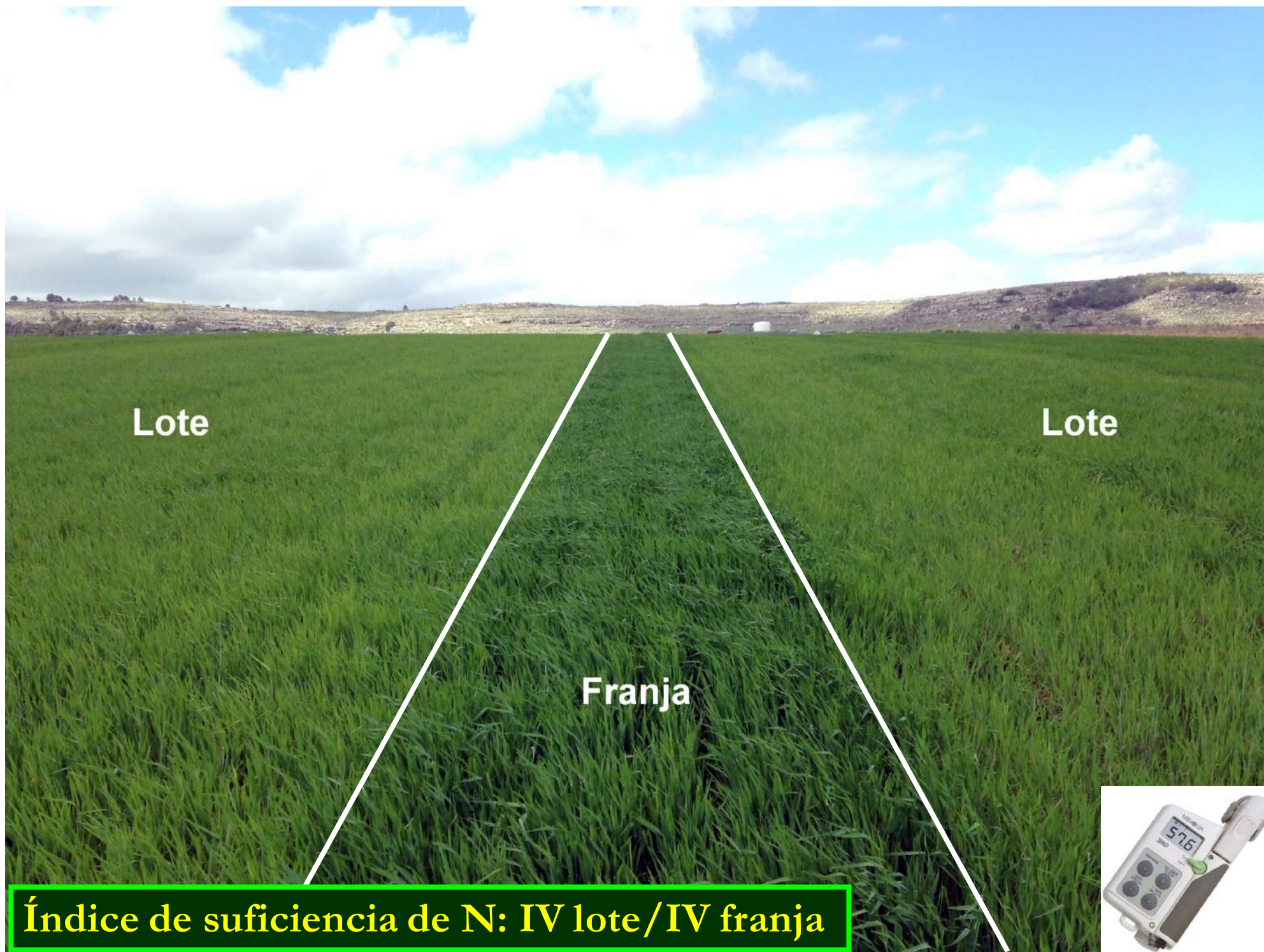
ENSAYOS (Localidad)	N-NO ₃ (kg/ha) (0-60 cm)	Nan (ppm)(0-20 cm)	N-NO ₃ + Nan (kg/ha)	Rendimiento real (kg/ha)	Rindimiento estimado (kg/ha)	Requerimiento de N (kg/ton)
Daireaux 2011	50	44	160	4200	3650	38
30 de agosto 2013	102	54	240	5100	5430	53
Tres arroyos 2012	40	40	170	4000	3910	43
Balcarce 2012	70	36	160	3200	3650	50
Tres Arroyos 2013	65	52	190	4200	4400	45
Promedio de 226 kg/ha!!				6300	6180	46
Balcarce 2013	82	60	240	5300	5430	45
Lobería 2013	82	57	230	5300	5256	43
Gral Puey. 2013 (cebada)	93	49	215	4770	4950	45
Tres Arroyos 2013 (cebada)	100	49	220	4800	5059	46

Esquema conceptual: construcción y monitoreo de N

Reussi Calvo (2015) - Sudeste Buenos Aires

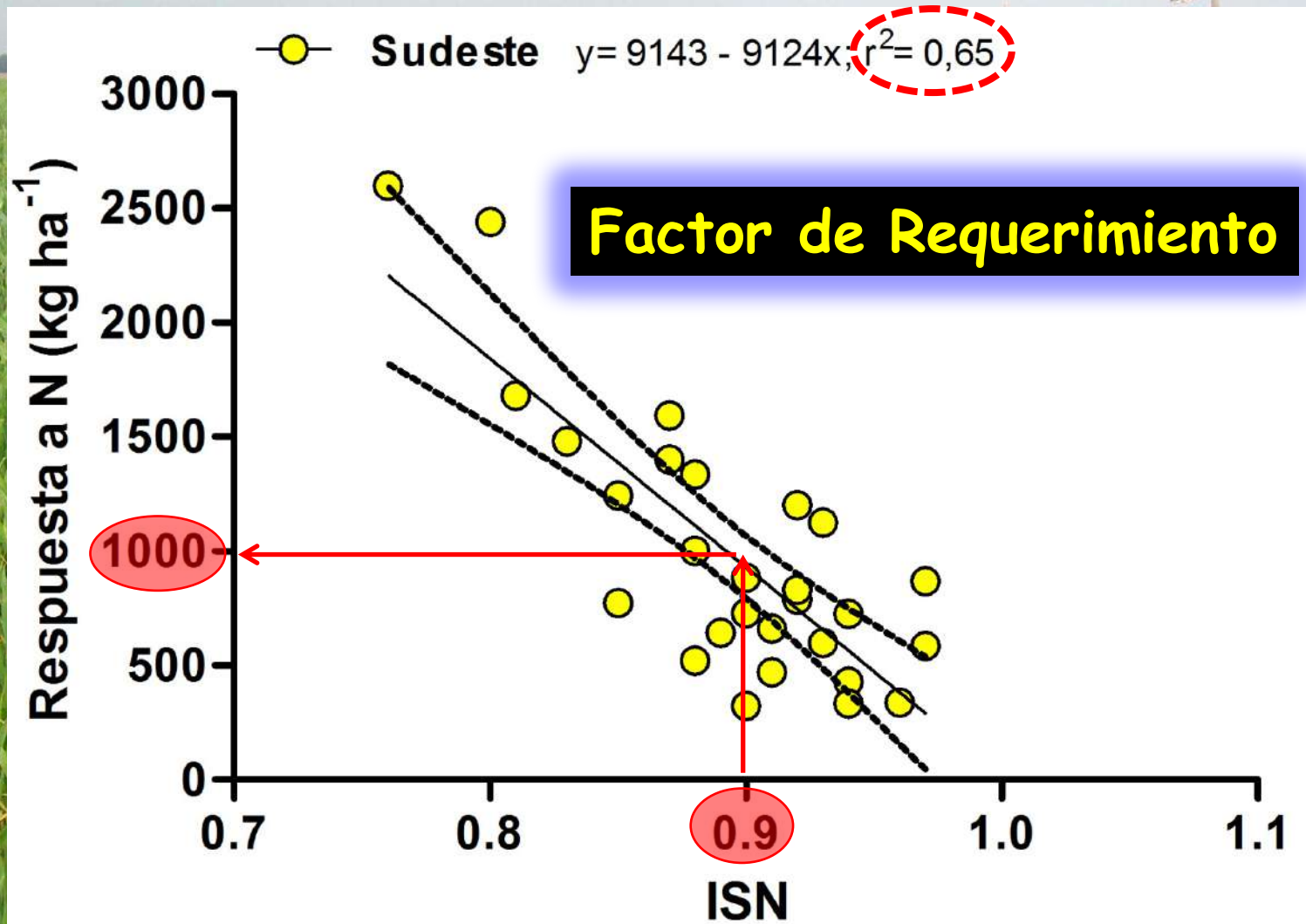


Adaptado: Reussi Calvo et al. (2006, 2009, 2013, 2015); Melaj et al. (2004); Barbieri et al. (2008); Velasco et al. (2014 y 2015); Abatte y Andrade (2014)

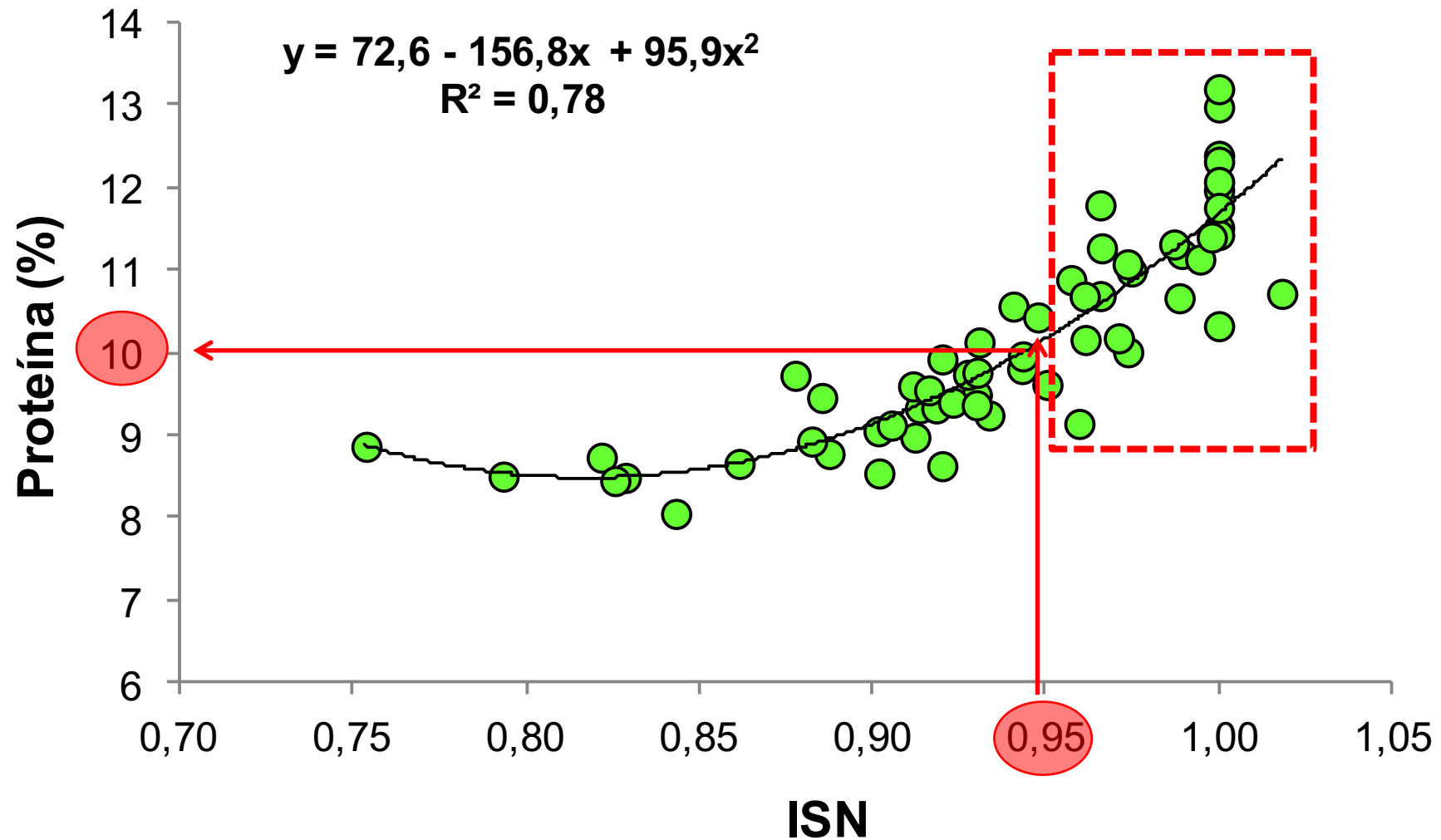


Relación entre el ISN y la respuesta a la FERTILIZACIÓN en un nudo (Z31)

(Reussi Calvo et al., 2013; 2015)

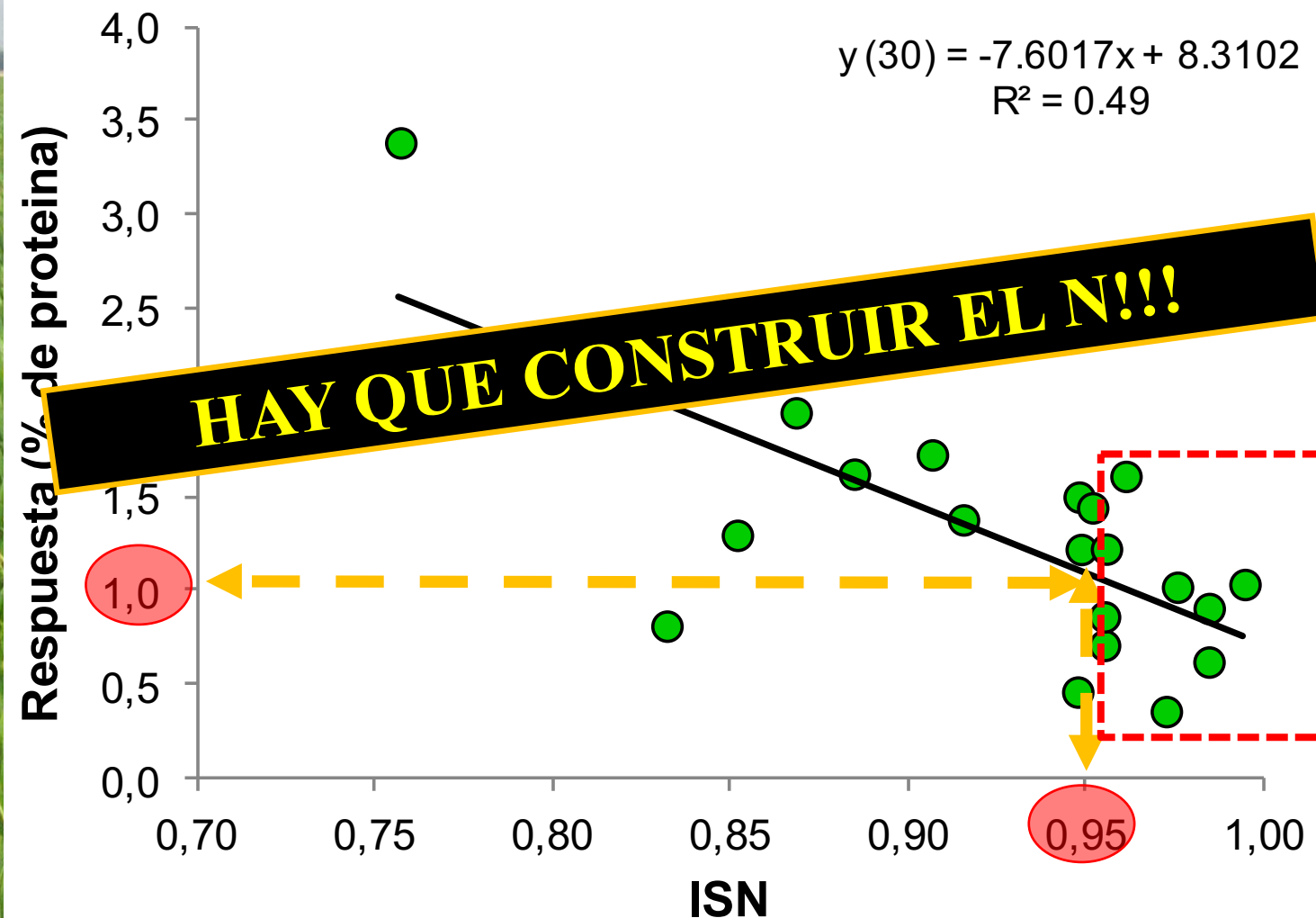


Relación entre el **ISN en Z39** y el contenido de **proteína** en grano (Adaptado: Reussi Calvo et al., 2013 y 2015)



