

SIMPÓSIO INTERNACIONAL
IPNI Brasil • IPNI Cone Sul

BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES

Foz do Iguaçu - PR • 20 e 21/MAIO/2014

Bases para el manejo 4R de la nutrición del cultivo de trigo

Fernando O. García
IPNI Cono Sur

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

Temario

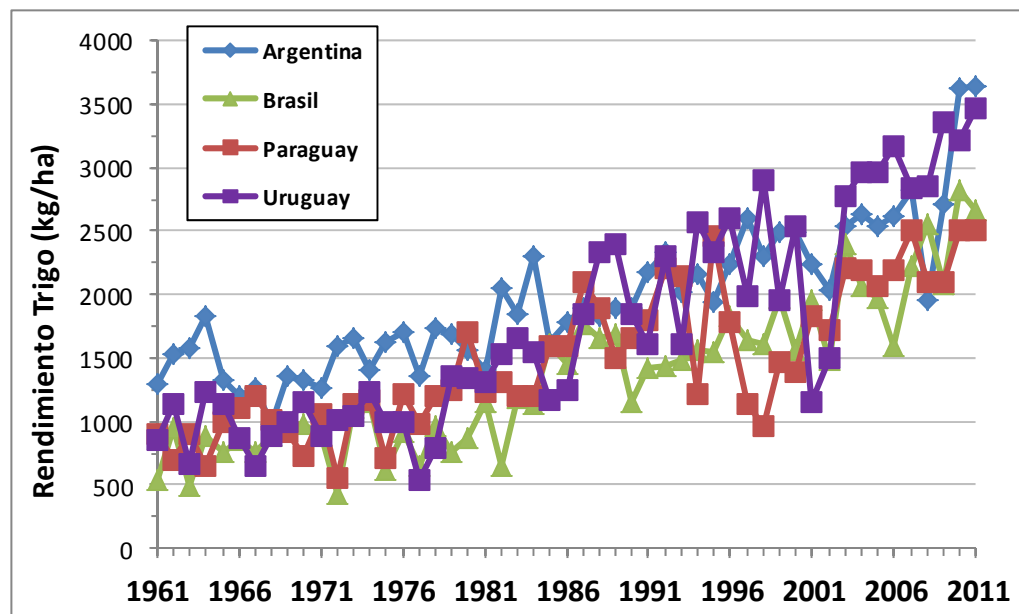
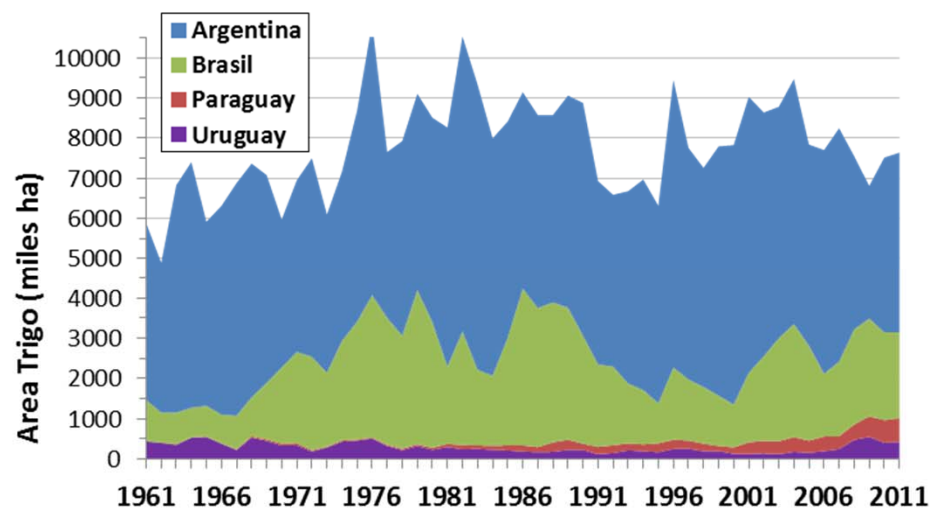
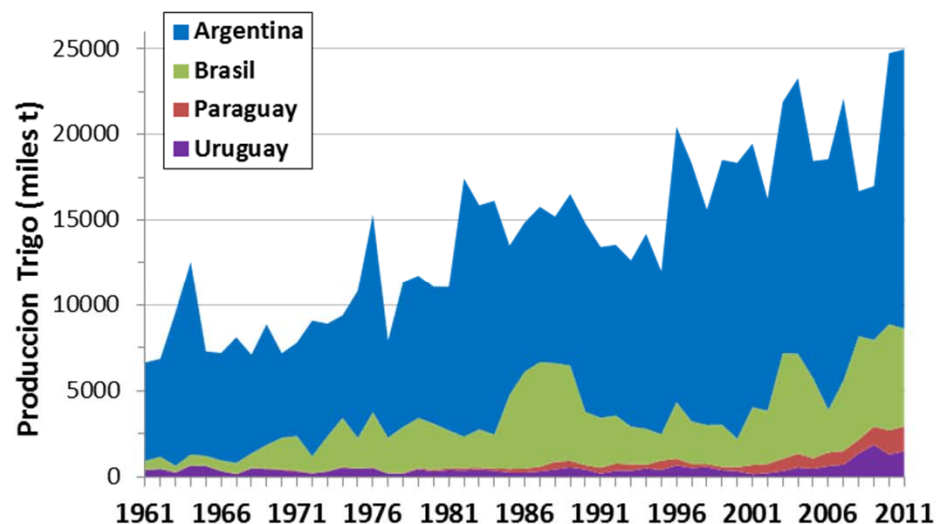


- Introducción
 - Trigo en el Cono Sur: Rendimientos actuales y ¿alcanzables?
 - Intensificación productiva sustentable
- Manejo efectivo y eficiente de los 4R de la nutrición de trigo
 - Desarrollo y crecimiento del cultivo
 - Deficiencias, requerimientos nutricionales, diagnóstico y manejo
 - Nitrógeno
 - Fósforo
 - Potasio
 - Otros nutrientes esenciales
- Consideraciones finales



Area, rendimiento y producción de trigo en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay

Periodo 1991-2011 - Elaboración propia a partir de FAOSTAT



Promedios de rendimientos 2007-2011

Argentina	2954 kg/ha
Brasil	2468 kg/ha
Paraguay	2340 kg/ha
Uruguay	3147 kg/ha

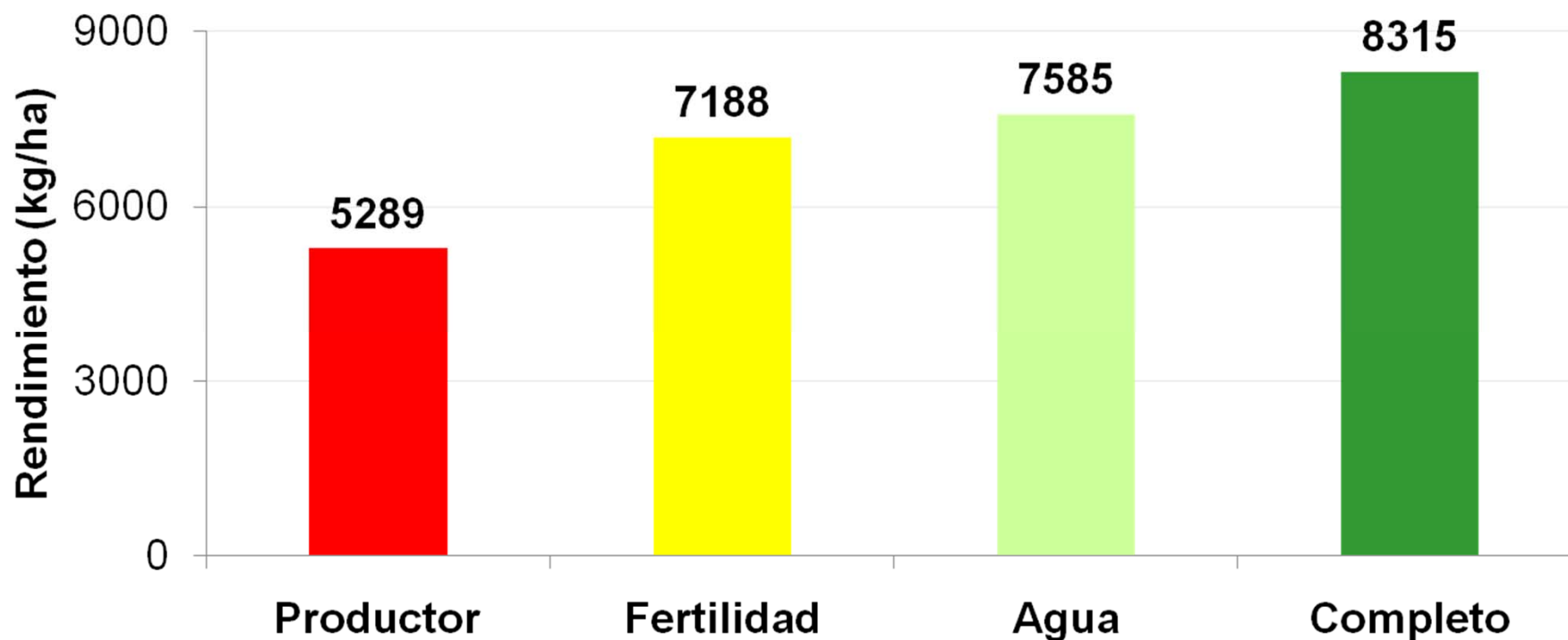
Tasas anuales de incremento en área, rendimiento y producción de trigo en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay
Periodo 1991-2011 - Elaboración propia a partir de FAOSTAT

Variable	Argentina	Brasil	Paraguay	Uruguay
Area (miles ha/año)	-30.5	42.6	18.5	12.5
Rendimiento (kg/ha/año)	49.3	56.0	35.0	69.3
Producción (miles t/año)	156.8	192.3	49.5	52.8

Potencialidad del trigo en el centro-oeste bonaerense

Ventimiglia y col. (2010) – INTA 9 de Julio

9 de Julio (Buenos Aires) – 2007/2008



- Productor: Dosis modal de N, P y S
- Fertilidad: Mayores dosis de N y S
- Agua: cuatro aplicaciones de 10 mm c/u
- Completo: Fertilidad + Agua + reguladores de crecimiento

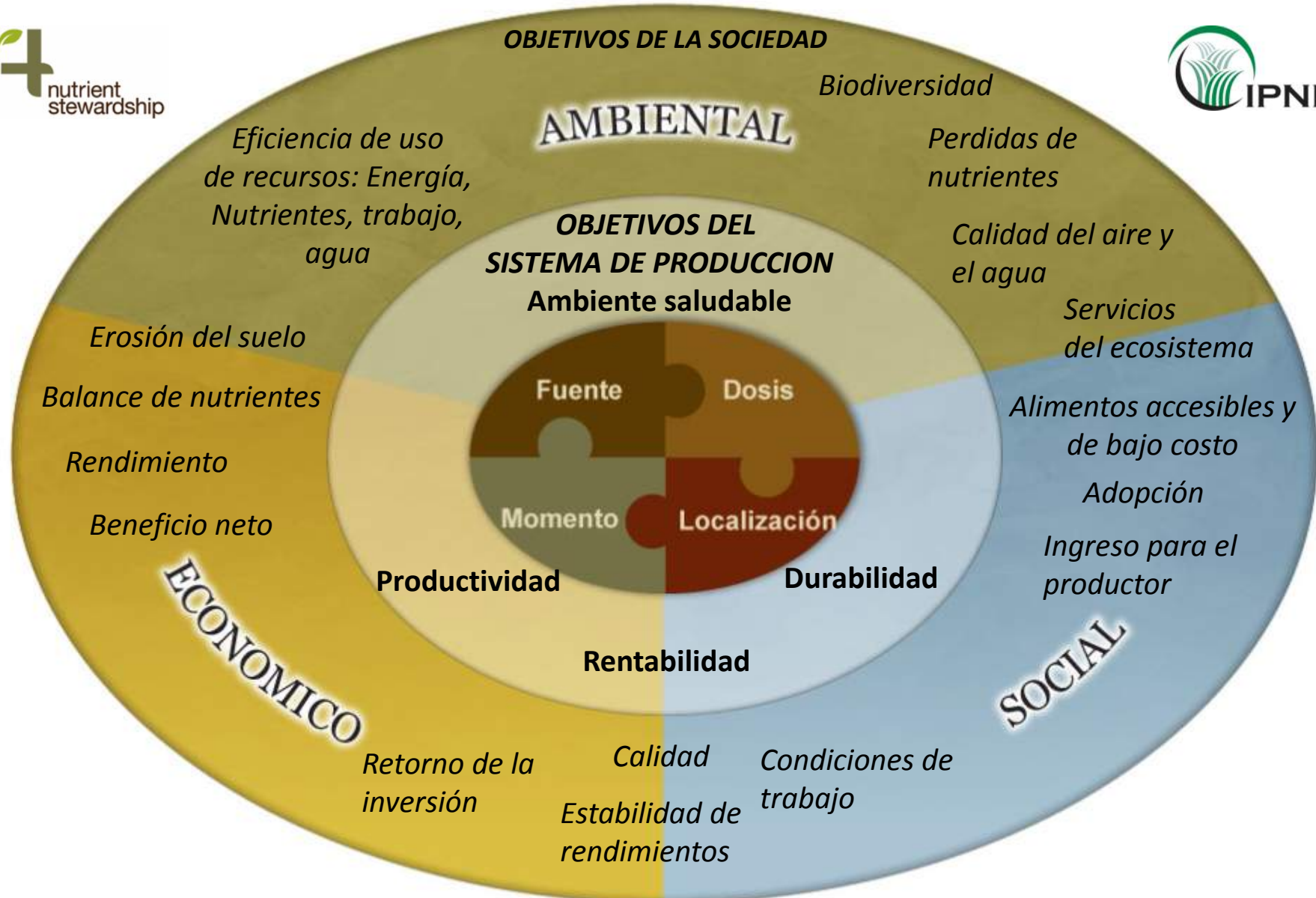
- *MO 3.2% - P Bray 12 ppm - N-nitratos (0-60 cm) 50 kg/ha – S-sulfatos 10 ppm*
- *Antecesor: Soja 1ª - Siembra 1/6/07 – Baguette 21*
- *Agua a la siembra: 146 mm, Precipitaciones Junio-Noviembre: 267 mm*

Intensificación productiva sustentable

- *Mayor producción por unidad de recurso y/o insumo involucrado en el espacio y el tiempo (kg/ha/año)*
- *Mejorar eficiencias en términos agronómicos, económicos y ambientales*
- *Involucra sistemas y no solamente cultivos*

- ***Balance de nutrientes, Nutrición adecuada de cultivos y suelos***
- *Rotaciones*
- *Siembra directa*
- *Genética*
- *Manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas*
- *Prácticas de manejo como cultivos de cobertura*

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



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

Toma de decisiones en el manejo de nutrientes



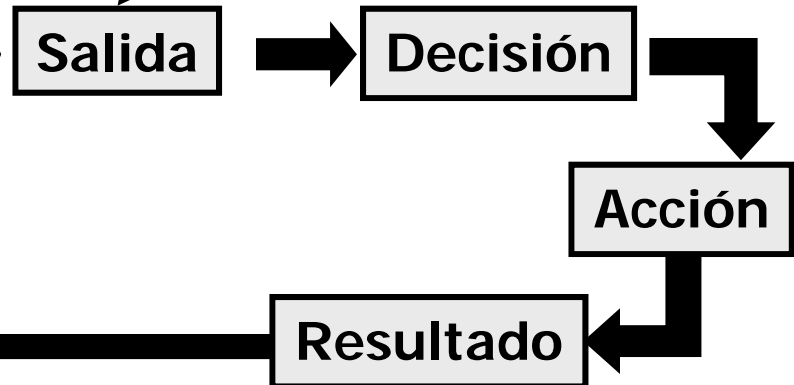
Posibles factores de sitio

Aposyos para la toma de decisión

- Cultivo
- Suelo
- Productor
- Aplic. Nutrientes
- Calidad de agua
- Clima
- Tecnología

Demanda cultivo
Abastecimiento suelo
Eficiencia aplicación
Aspectos económicos
Ambiente
Productor/Propietario

Dosis, Fuente, Momento y Forma de aplicación (4R)
Probabilidad de ocurrencia
Retorno económico
Impacto ambiental
Etc.