Respuesta de **proteína** en grano a la aplicación de **20/30 kg N/ha en Z39** en función del ISN

(Adaptado: Velasco et al., 2015)



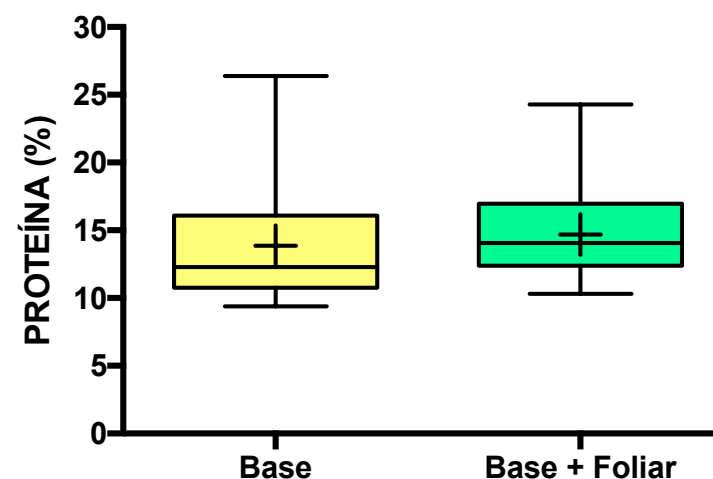
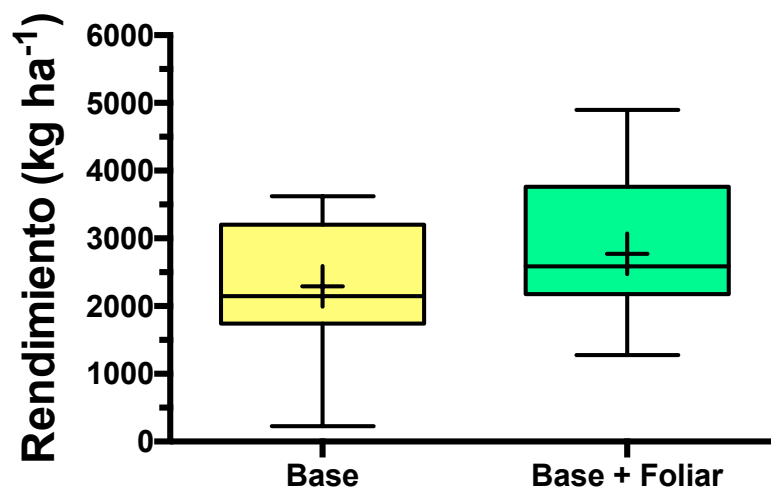
En cebada: incremento promedio de 1% en proteína

N FOLIAR: RENDIMIENTO Y PROTEÍNA

Landriscini et al (2015)

Media	2295	2774
P50	2147	2588
CV	40 %	36 %

Media	13.8	14.7
P50	12.3	14.0
CV	31 %	21 %



25 kg N ha⁻¹ aplicado en antesis (20% N, bajo biuret).
 Datos de 30 ensayos realizados entre 2004 y 2012 - SE y SO de Buenos Aires
 Variedades B. Guapo y B. Sureño



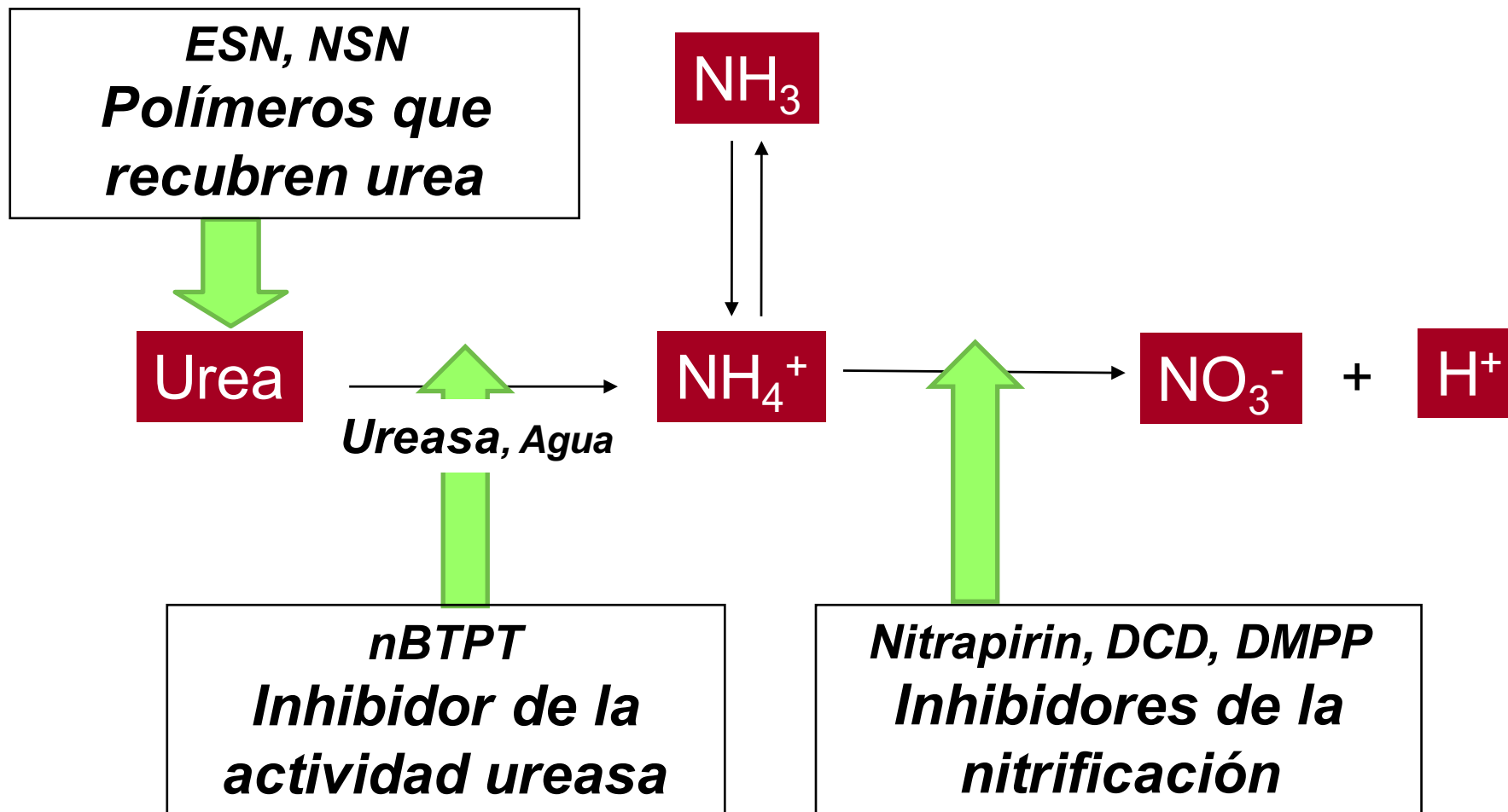
REPASO

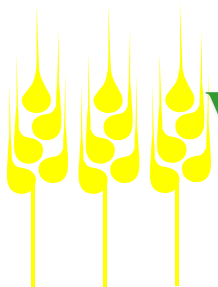
NITRÓGENO Y CALIDAD EN TRIGO



- Una **buena base de N** sube el piso de calidad.
- Los **niveles de proteína dependen del Grupo de Calidad y el nivel de N disponible**. Un cultivo que acumula 30 kg N por ton de grano puede llegar a 11.5% de proteína mientras que cuando acumula 25 kg de N por ton de grano puede llegar a 9.5% de proteína
- El índice de verdor (Minolta SPAD 502) puede predecir la **concentración de N en hoja bandera** y de proteína en grano (Bergh y col., 2000; Echeverría y Studdert, 2001)
- Las aplicaciones de **N en floración** (foliares o al suelo) permiten **mejorar el nivel de proteína** en grano (0.5-2.2% de proteína)
- El N foliar aplicado **a partir de aparición de hoja bandera**, generalmente resulta en mejoras de calidad pero de **poco impacto sobre el rendimiento**
- **La absorción de N vía foliar es limitada**, generalmente no mayores de 10 kg/ha de N
- Cuidar problemas de **fitotoxicidad en aplicaciones de foliares**

Efectos de inhibidores en fertilizantes modificados

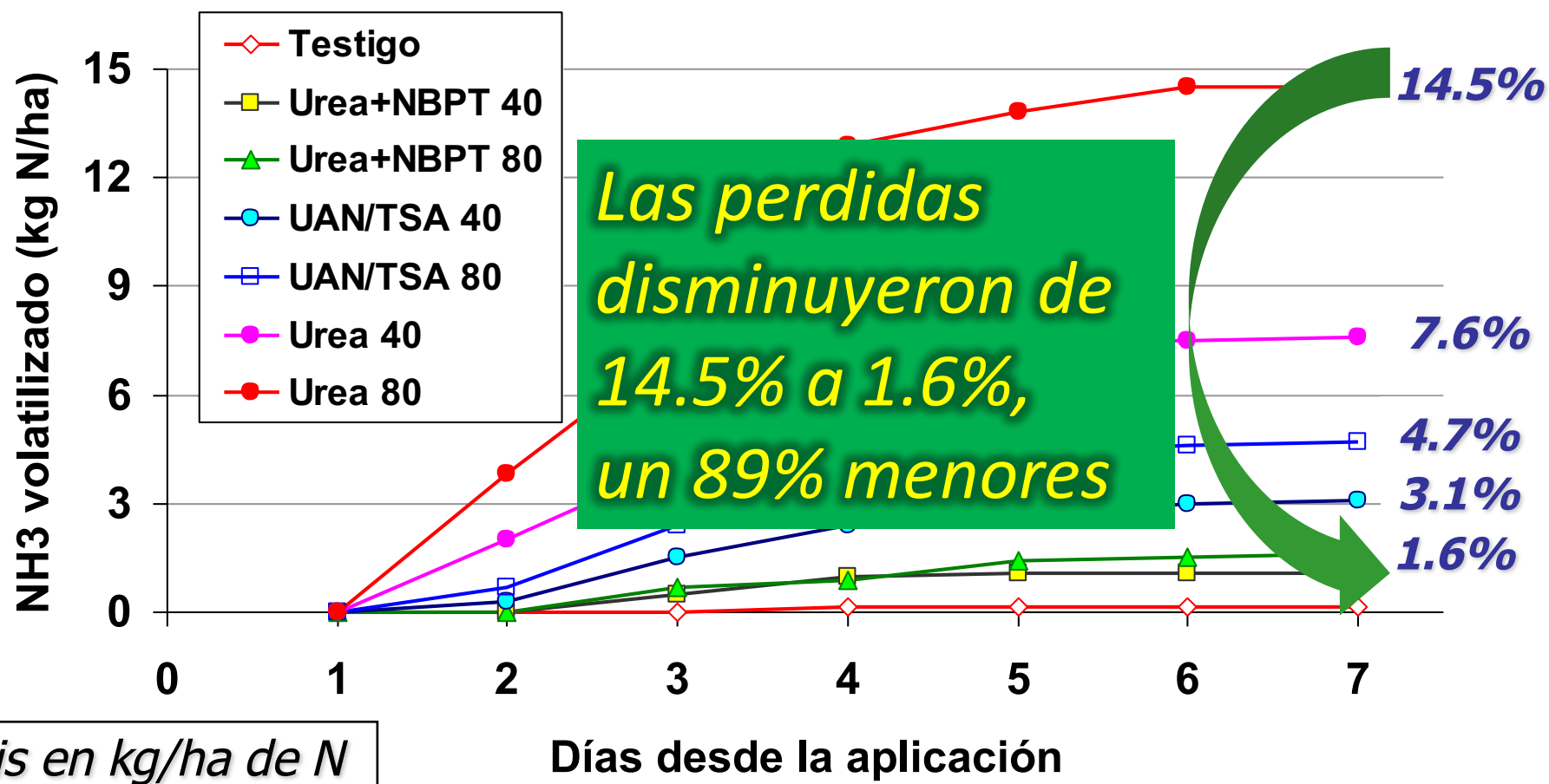




Trigo

Volatilización de NH_3 en aplicaciones superficiales bajo siembra directa

Fontanetto et al. (2010) - EEA INTA Rafaela

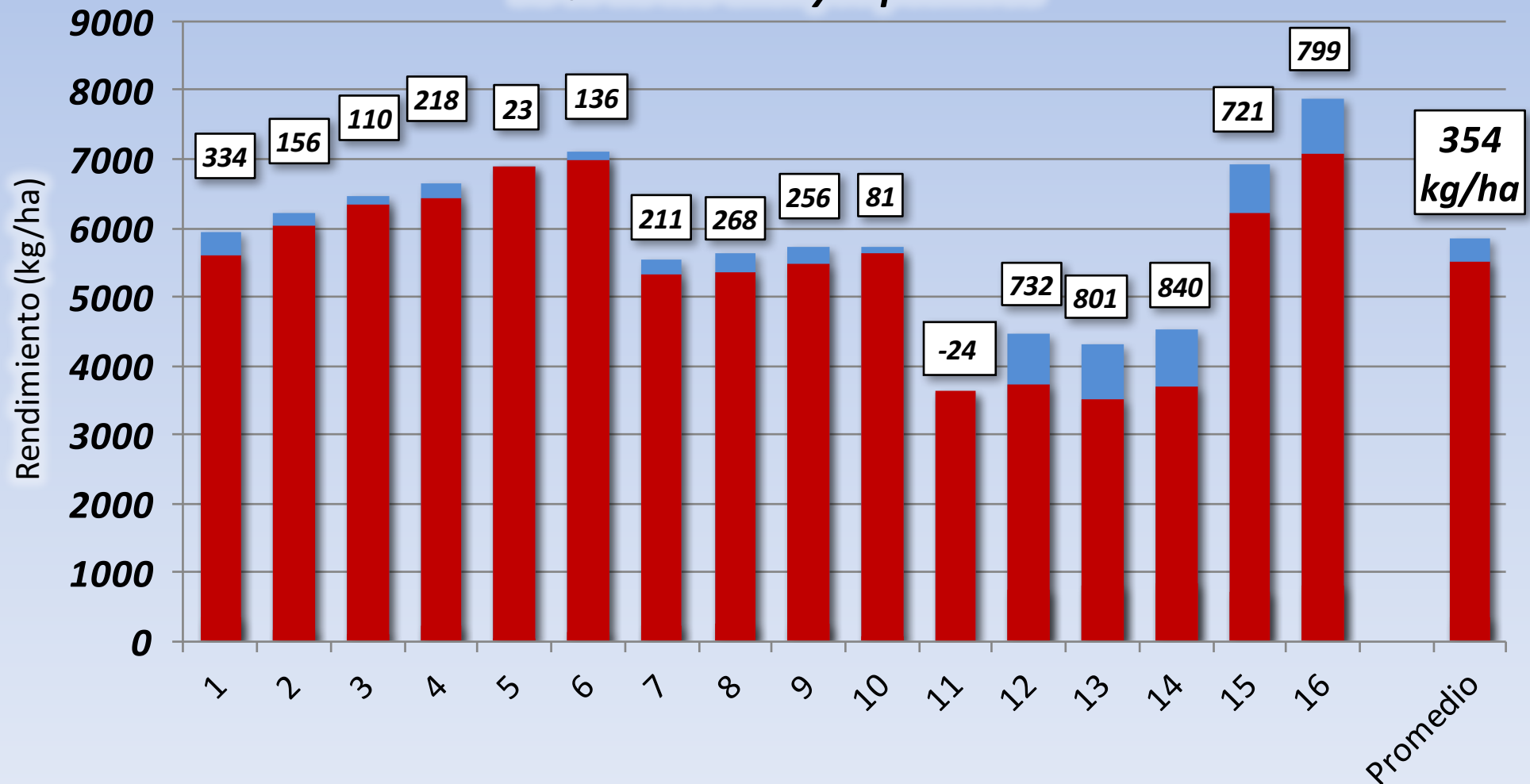


- ➔ Campaña 2008/09 - Rafaela (Santa Fe) - Antecesor Maiz 2ª (11800 kg rastrojo)
- ➔ Argiudol típico - MO 3.07 - pH 5.9
- ➔ Siembra 11/7/08, Aplicaciones al voleo 21/7/08

Inhibidores de Ureasa: Resultados promedio en Trigo Campañas 2010/11 y 2011/12

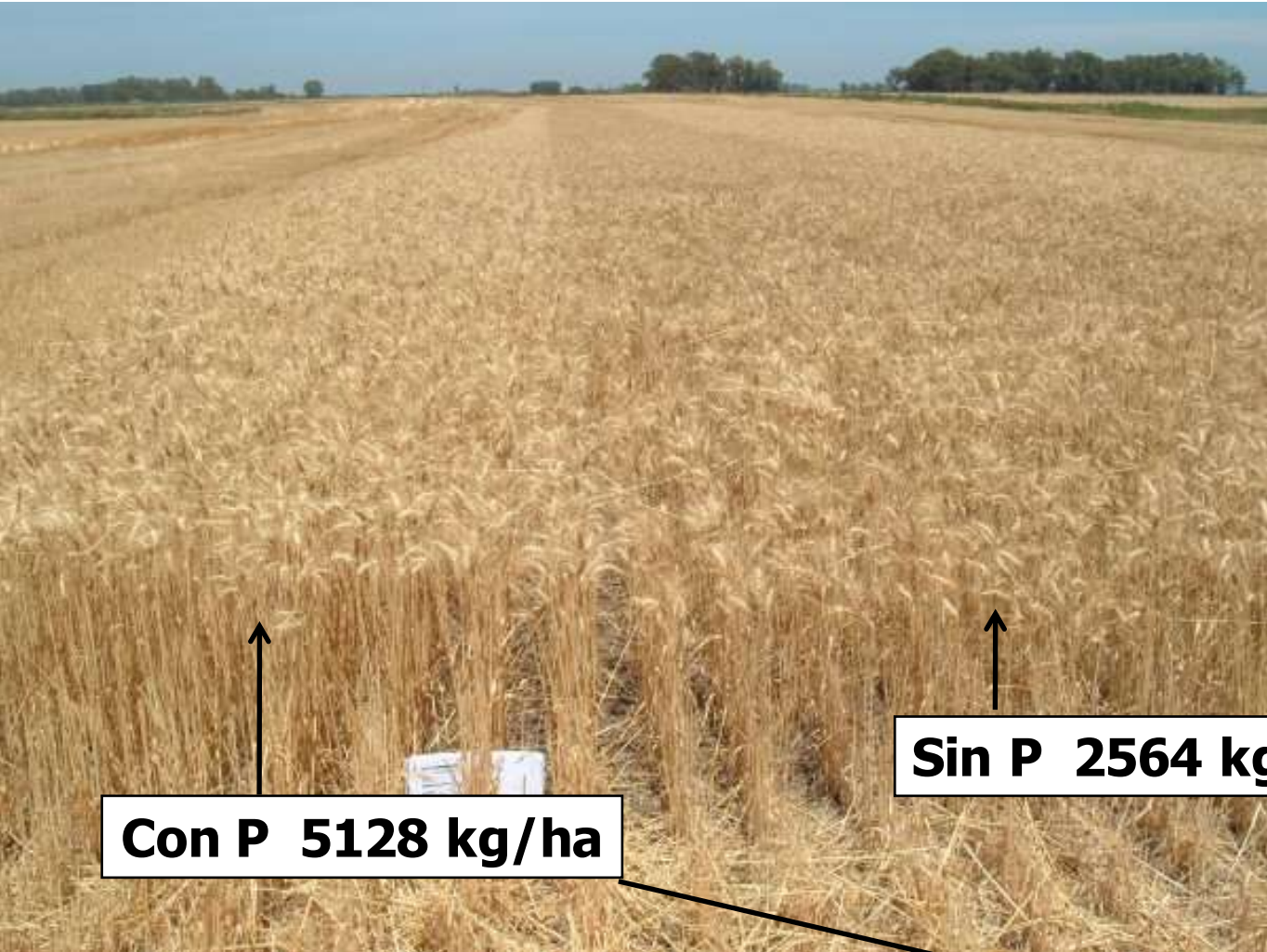


95 % de los ensayos positivos



Respuesta a P en Trigo

P Bray 5 ppm



Con P 5128 kg/ha

Sin P 2564 kg/ha

25 de Mayo (Buenos Aires)
Campaña 2007-08
Foto: M. Díaz Zorita



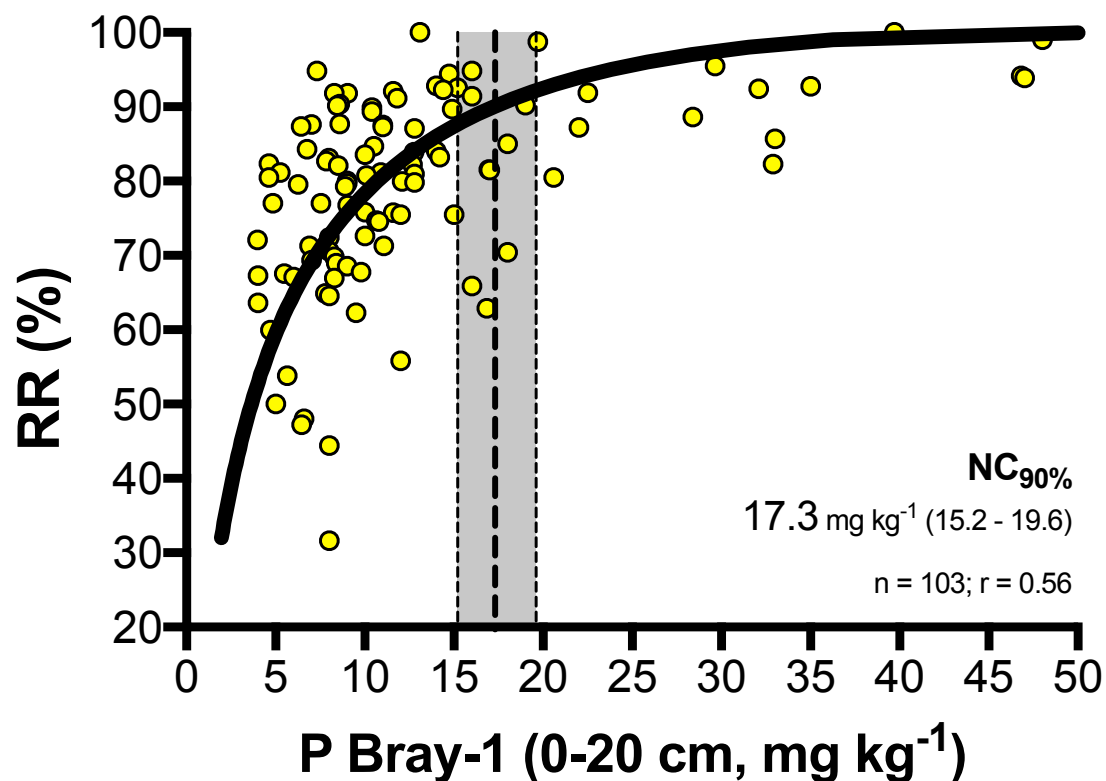
¿Cómo deberíamos manejar fósforo?

- Conocer el nivel de P Bray/Mehlich 1 según análisis de suelo



NIVEL CRÍTICO DE FÓSFORO - Productivo

Datos de 103 ensayos en región pampeana (1998-2014)



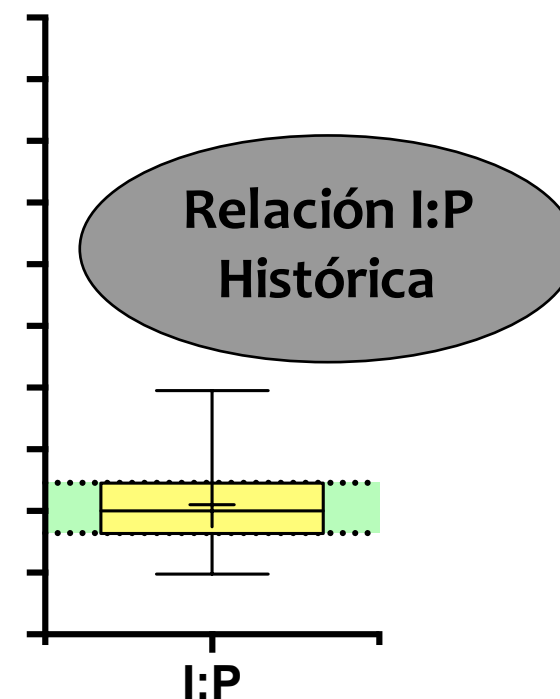
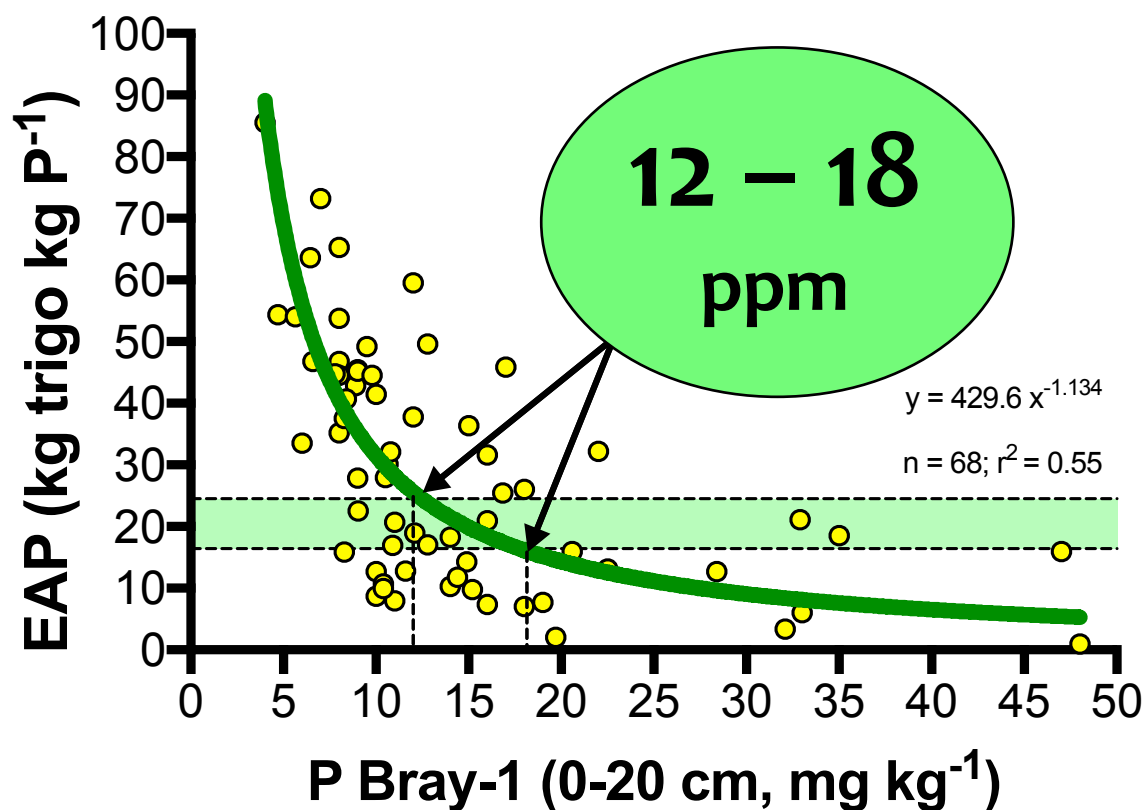
PARA 90% RR

17.3 ppm
(15.2 – 19.6)

Correndo y García (2016)

NIVEL CRÍTICO DE FÓSFORO – Económico

Datos de 68 ensayos en región pampeana (1998-2014)