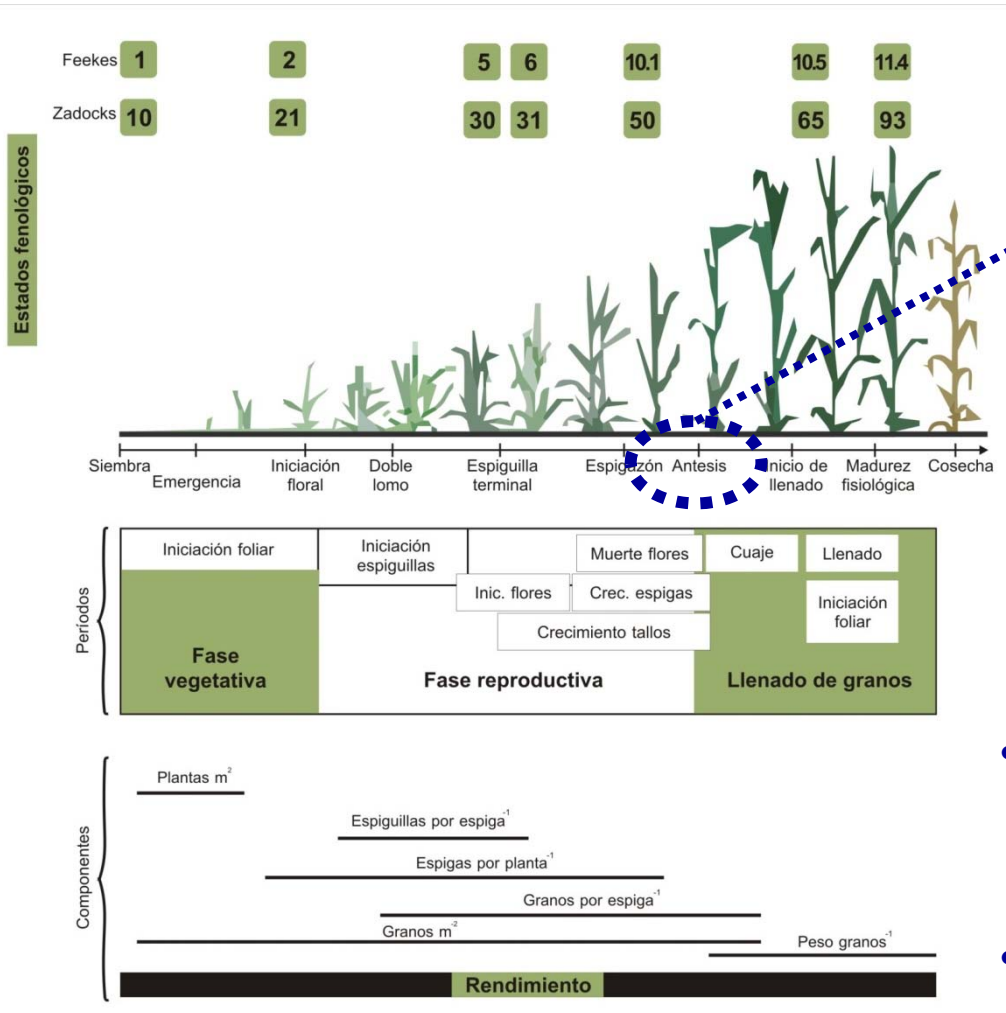


Retroalimentación

Adaptado de Fixen, 2005



Desarrollo y generación del rendimiento

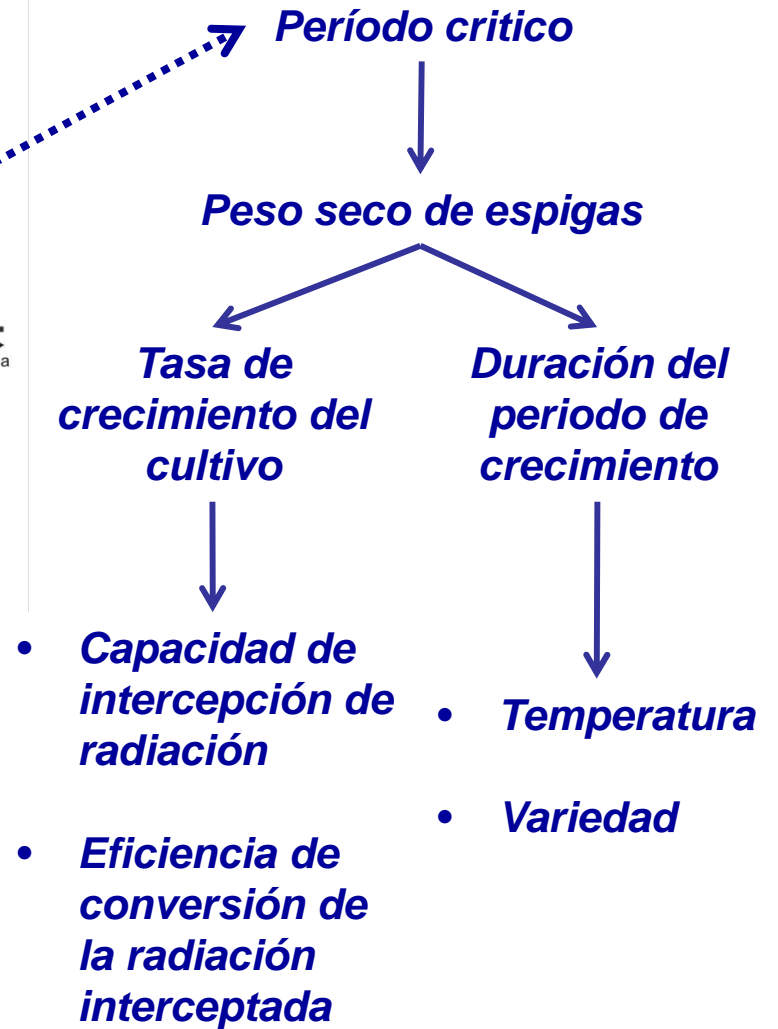


Adaptado de Slafer y Rawson (1994)

Rendimiento en grano

Número de granos por unidad de superficie

Peso del grano



Adaptado de Abbate et al.(1994)



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>



Nutrientes para 6000 kg de trigo

156 kg N
107 kg en grano

26 kg P
21 kg en grano

99 kg K
21 kg en grano

16 kg Ca
2 kg en grano

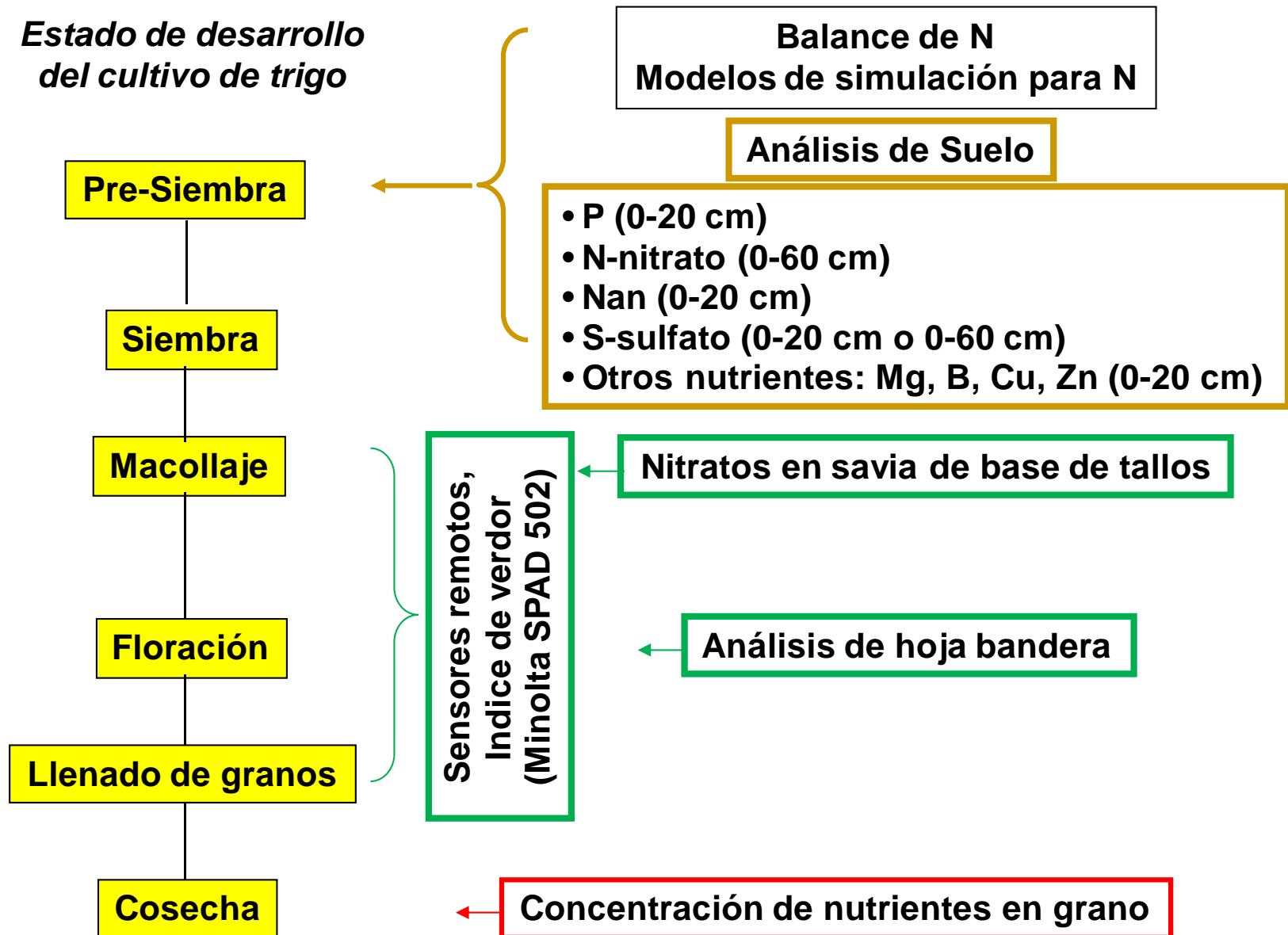
21 kg Mg
13 kg en grano

26 kg S
9 kg en grano

130 g B - 50 g Cu - 720 g Fe - 370 g Mn - 270 g Zn

Diagnóstico de la fertilidad para trigo

Estado de desarrollo del cultivo de trigo

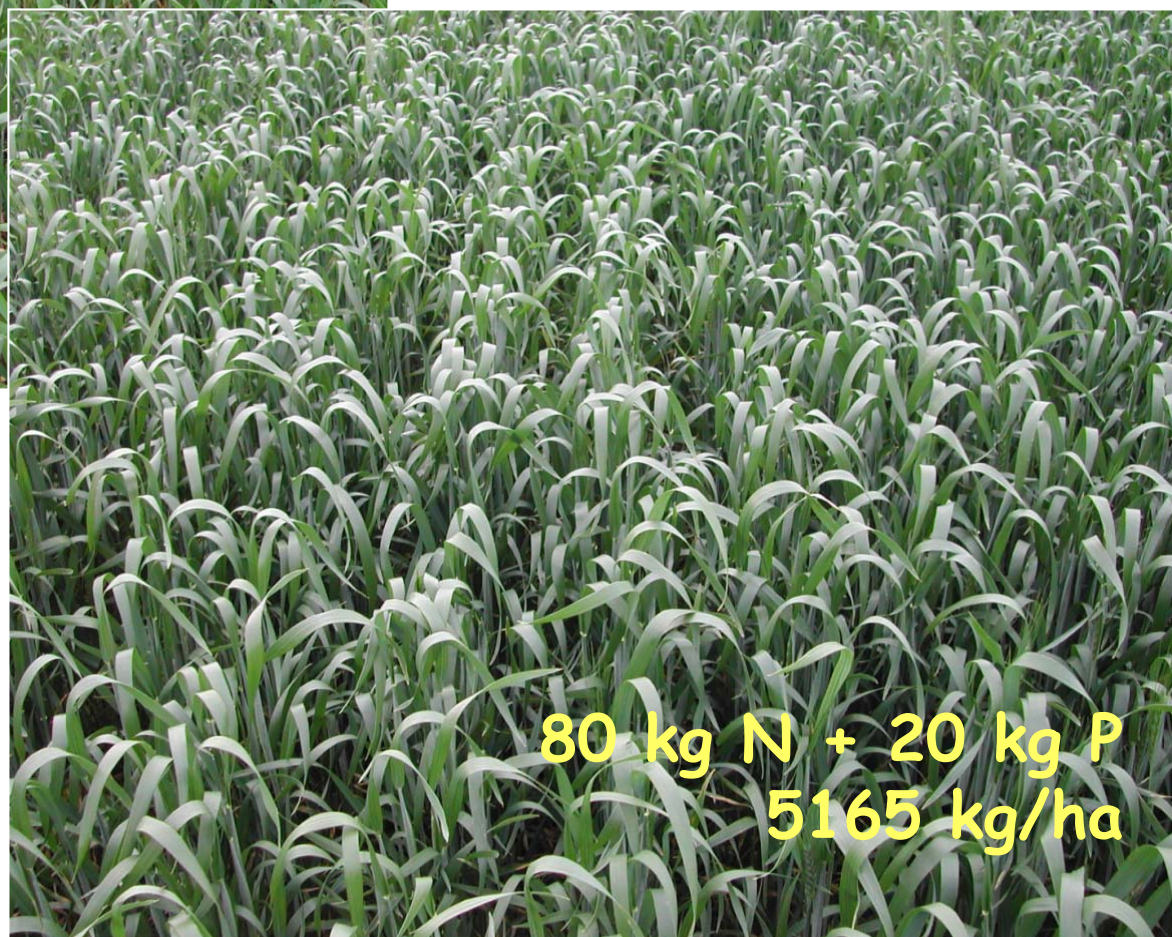


García y Reussi Calvo, 2014



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*

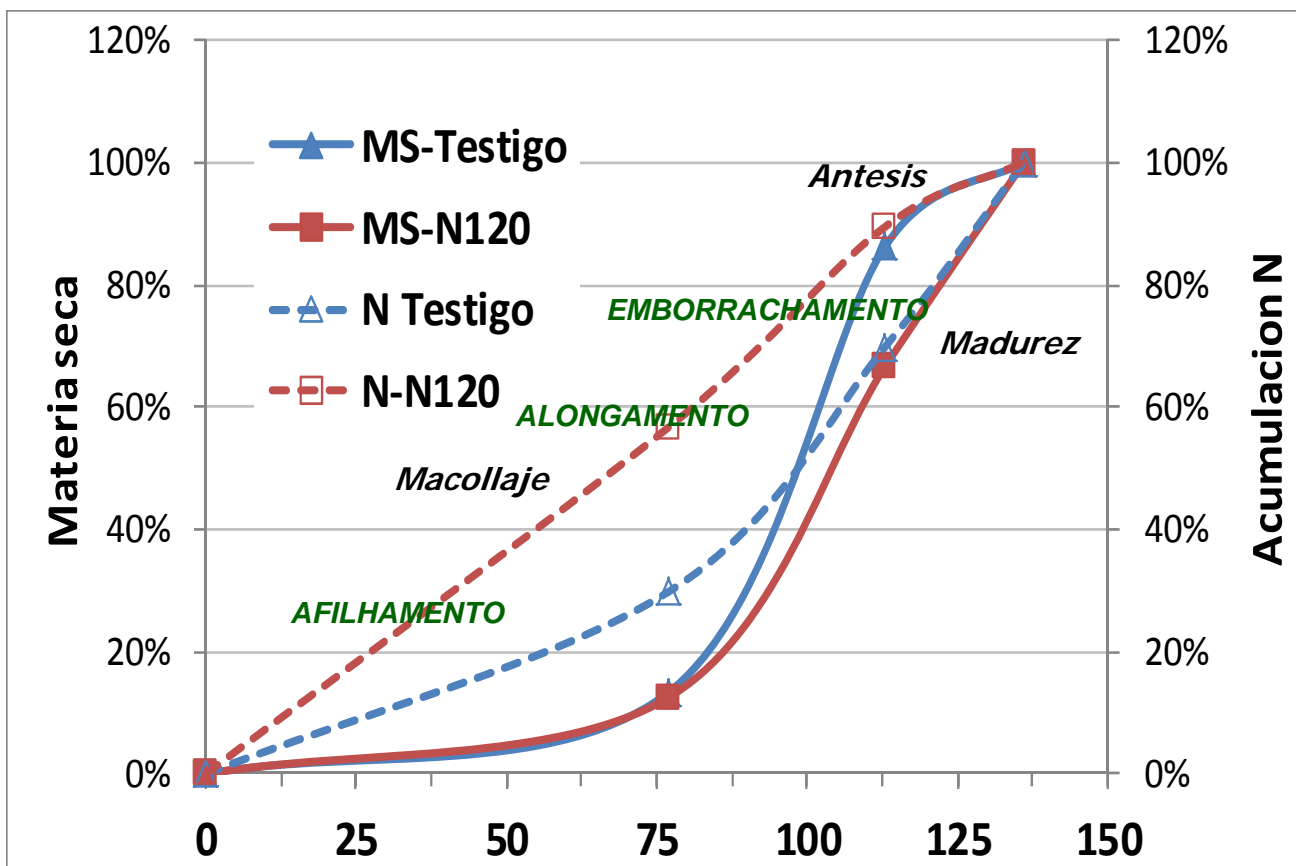
Nitrógeno en trigo

- *El metabolismo del nitrógeno (N) está estrechamente correlacionado con la fotosíntesis. En general, la cantidad de materia seca producida por el cultivo se incrementa linealmente con la disponibilidad de N.*
- *El incremento en biomasa está asociado al mayor desarrollo de hojas que permanecen con color verde más oscuro por mayor tiempo, tallos más altos y un mayor número de macollos fértiles a madurez (Borghini, 1999).*
- *La tasa de fotosíntesis no es normalmente afectada por la disponibilidad de N.*
- *Dosis excesivas de N pueden afectar el rendimiento de trigo por vuelco y mayor susceptibilidad al ataque de parásitos (plagas y enfermedades).*
- *El número de granos por unidad de superficie es el componente del rendimiento más afectado cuando el N es limitante, debido a la reducción del índice de área foliar y de la eficiencia de conversión de radiación interceptada en materia seca (Abbate et al., 1994).*
- *Después de floración, el flujo de N se orienta hacia la espiga, fundamentalmente por removilización de N acumulado en órganos vegetativos ya que la absorción de N del suelo se reduce marcadamente.*



Trigo: Absorción de N con dos niveles de fertilización nitrogenada

Gandrup (2003) – EEA INTA/FCA Balcarce



Días desde siembra	Materia Seca		Nitrógeno	
	Testigo	N120	Testigo	N120
	----- kg/ha -----			
77	708	2292	15	76
113	4573	12190	36	120
136	5296	18273	52	134

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)

Recomendación de fertilización nitrogenada para trigo

CULTIVO ANTERIOR	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (0 - 10 cm)		EXPECTATIVA DE PRODUCTIVIDAD (kg ha ⁻¹)		
	MATERIA ORGÁNICA		< 2000	2000 - 3000	> 3000 ⁽¹⁾
		(%)	kg ha ⁻¹ de N		
Maíz	Bajo	< 2	60	80	100
	Medio	2 - 3	40	60	80
	Alto	> 3	20	40	60
Soja	Bajo	< 2	40	60	80
	Medio	2 - 3	20	40	60
	Alto	> 3	0	20	40

⁽¹⁾ Para rendimiento > 3000 kg ha⁻¹ de trigo, acrecentar 20 y 40 kg ha⁻¹ de N después de soja y maíz, respectivamente, por tonelada de granos a ser producidos.