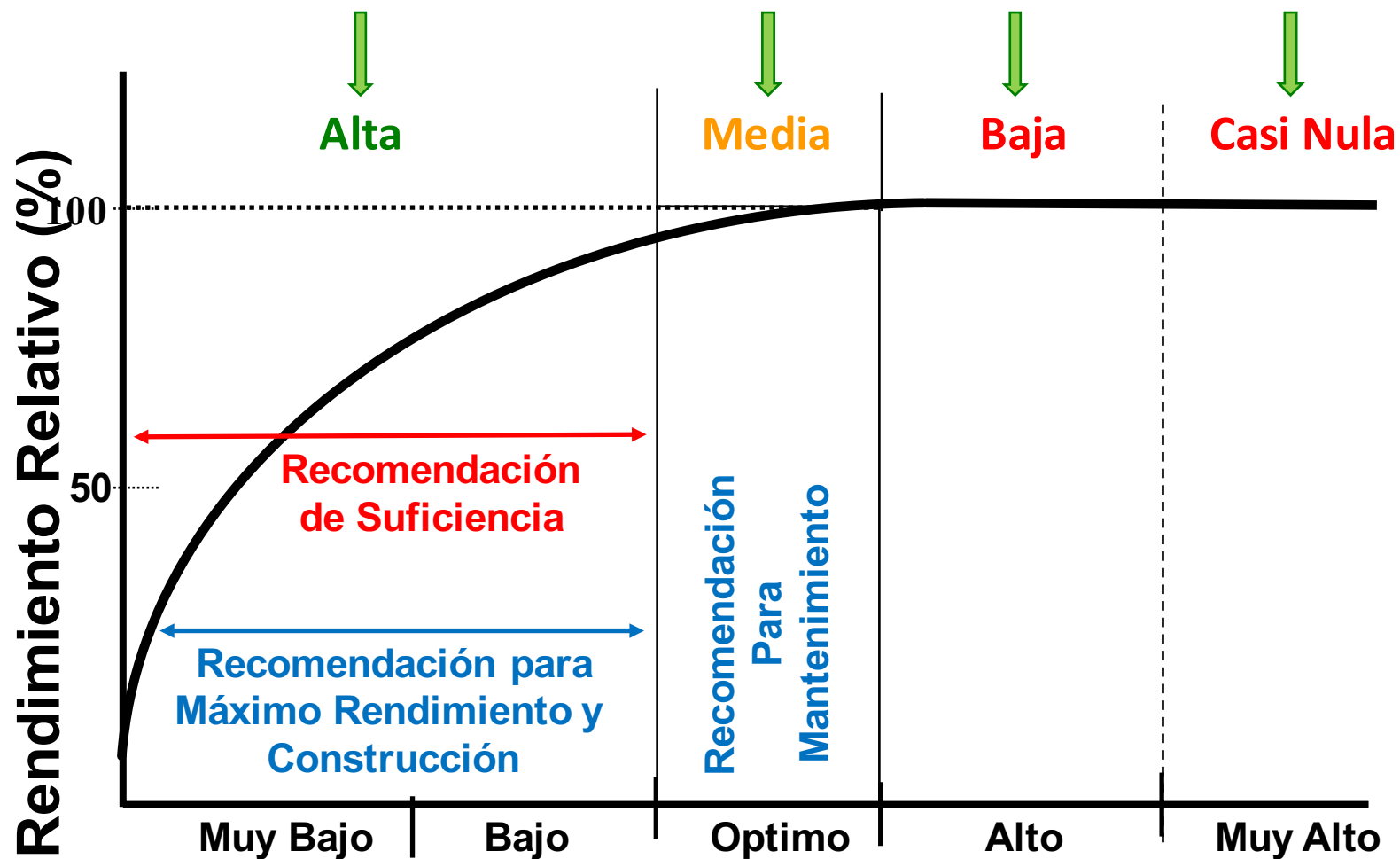
Correndo y García (2016)

¿Cómo deberíamos manejar fósforo?

- Conocer el nivel de P Bray/Mehlich 1 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

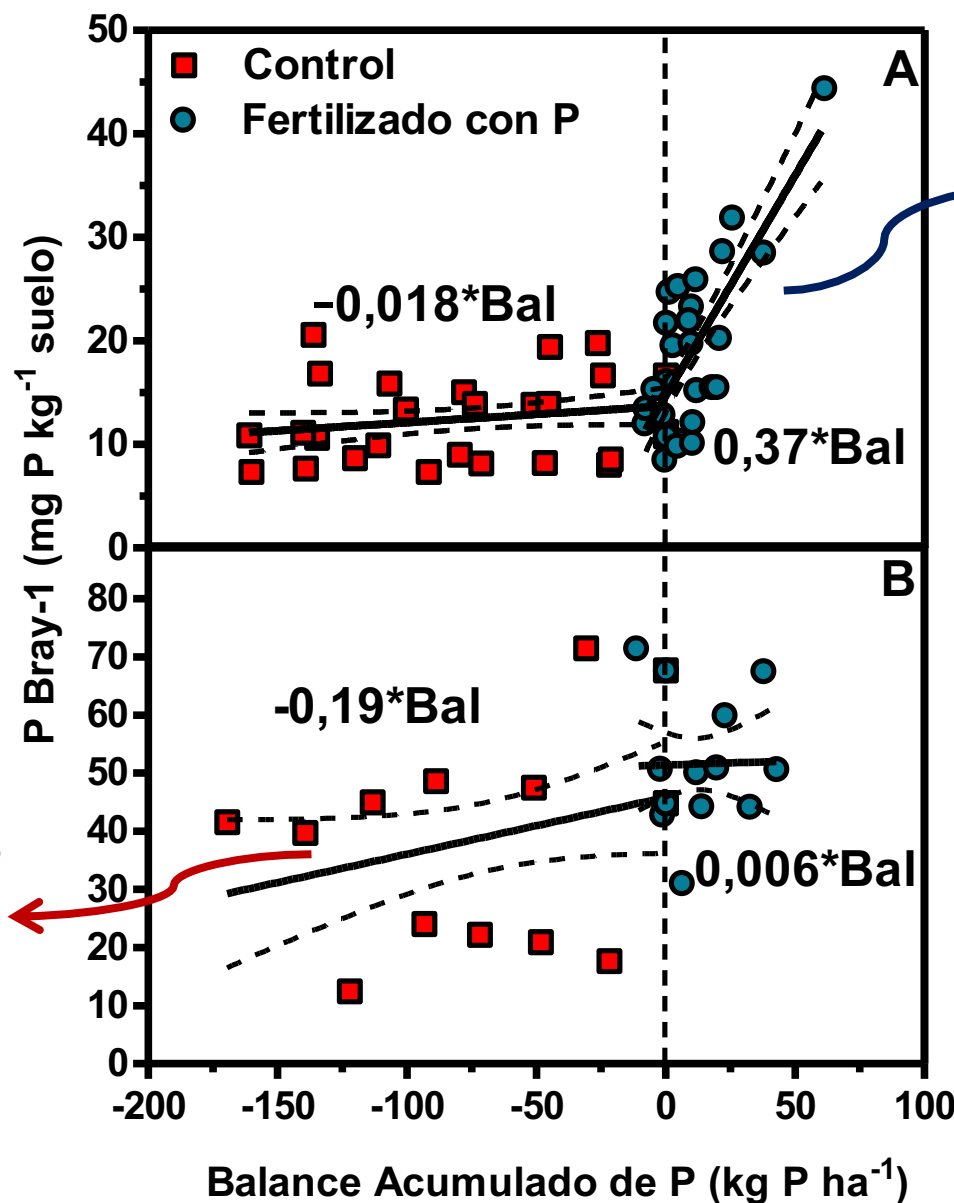


Nivel de P en el Suelo (Bray-1, Olsen o Mehlich-3, ppm)

Adaptado de Mallarino, 2007

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

Suelos
< 20 ppm



El P Bray aumenta aproximadamente 4 ppm por cada 10 kg P de balance positivo

Suelos
> 40 ppm

El P Bray disminuye aproximadamente 2 ppm por cada 10 kg P de balance negativo

Fuente:
Ciampitti (2009)
Red CREA Sur de
Santa Fe
(CREA-IPNI-ASP)

¿Fertilizo el cultivo o mejoro los niveles de P Bray del suelo?



Fertilizar cada cultivo	Subir y mantener el nivel de P Bray
Puedo maximizar el rendimiento	Rendimientos máximos y menos variables
Dependo del precio anual del fertilizante	Mayor independencia del precio anual del fertilizante
Requiere muestreos mas frecuentes	El muestreo se hace cada 2-4 años
Requiere aplicaciones mas especificas	Aplicaciones de P de reposición mas sencillas
Maximiza retorno al peso invertido de fertilizante	Maximiza el retorno del sistema
Estrategia de corto plazo	Estrategia de largo plazo

No hay una solución única para todos los productores, lotes o ambientes

¿Cuándo el P al voleo puede funcionar como el bandeado?

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)*

Precaución en aplicaciones en zonas de pendiente en épocas de lluvias intensas!!!!!!!!!!

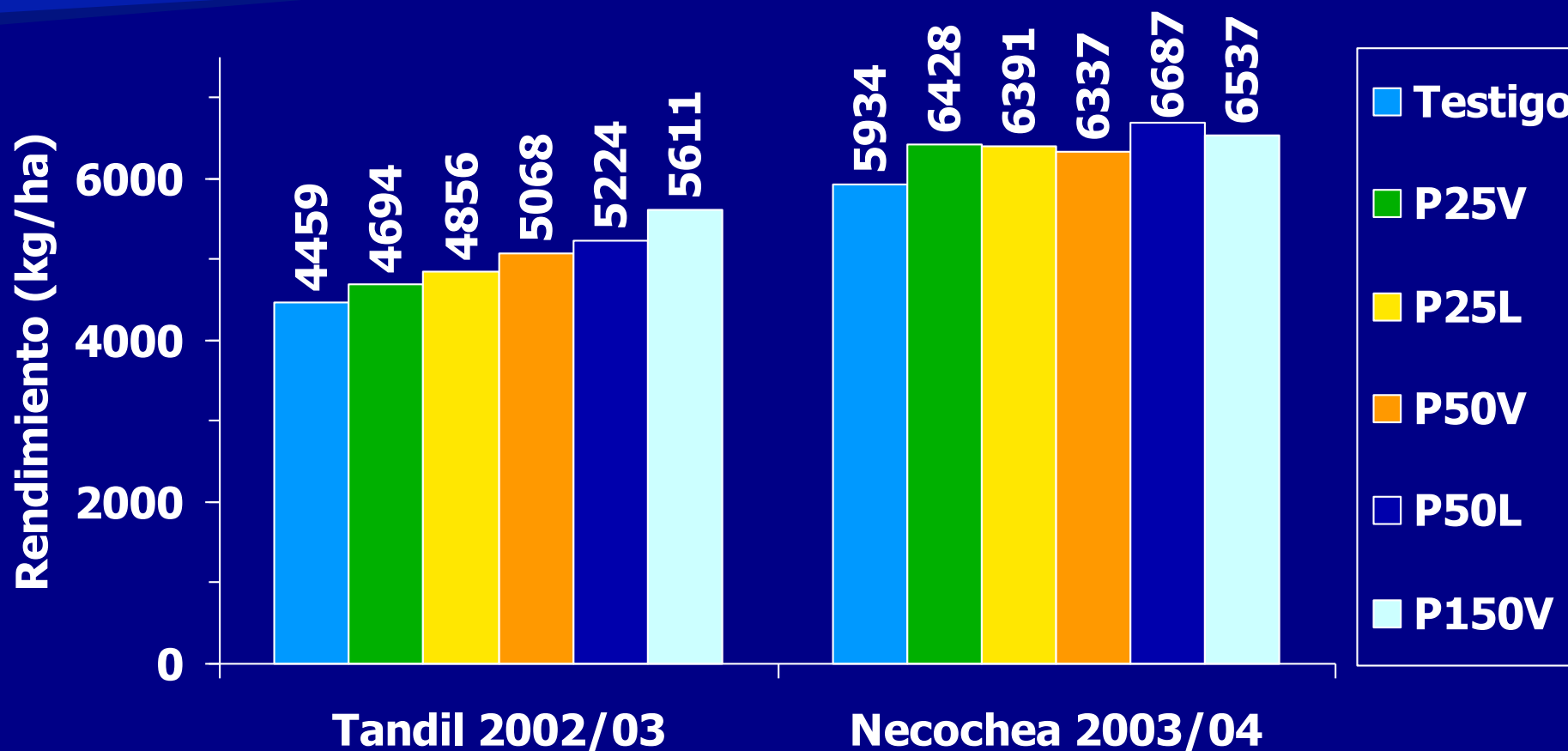


Métodos de aplicación de P en trigo bajo siembra directa

Sainz Rozas et al. (2003) y Echeverría et al. (2004)

EEA INTA-FCA Balcarce - Ensayos Red AAPRESID-Mosaic

I = Incorporado en líneas V = al voleo anticipado



P Bray 8.3 ppm - MO 5.5% - pH 6.4

P Bray 14 ppm - MO 5.7% - pH 6.0

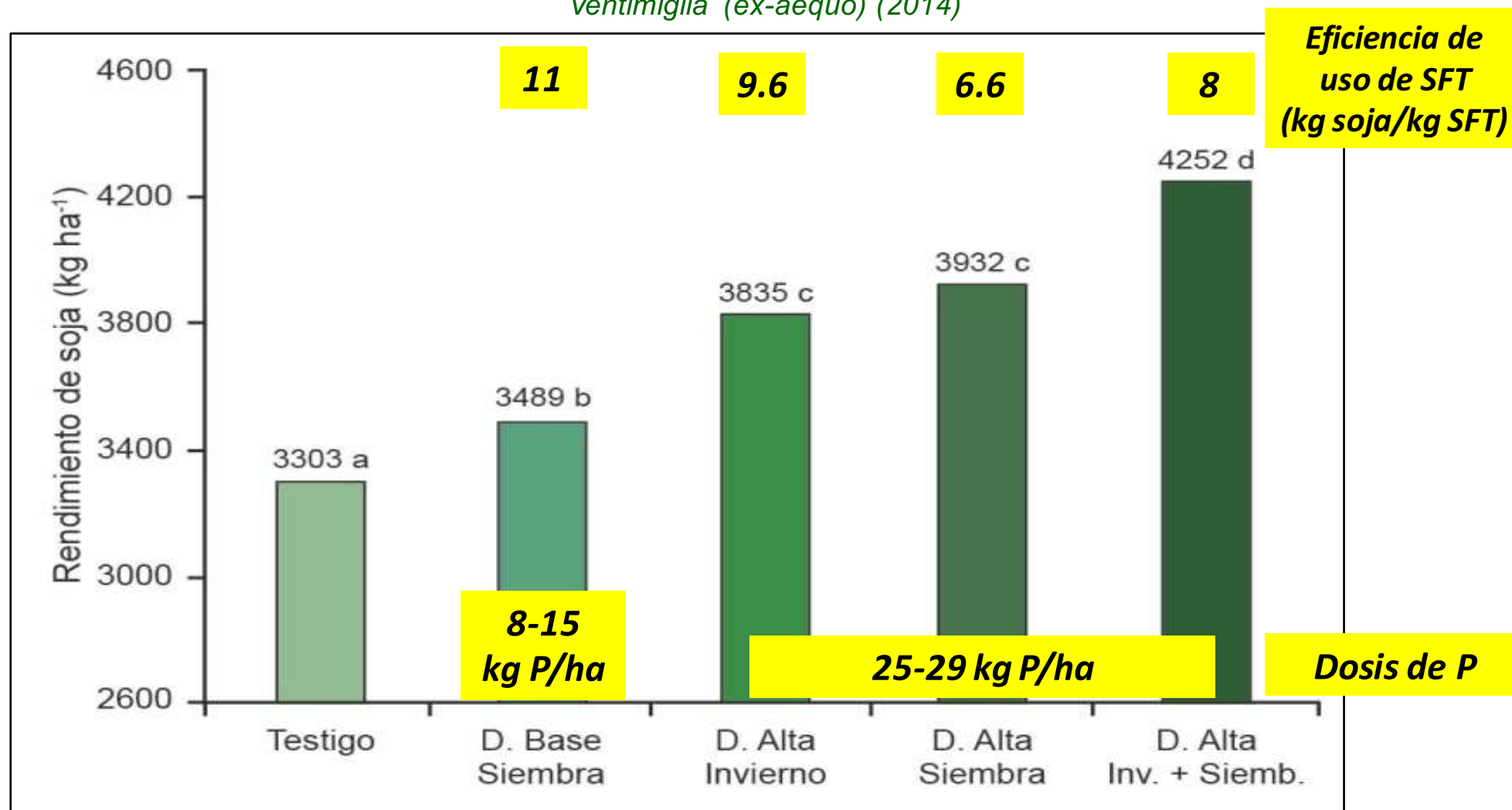
N no limitante

Localización, momento y dosis de fósforo en soja

Promedios de doce sitios en tres años: Carcaraña, Ferre, 9 de Julio, Aldao, y Río Cuarto