Fuente: Wendling *et al.* (2007), ajustada por la RENALAS

Cubilla et al., 2012

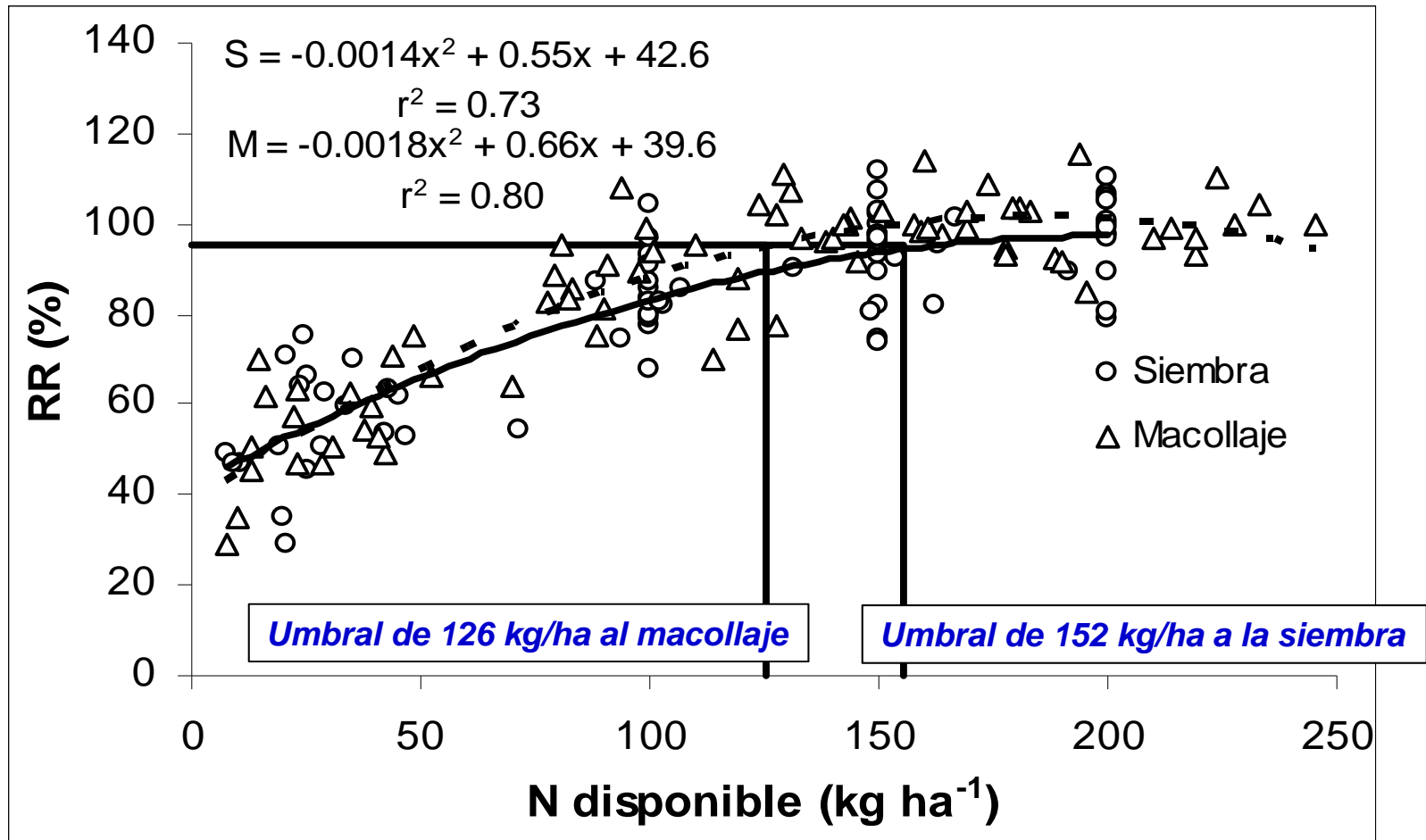
- Si consideramos 40 kg N en el suelo para producir 1000 kg/ha de trigo, la oferta del suelo sería de 20-60 kg N luego de maíz y de 40-80 kg N luego de soja

Rendimientos de +4000 kg/ha necesitan aportes de N de +80 a +140 kg N/ha



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)



Rendimientos relativos del 95% para niveles promedio de 5000-5500 kg/ha

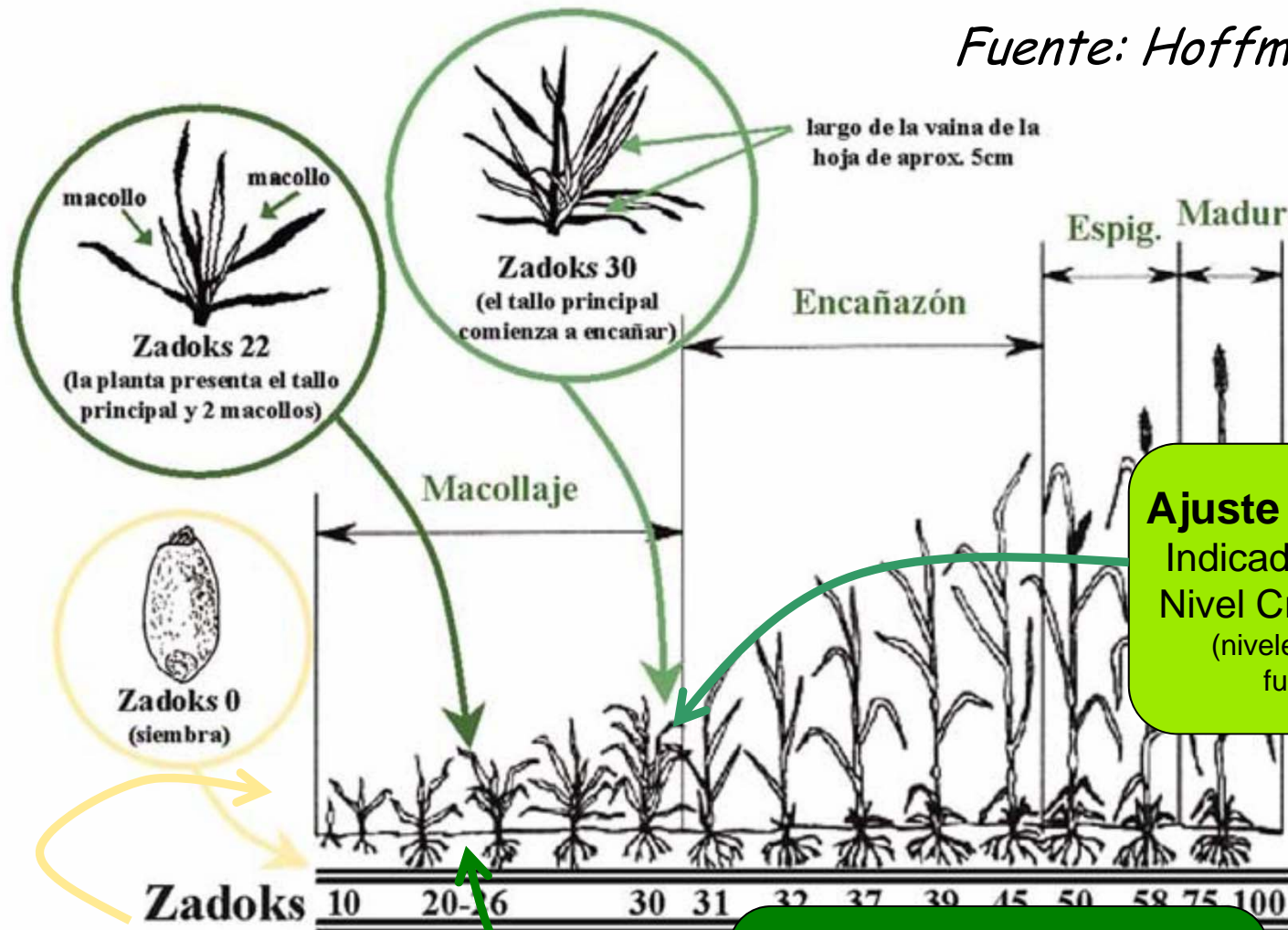
Análisis de nitratos en el suelo pre-siembra

- 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.

Ajuste de N en trigo y cebada para Uruguay

Fuente: Hoffman et al., 2013



Ajuste de N a Zadoks 30
 Indicador: N total en planta
 Nivel Crítico absoluto: 4.2%
 (niveles críticos variables en función de potencial)

Ajuste de N a la siembra
 Indicador: N-NO₃ (0-20 cm)
 Nivel Crítico: 16-18 ppm

Ajuste de N a Zadoks 22
 Indicador: N-NO₃ (0-20 cm)
 Nivel Crítico: 13-14 ppm

Mejorando la eficiencia de uso de N (EUN) con manejo sitio-especifico

Adaptado de Shanahan et al. (2008)

Causas de la baja EUN

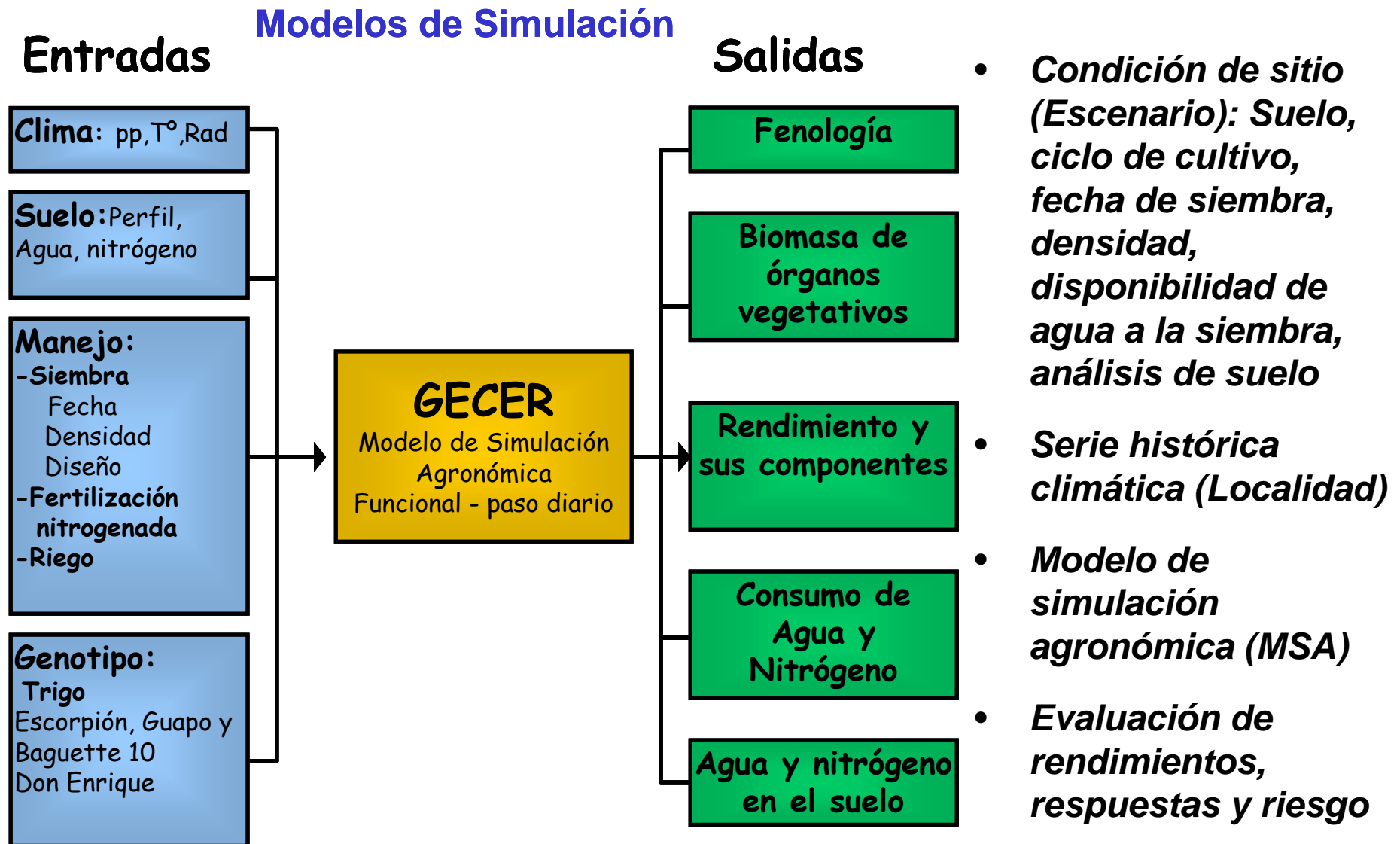
- Errores en la recomendación → mejorar los diagnósticos y las recomendaciones
- Poca sincronía entre la demanda de N del cultivo y la oferta de N del suelo → aplicaciones divididas, ¿adopción? ¿logística? ¿rentabilidad?
- Variabilidad espacial → Manejo sitio-especifico
- Interacción clima-manejo genera alta variabilidad anual (variabilidad temporal) → uso de modelos de simulación y evaluación durante la estación de crecimiento

Alternativas en manejo sitio-especifico

- Manejo por ambientes
- Monitoreo durante la estación de crecimiento
 - Evaluación visual usando parcelas de referencia
 - Uso de medidor de clorofila
 - Sensores remotos aéreos y satelitales
 - Sensores remotos terrestres

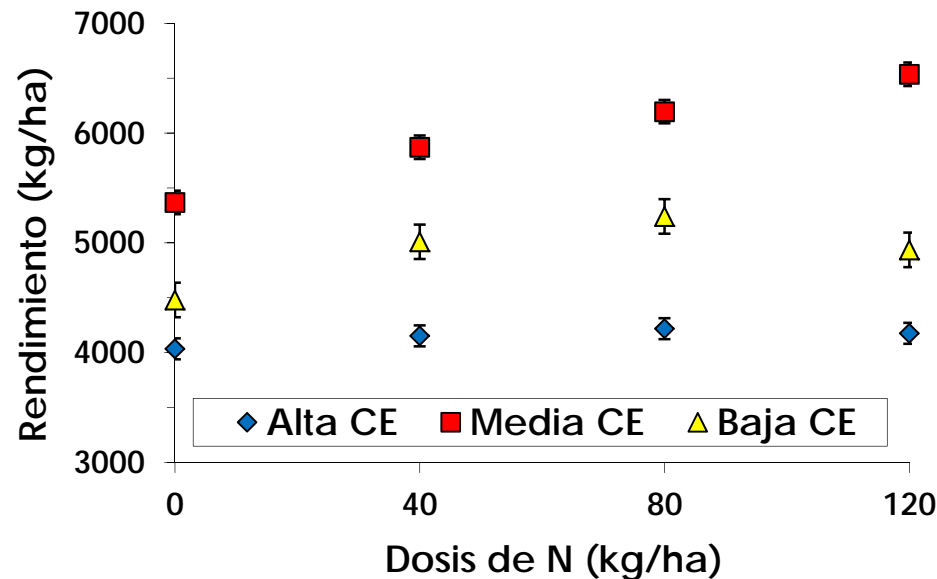
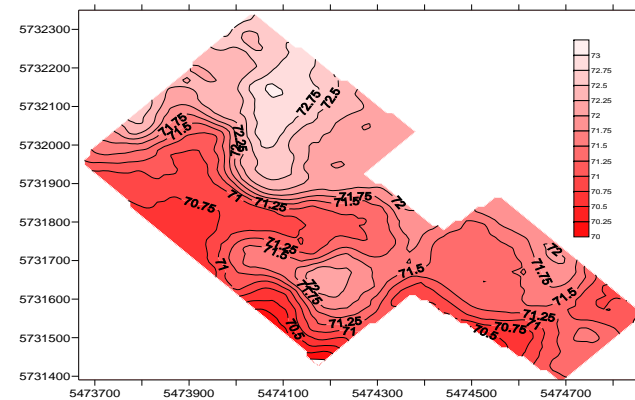
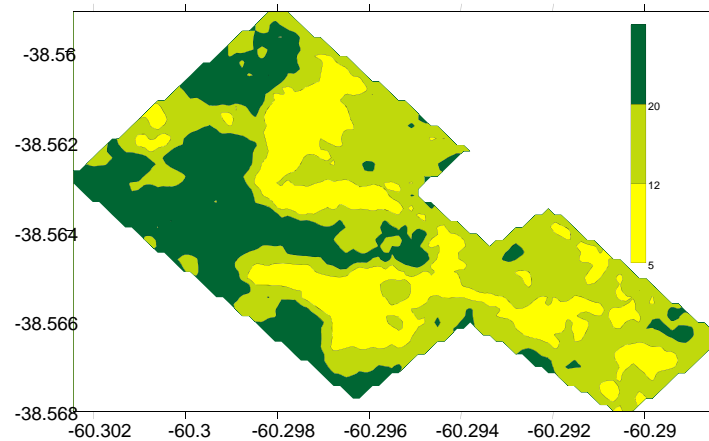
Uso de modelos de simulación para el manejo de la fertilización nitrogenada