Red INTA - Fertilizar AC - Bunge

Fuente: M. Bermúdez, M. Díaz-Zorita, G. Espósito, G. Ferraris, G. Gerster, M. Saks, F. Salvagiotti, y L. Ventimiglia (ex-aequo) (2014)



- *P* Bray inicial de 10 a 15 ppm
- Costo de 2.4 kg soja por kg SFT



El Fortin - CREA Gral. Arenales

NP

3214 kg/ha

NPS

3682 kg/ha

Azufre en trigo

Balducchi - CREA Teodelina

NP

4437 kg/ha

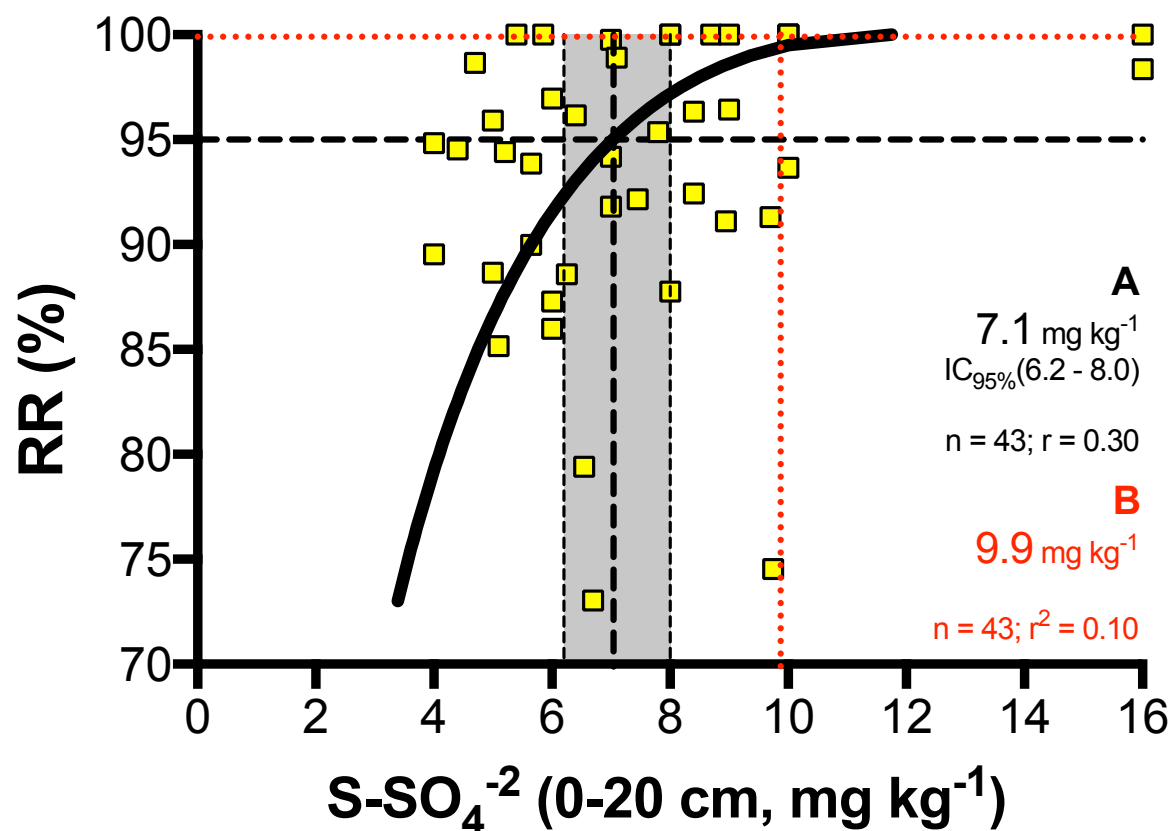
NPS

5160 kg/ha

Fuente: CREA Sur de Santa Fe-INPOFOS-ASP

NIVEL CRÍTICO DE AZUFRE

Datos de 43 ensayos en región pampeana centro-norte (2000-2014)

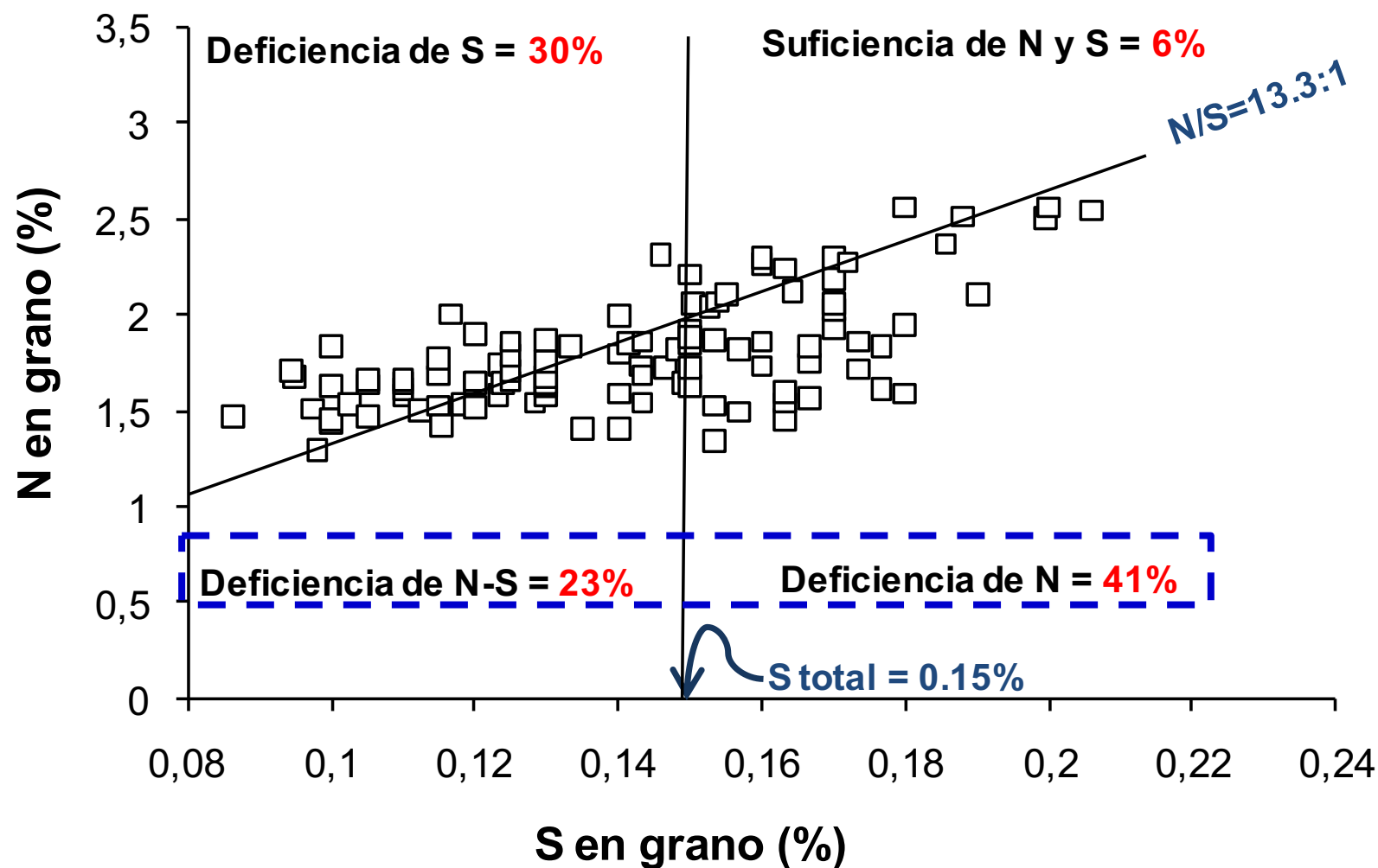


7.1 ppm
(6.2 – 8.0)
PARA 95% RR

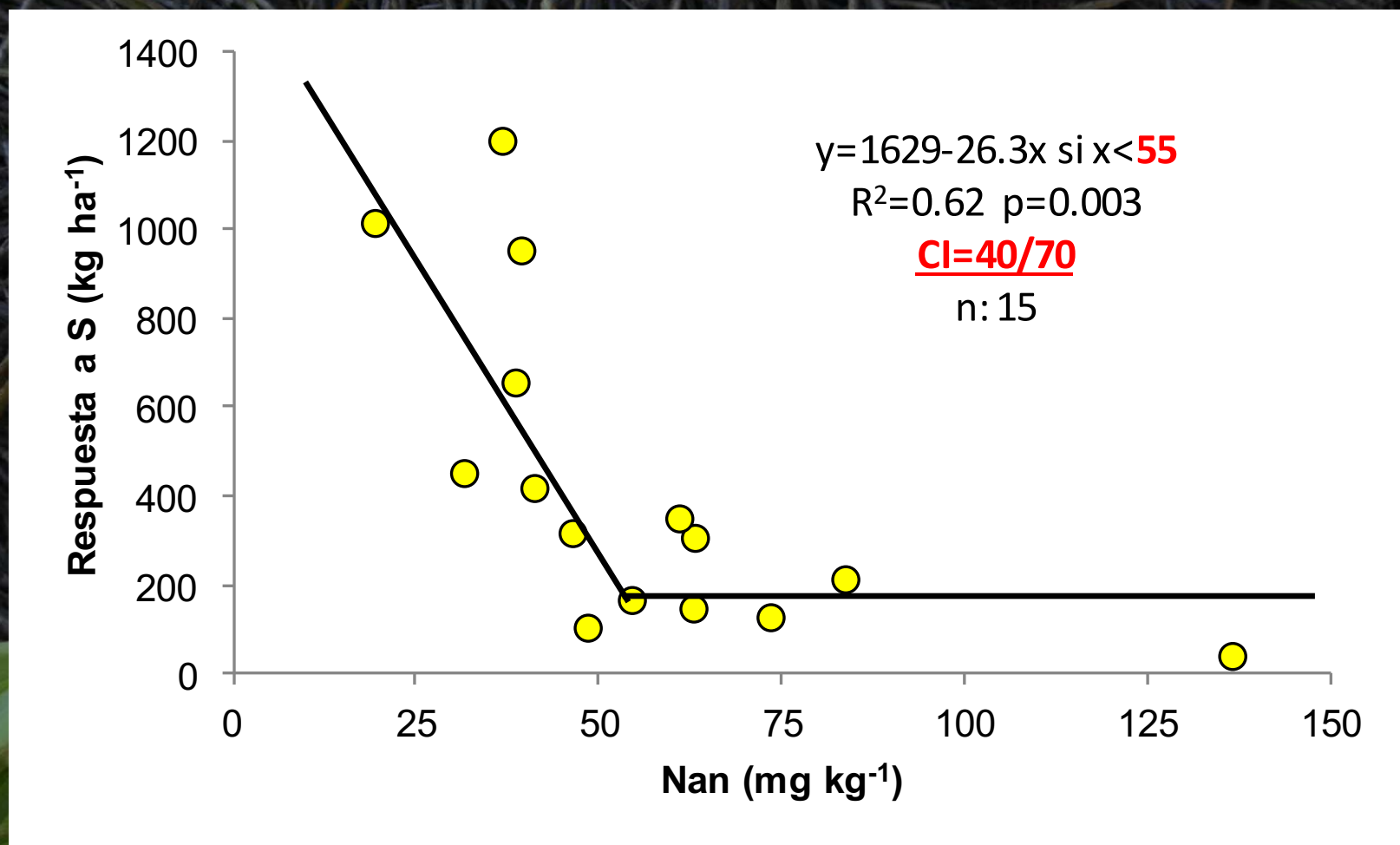
9.9 ppm
PARA 99% RR

Correndo y García (2016)

Diagnóstico de deficiencia de S mediante análisis de grano (Muestras recibidas por Fertilab, 2011)

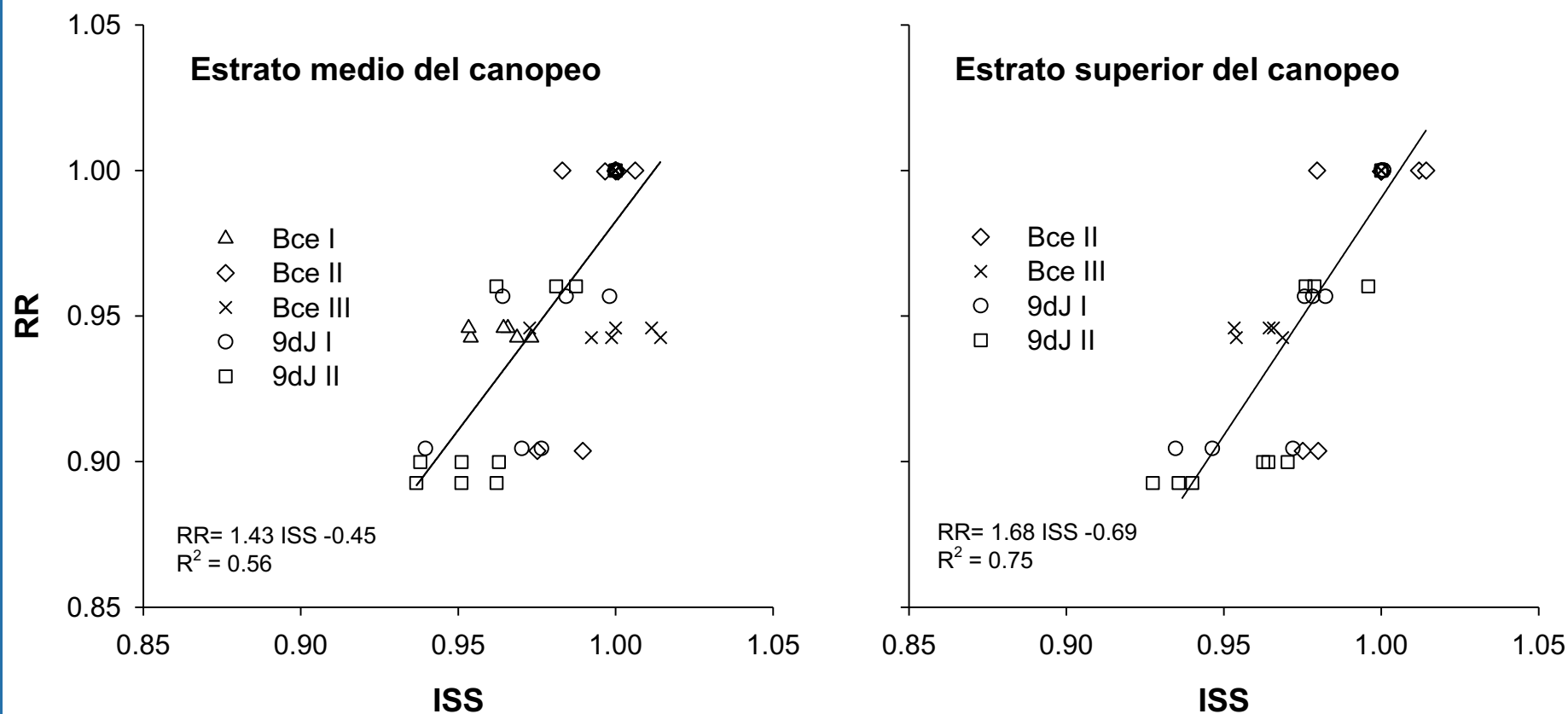


Relación entre la respuesta en rendimiento al agregado de S en maíz y el Nan



Fuente: Carciochi (2016, en revisión)