E. Satorre y colaboradores - AACREA-Facultad de Agronomía (UBA)



Manejo de la fertilización nitrogenada por ambientes

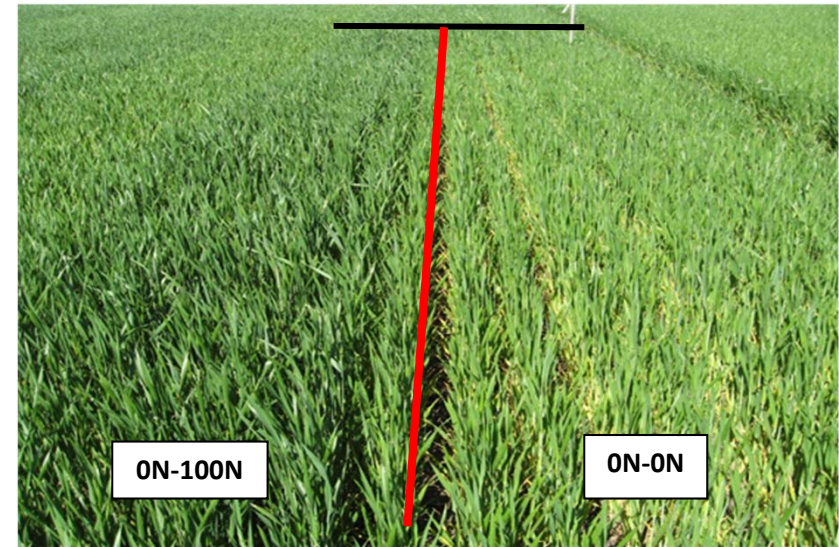
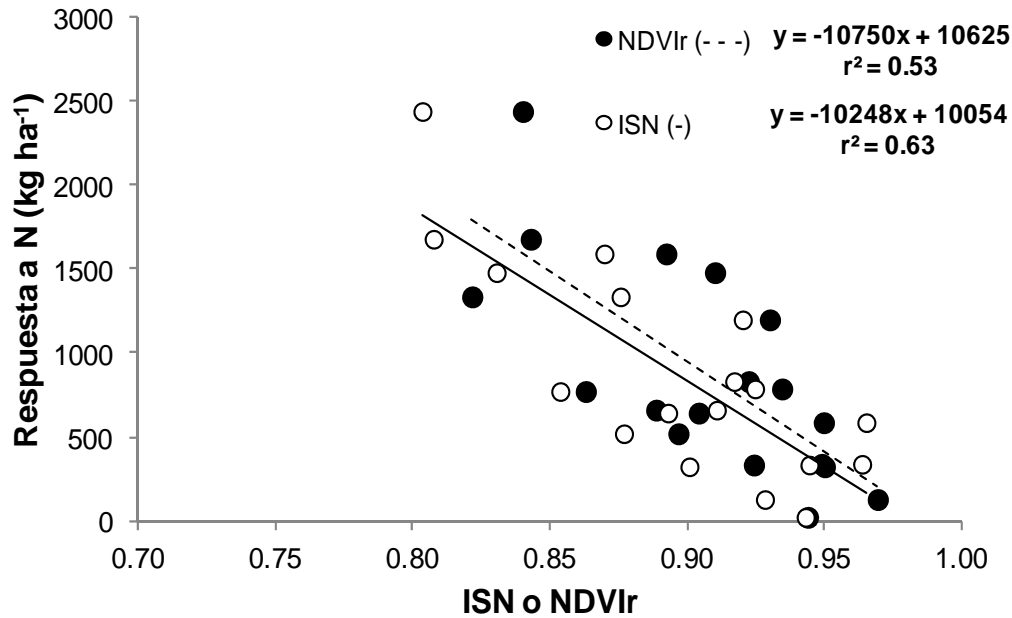
Fuente: Zamora y Costa (2011) - INTA CEI Barrow y EEA Balcarce



- La conductividad eléctrica aparente (CEa) permitió establecer zonas de manejo sitio-específico.
- La posición relativa de cada ambiente en el relieve afectó tanto la CEa como el contenido de humedad del suelo.
- El trigo presentó diferencias en su respuesta al agregado de N según los ambientes definidos por CEa y dicha respuesta fue diferente según el tipo de suelo

Relación entre la respuesta en rendimiento a la re-fertilización con N y el ISN o NDVIr determinados en el estadio de un nudo del trigo

Reussi Calvo et al. (2013)



Efecto de la re-fertilización con nitrógeno (N) en un nudo del trigo (Sitio Miramar). El recuadro indica la dosis de N (kg ha^{-1}) en Z12-Z31

Las mediciones relativas de SPAD y Green Seeker pueden ser empleadas para el monitoreo del estatus nitrogenado del trigo desde mediados de macollaje hasta hoja bandera del trigo en ambientes de alta potencialidad de rendimiento y/o con escasa probabilidad de déficit hídrico



Nitrógeno y Calidad en Trigo

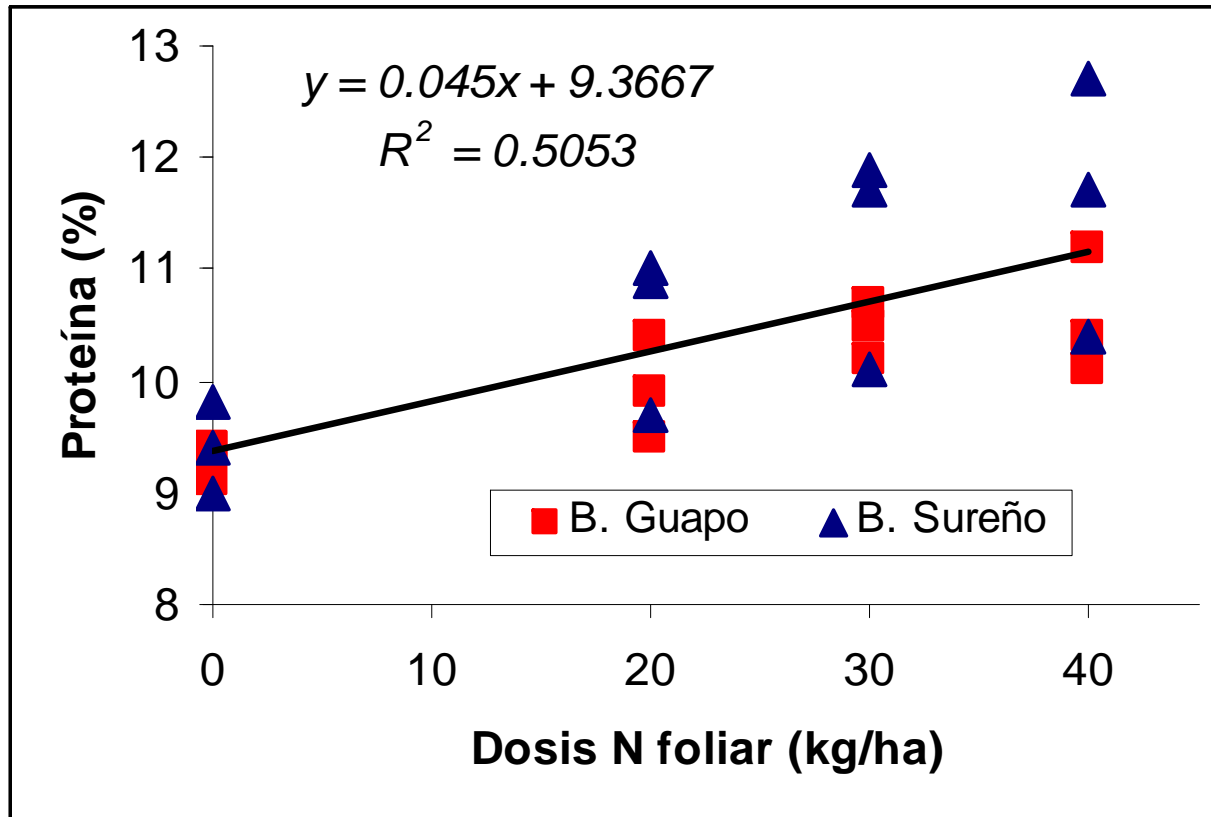
- *Los niveles de proteína dependen del nivel de N disponible para el cultivo. Un cultivo que acumula 30 kg N por ton de grano puede llegar a 11.5% de proteína mientras que cuando acumula 25 kg de N por ton de grano puede llegar a 9.5% de proteína*
- *El índice de verdor (Minolta SPAD 502) puede predecir 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 en 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*