Relación entre índice de verdor (ISS, Minolta SPAD 502) en maíz y el Rendimiento Relativo



La fertilización azufrada mejora la eficiencia de uso de N en trigo

Variable	Unidades	N100	N100 +S20
Eficiencia Agronómica	kg grano / kg N aplicado	8.4	10.7
Eficiencia de Recuperación	kg N absorbido / kg N aplicado	0.35	0.47
Eficiencia Fisiológica	kg grano / kg N absorbido	22.7	22.5

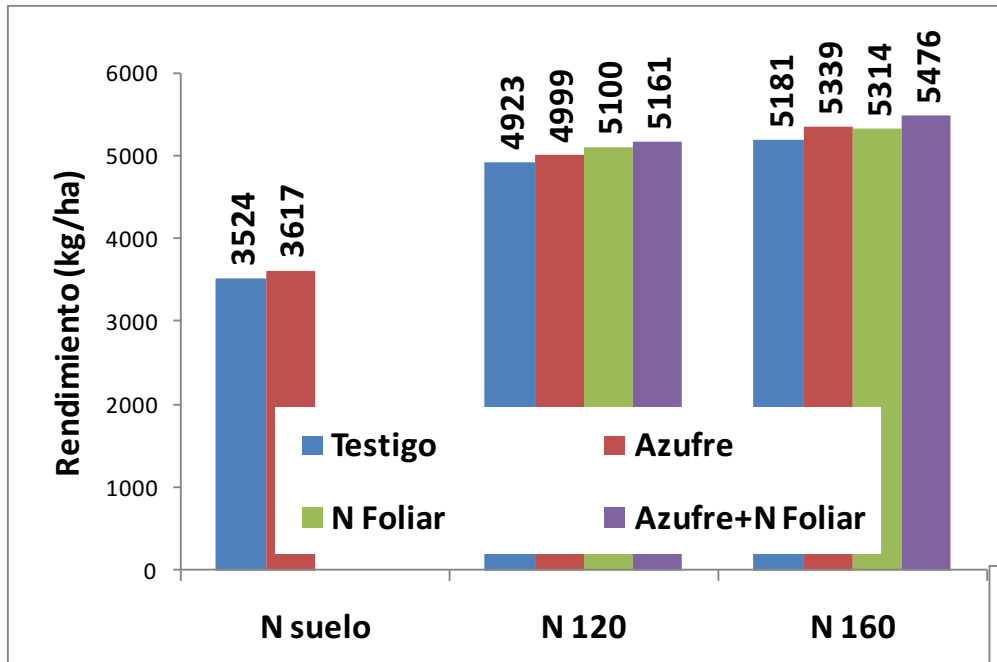
Fuente: Salvagiotti et al. (2009)



N y S en Cebada Scarlett (Pugliese et al., 2007)

5 ensayos en 2005/06 y 2006/07 en el centro-sur de Buenos Aires

S 15 kg/ha en la base - N foliar 25 kg/ha en Z39 (hoja bandera expandida)

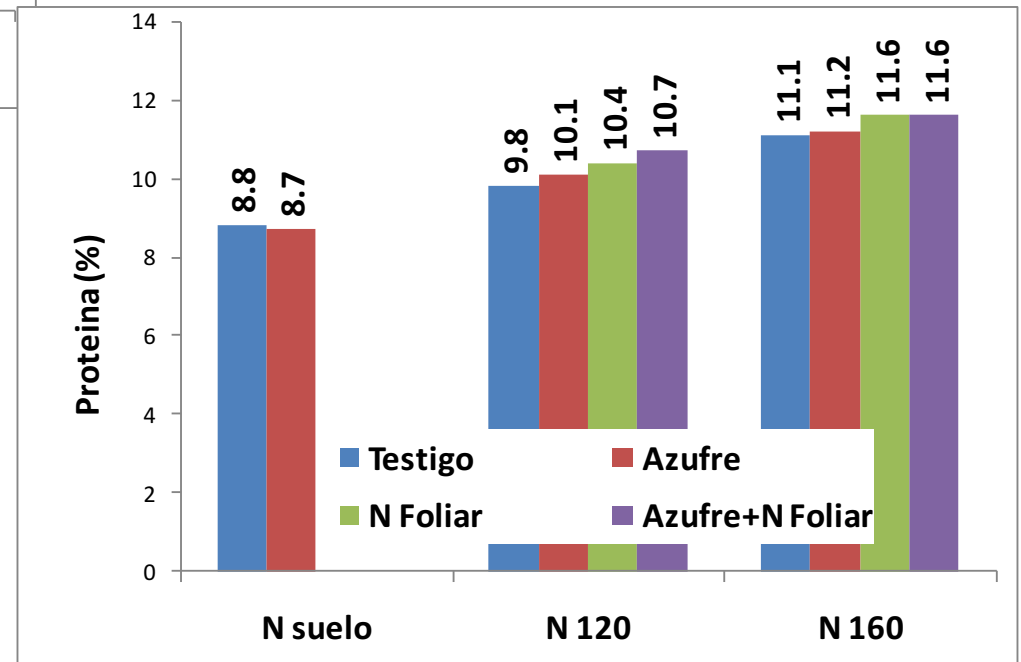


Rendimiento

- Respuestas a N de base hasta 160N
- Tendencias con aplicación de S
- Respuestas en rendimiento a S + N foliar

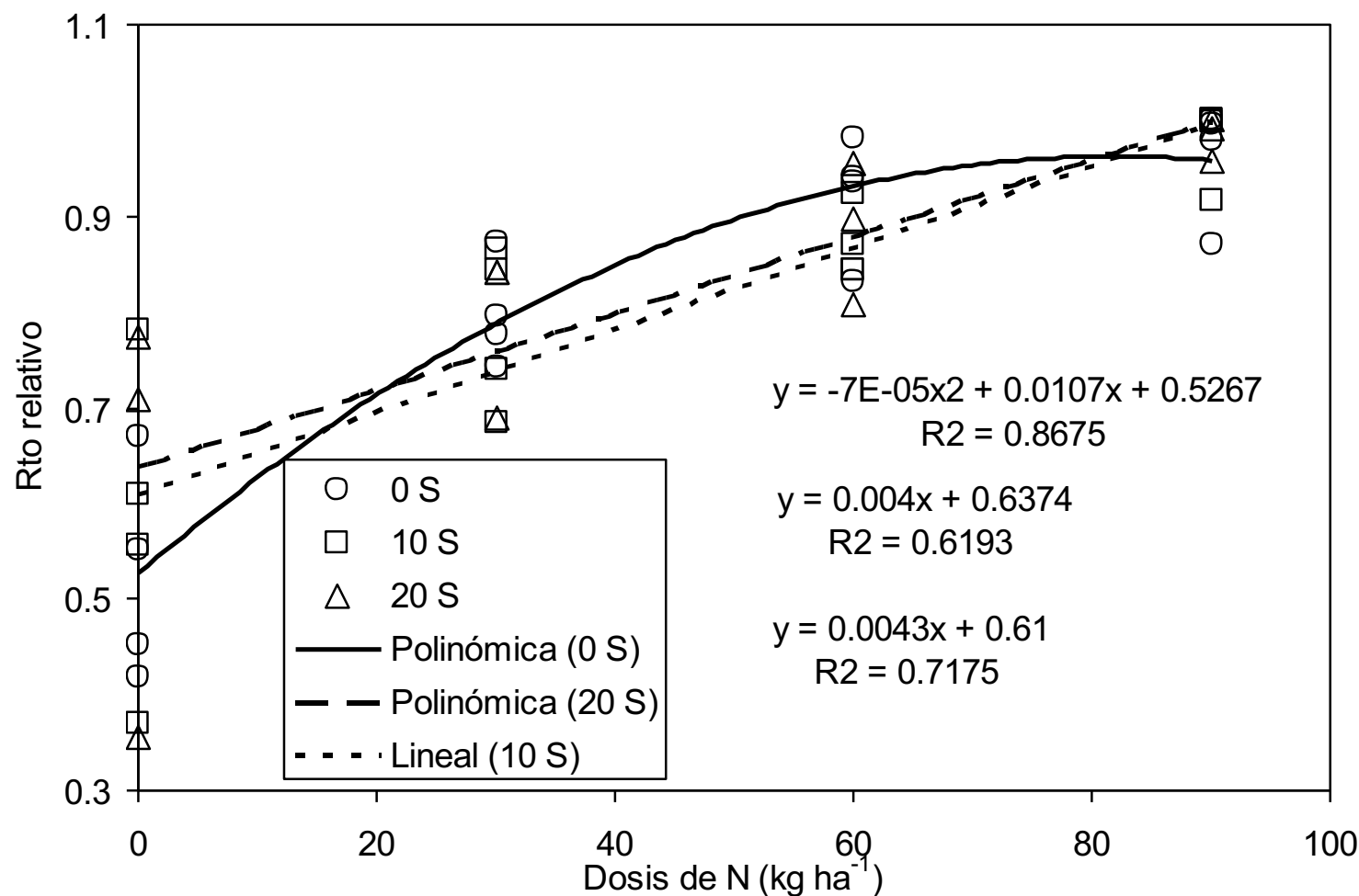
Proteína

- Respuestas a N de base hasta 160N
- Tendencias con aplicación de S
- Respuestas a N foliar



Colza: Respuesta a N con y sin aplicación de S

CEI INTA-MAA Barrow - Zamora y Massigoge (2008)



- 7 ensayos - Campañas 2005, 2006 y 2007 en el sur de Buenos Aires
- Efecto N significativo en las tres campañas y efecto S significativo en campaña 2007

Red de Ensayos Trigo/Soja Proyecto INTA Fertilizar
Ensayo INTA Cañada de Gomez - G. Gerster y col. - 2001/02

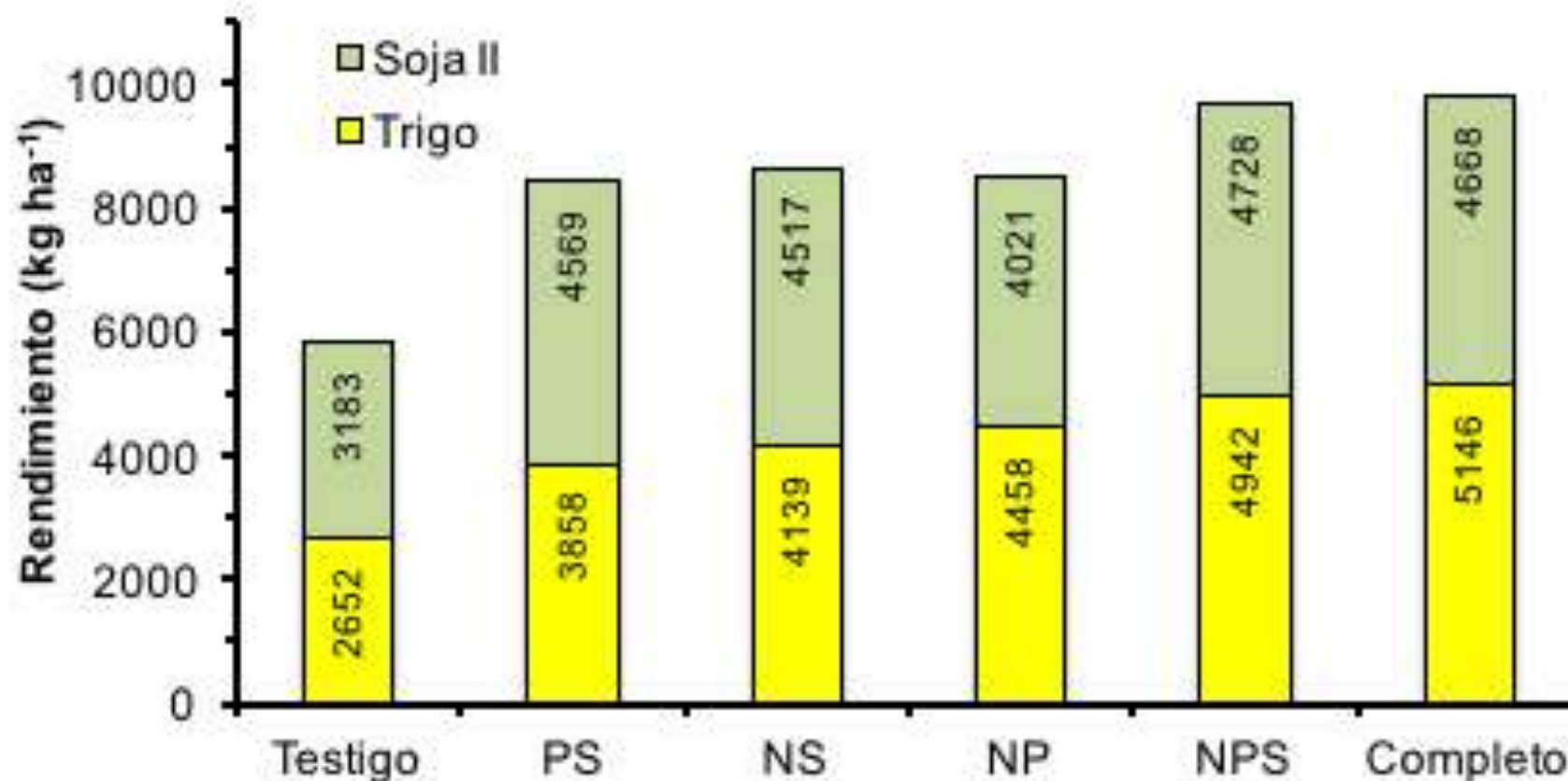
Residualidad de P y S aplicados en el trigo sobre la soja II



Rendimientos acumulados de trigo y soja de segunda para diferentes tratamientos de fertilización

Promedio de tres sitios. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe. Campaña 2014/15

Fuente: Boxler et al. (2015)

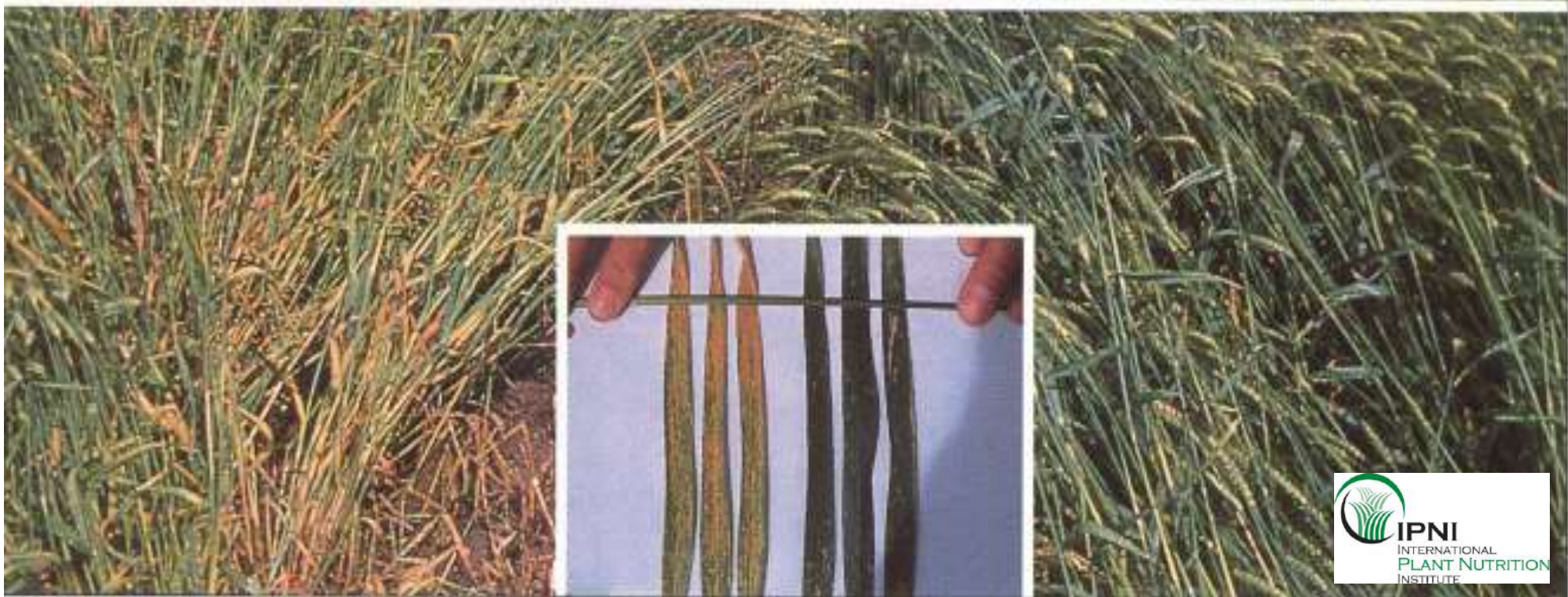


Micronutrientes en Región Pampeana Argentina

- Cloro: Respuestas de 400-500 kg/ha en ensayos del centro y oeste de Buenos Aires
- Boro: Respuestas de 300-500 kg/ha en primaveras secas en el centro de Buenos Aires
- Respuestas a Zinc



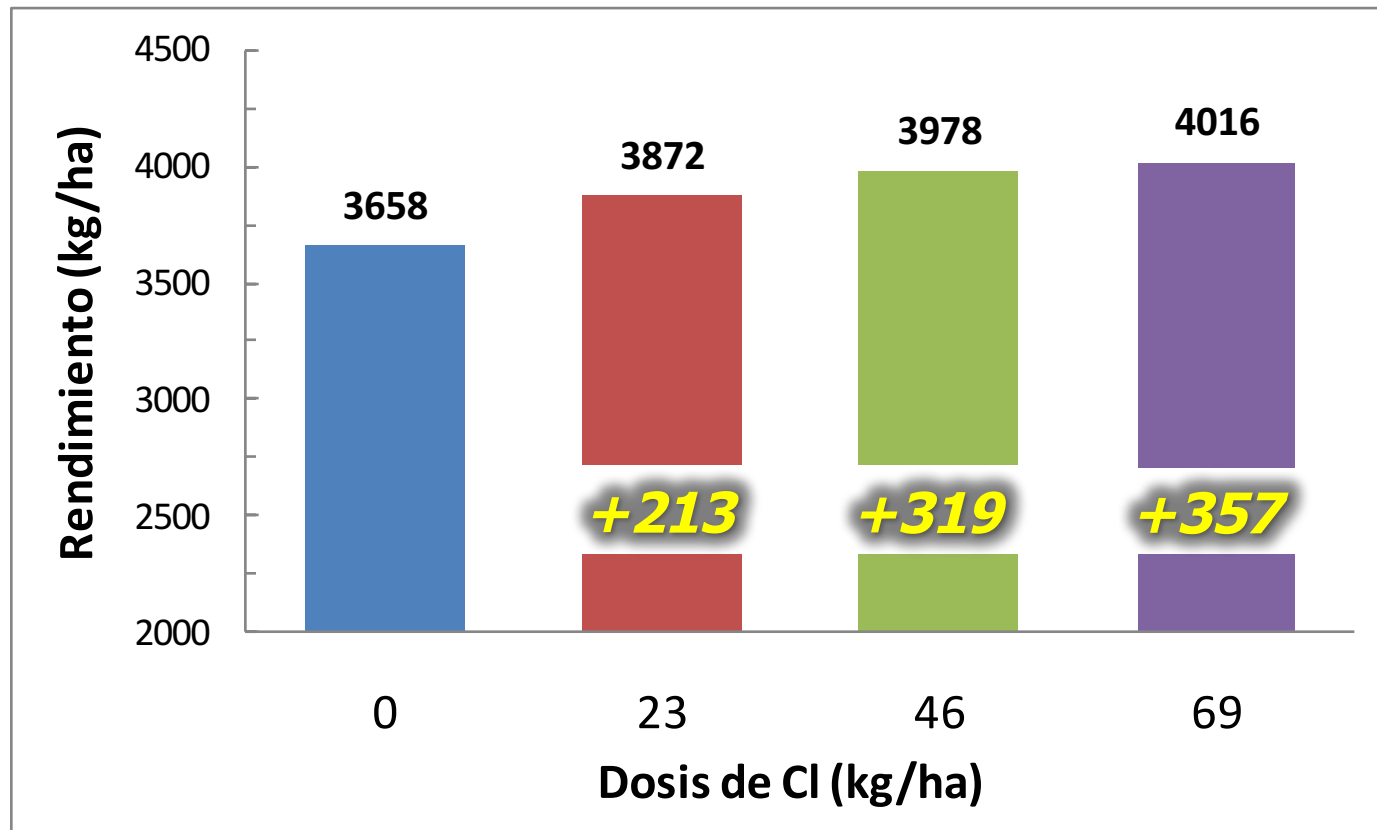
Cloro en Trigo



Cloro en Trigo

Rendimientos promedio para cuatro dosis de Cl, en ensayos con respuesta realizados en la región pampeana argentina entre los años 2001 y 2006

Los rendimientos se promediaron para distintas fuentes de Cl y variedades



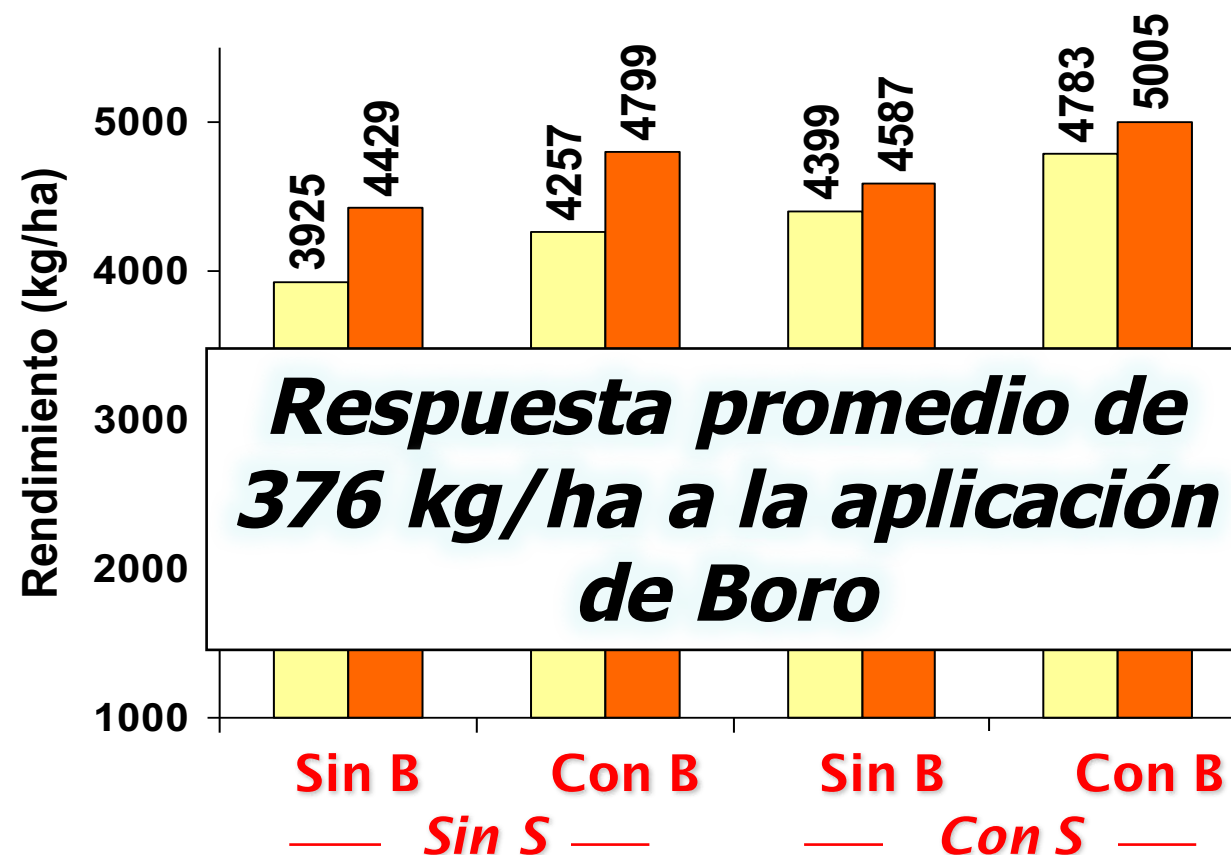
- 10 de 26 sitios (38%) con respuesta a Cl
- Cl (0-20 cm) superior a 35 mg Cl/kg o Cl disponible (0-60 cm) superior a 65-70 kg Cl /ha con rendimientos relativos mayores al 90% del rendimiento máximo y respuestas a la aplicación de Cl menores de 250 kg/ha.
- Diferencias en respuesta entre variedades para un mismo ambiente

Azufre y Boro en Trigo

Criadero Klein – Alberti (Buenos Aires)

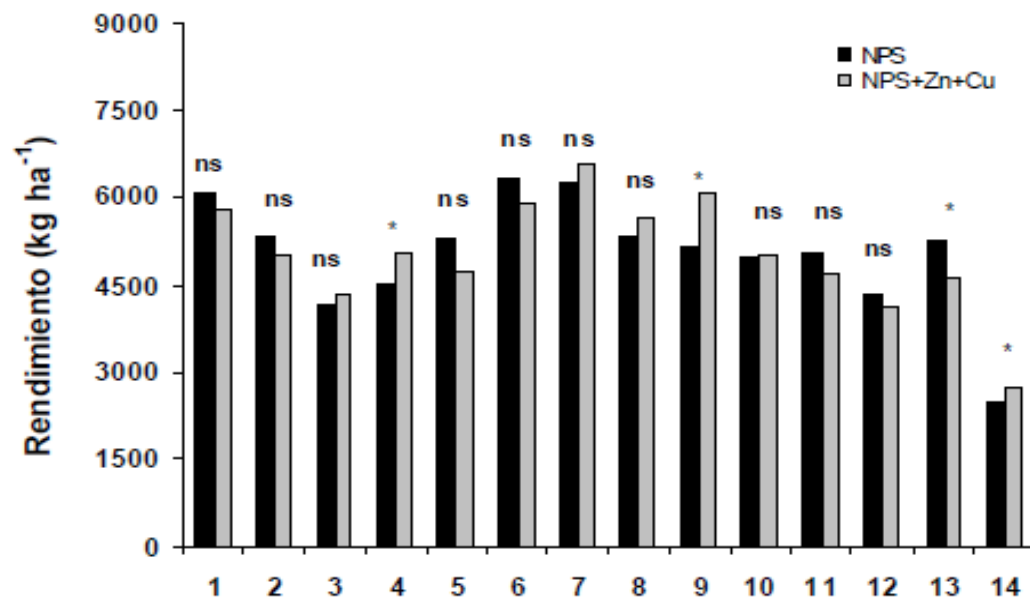
Campaña 1999/00

Fuente: Ing. Agr. Roberto Klein (2003)



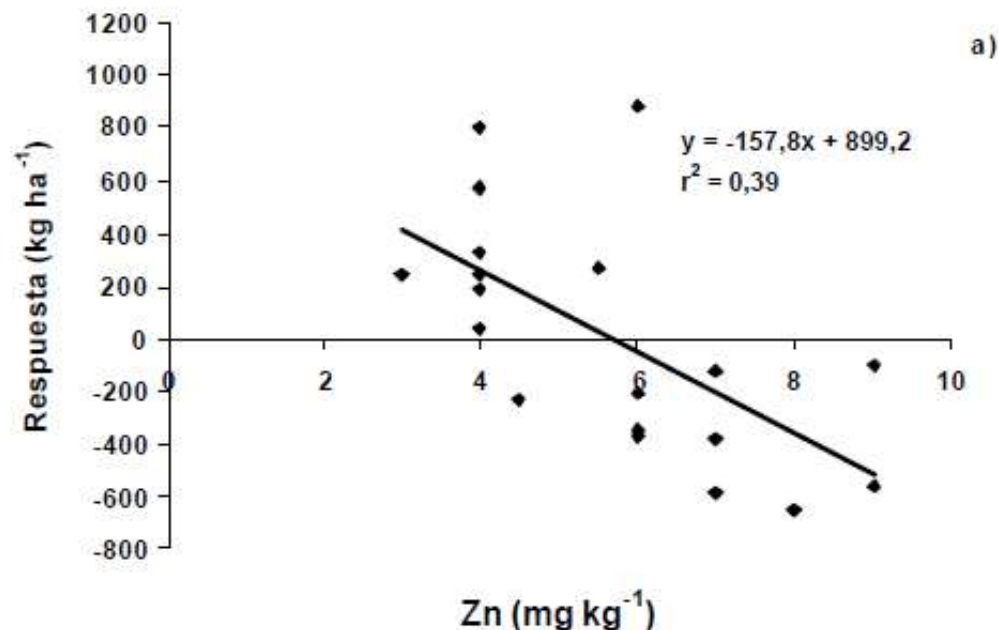
- Dosis de NP: 95-110 kg N, 25-49 kg P -
- Dosis de S: 6 kg/ha - Dosis de B: 0.5 kg/ha
- MO 2.5% - pH 6.1 - S-sulfatos 13 ppm - B 0.2 ppm
- Primavera-verano secos

Zinc en Trigo



- Campaña 2000/01
- Aplicación al Suelo:
 - 7.2 kg/ha de Zn
 - 7 kg/ha de Cu
- **Respuesta solo en 4 sitios (14)**
- Sin respuestas a Zn y/o Cu en la campaña siguiente

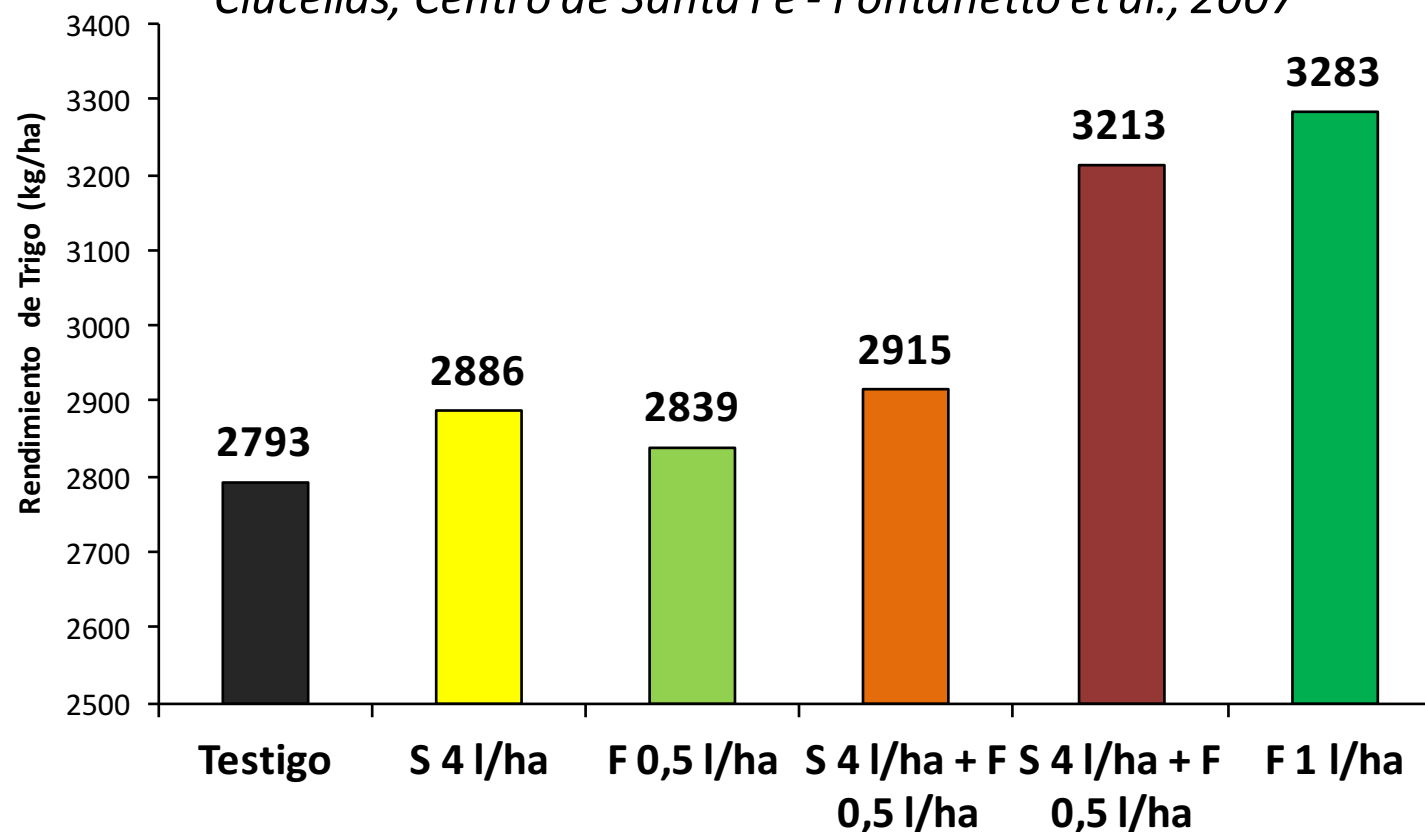
**Nivel crítico de respuesta tentativo:
4 ppm (Mehlich 3)**



Zinc en Trigo

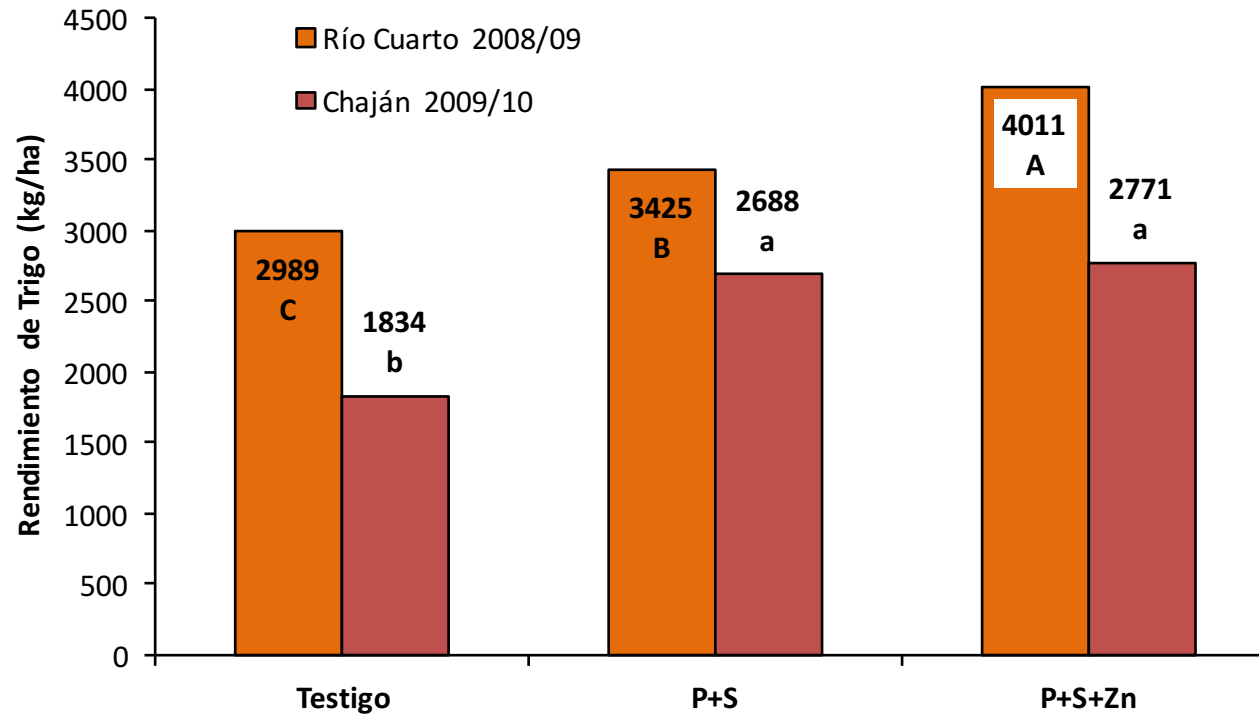


Clucellas, Centro de Santa Fe - Fontanetto et al., 2007



- S = Semilla (suspensión Zn 60%) F = Foliar (suspensión Zn 70%)
- **Dosis foliar de 1 L/ha sola o combinada con aplicación en semilla**

Zinc en Trigo



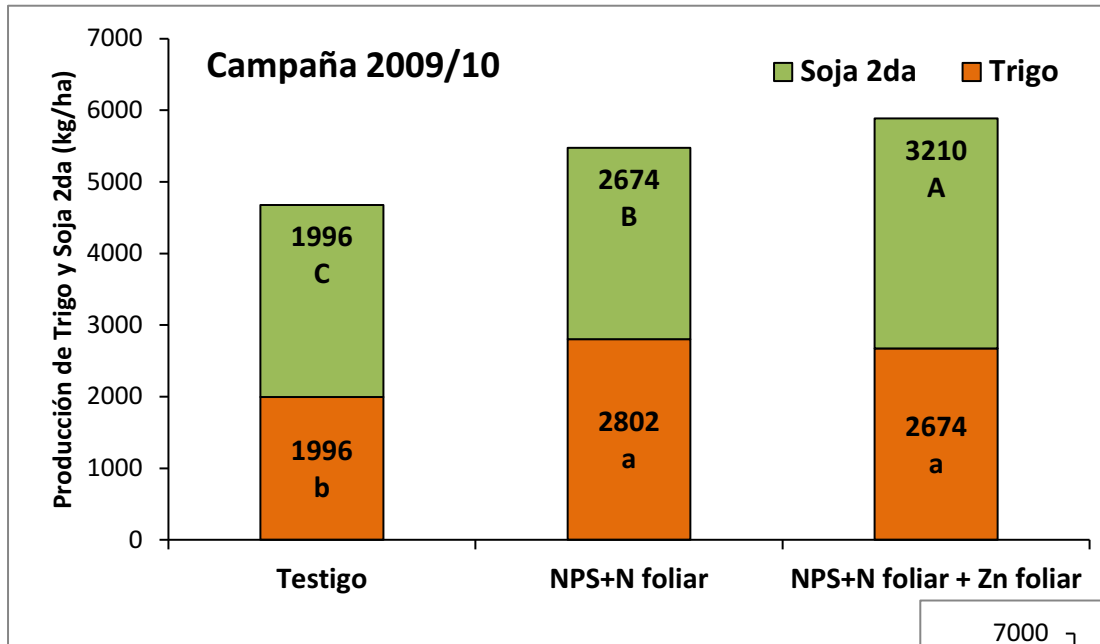
Córdoba – Espósito *et al.*, 2010

- Río Cuarto (0.67 ppm Zn) – Chaján (0.43 ppm Zn) – DTPA
- Aplicación al suelo 11.5 kg/ha de Zn
- RESPUESTA de **586 kg/ha** de trigo

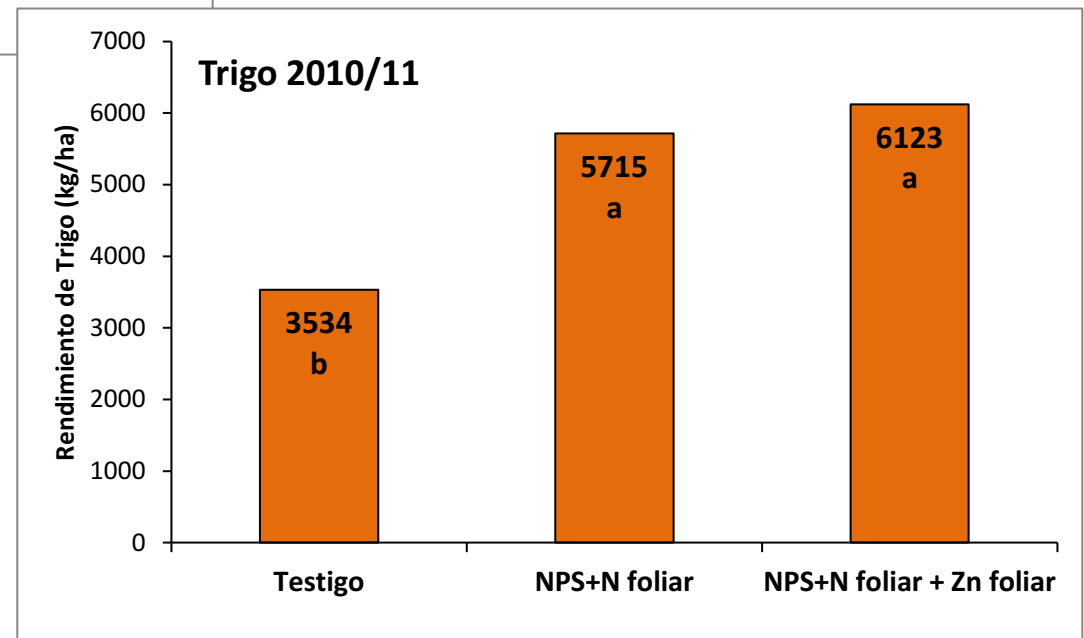
Zinc en Trigo

Gral. Arenales, Buenos Aires

Ferraris et al., 2011

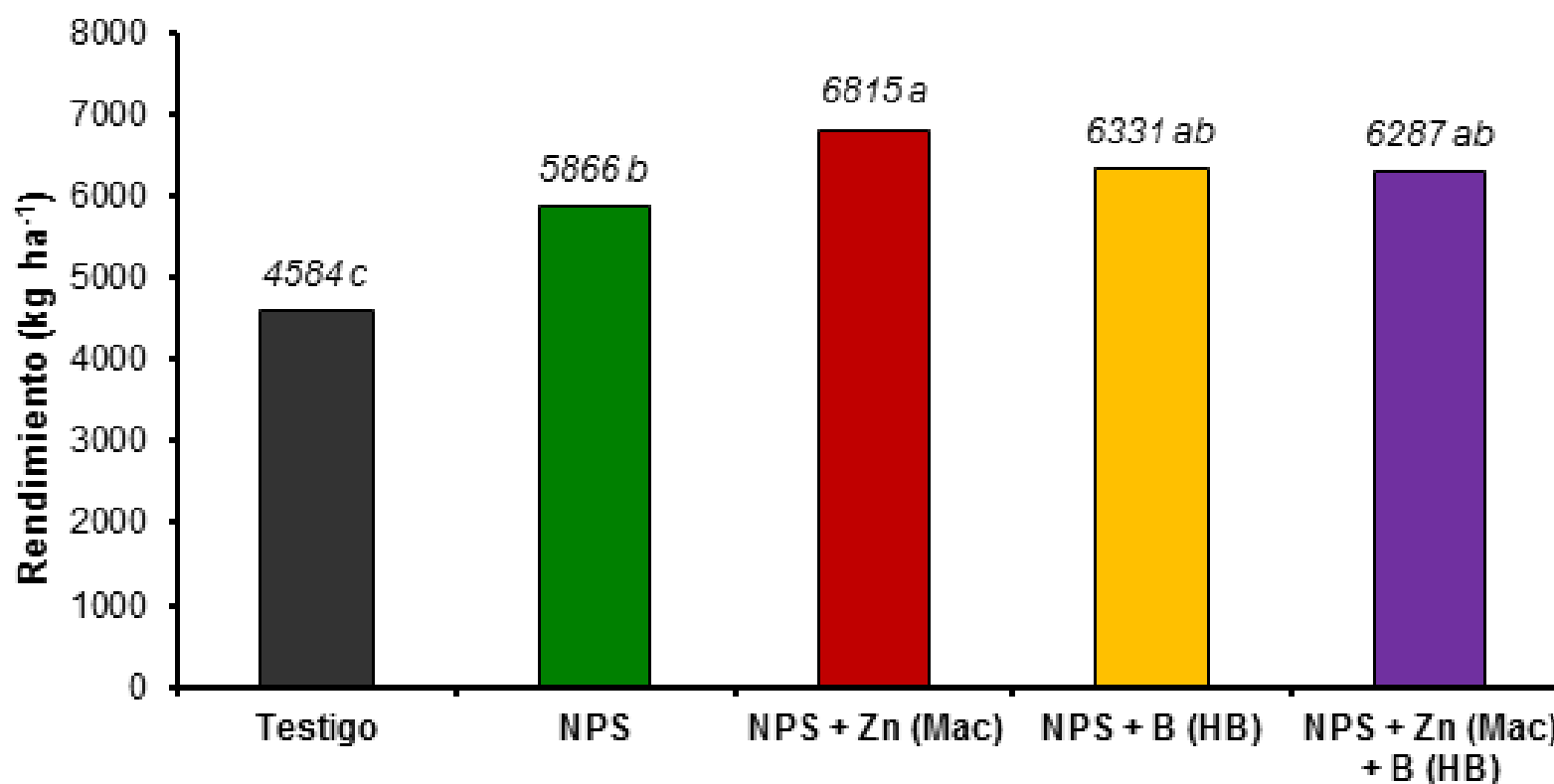


- Sin respuesta significativa en trigo 2009
- Respuesta significativa en trigo 2010
- Respuesta residual en soja de 2ª



Trigo: Zinc y boro en el sur de Santa Fe

Salvagiotti et al. (2013) - EEA INTA Oliveros



“La aplicación foliar de Zn en el estadio de macollaje fue efectiva ya que produjo incrementos significativos en el rendimiento y sus componentes, y sería una forma de perfeccionar el diagnóstico, ya que en estadíos tempranos del cultivo (DC 24 – 25) es posible observar la sintomatología de la carencia, realizar los análisis de tejidos y además puede efectuarse de manera conjunta con diversos tratamientos fitosanitarios. En cambio, la aplicación foliar de B en hoja bandera no mostró ventajas comparativas.”



Trigo

Deficiencias de Cu



Cebada