Proteína: N foliar en antesis

Tomás Loewy, Hernán Echeverría y Ricardo Bergh

EEA INTA Bordenave, INTA-FCA Balcarce e INTA-MAA Barrow



Incremento de 0.045%
de Proteína por cada kg
de N foliar aplicado

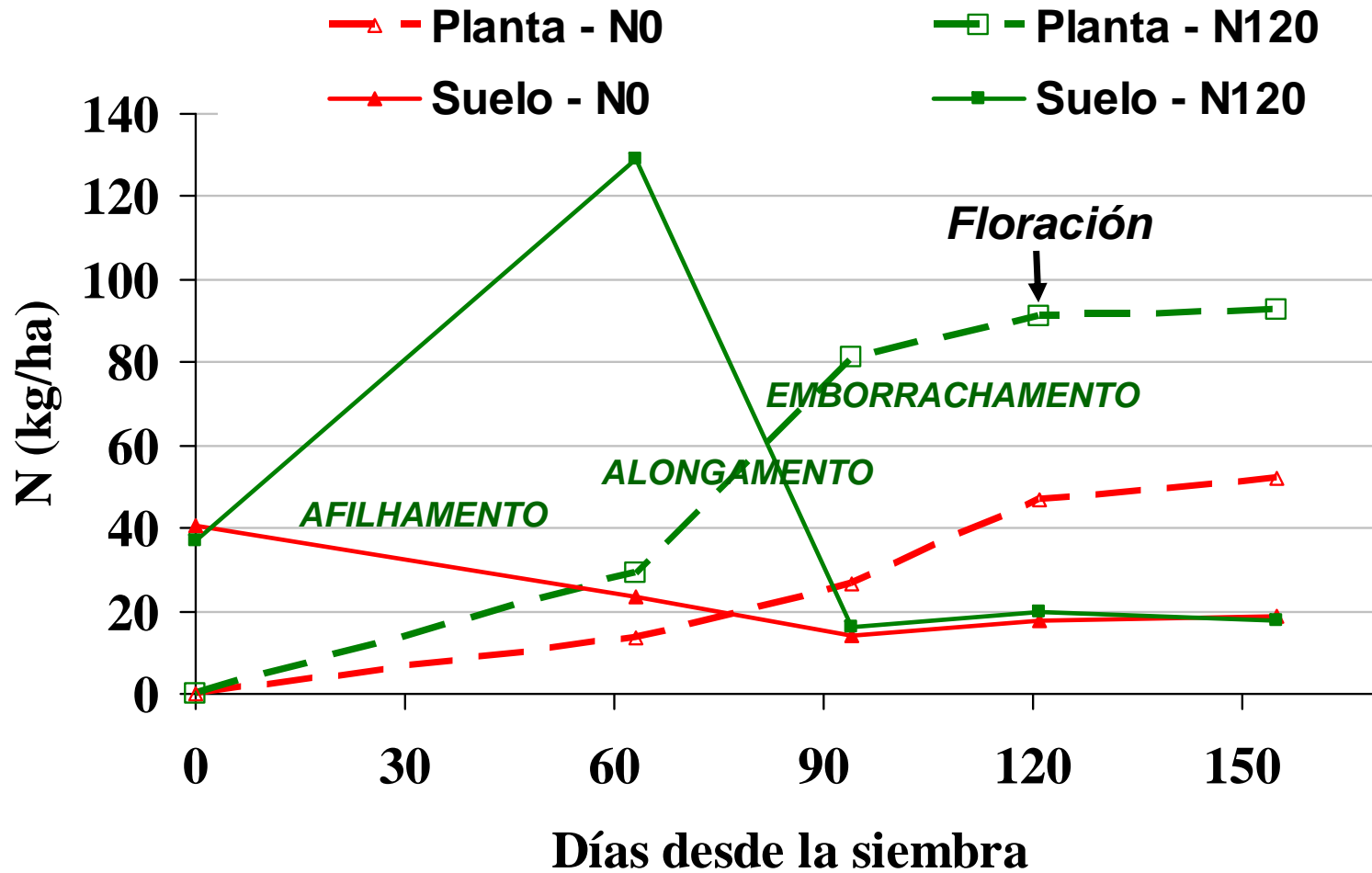


Incremento de 1% de
Proteína con 22 kg de N
foliar

- Seis ensayos durante el año 2003, en Balcarce, Tandil, Otamendi, Tres Arroyos, Cascallares y Coronel Suárez
- En parcelas con 120 N, se aplicaron dosis foliares en antesis, de 20, 30 y 40 kg de N/ha, como urea en solución

¿ Cuando aplicar el N en Trigo?

Absorción de N y contenido de N en el suelo (0-100 cm)
Ensayo SD - EEA INTA-FCA Balcarce, 1994/95



Fuente: Ricardo Bergh, 1997

Momento de aplicación de N en trigo

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

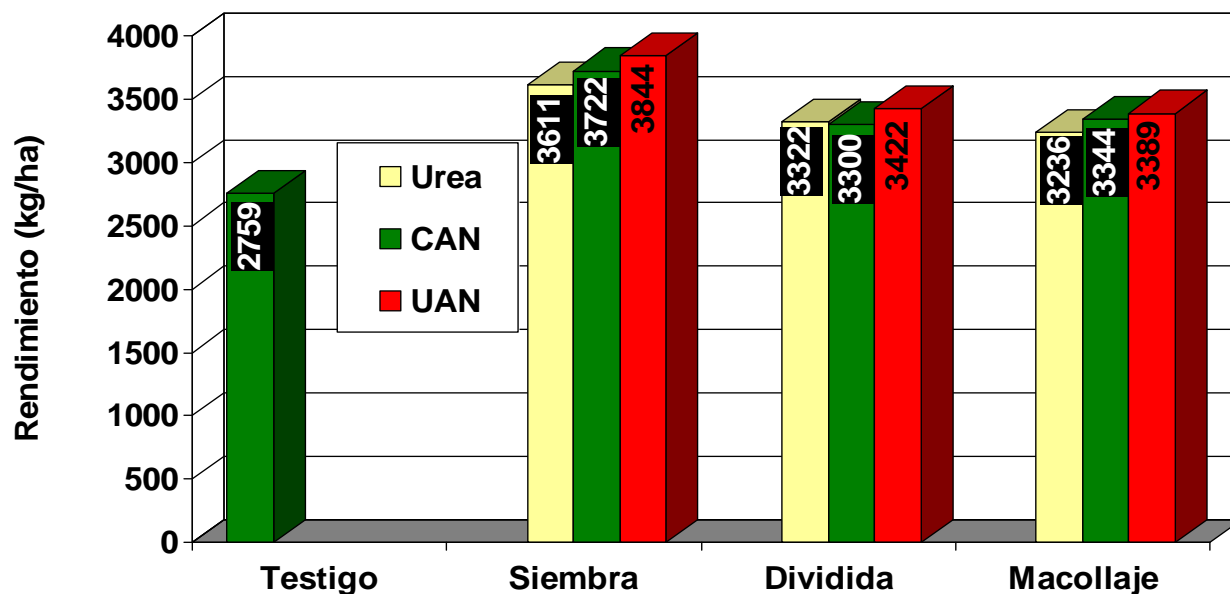
Campañas 2002/03 a 2005/06

Diferencias en 6 de 10 sitios a favor del macollaje



★ *Indica diferencias de la aplicación al macollaje sobre la de siembra*

Fertilización nitrogenada de trigo Fuentes y momento de aplicación

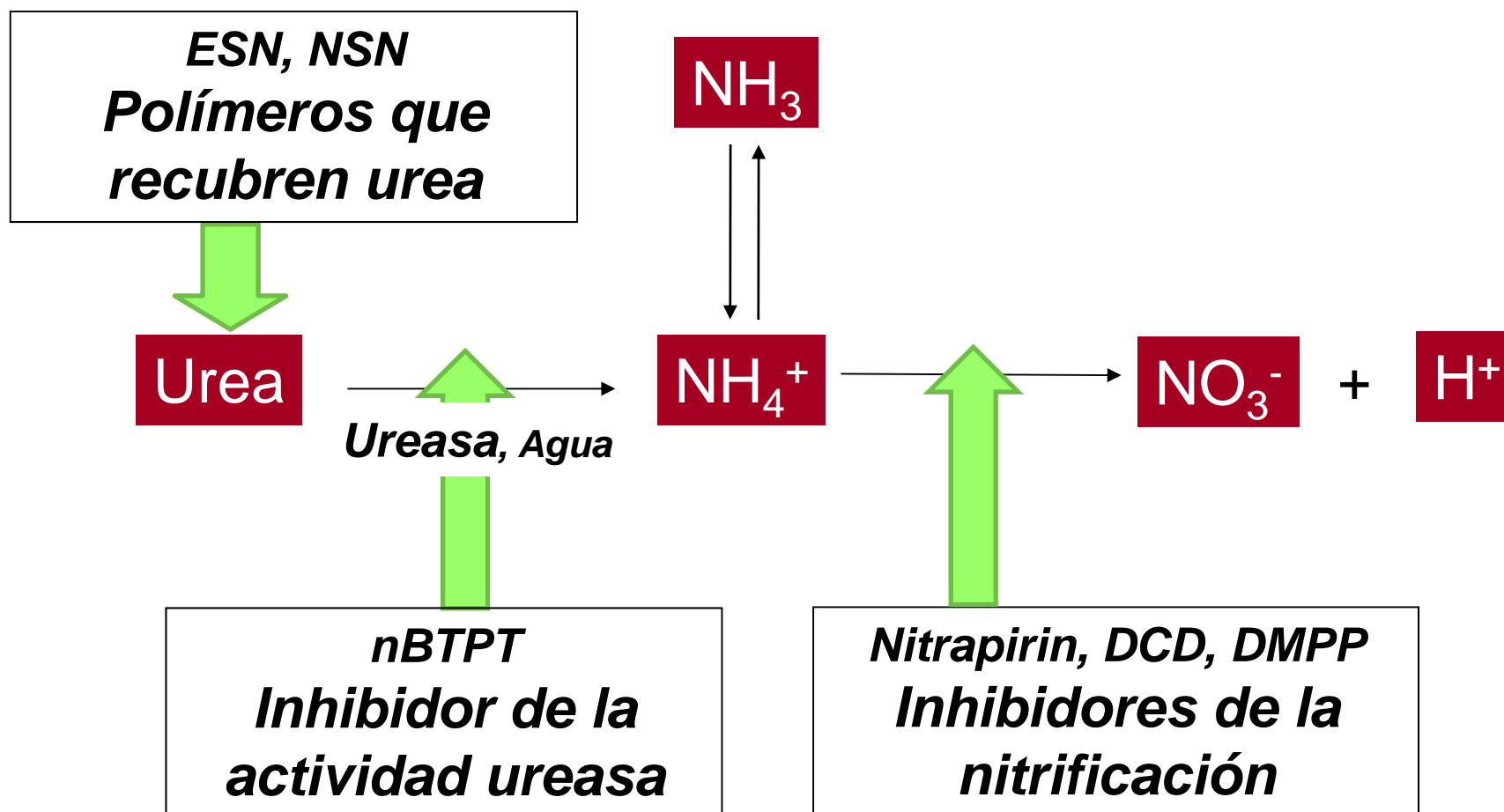


Baumer, Devito y González - EEA INTA Pergamino - 1996

Sin diferencias entre fuentes si el fertilizante se incorpora o con bajas temperaturas

Pero diferencias entre fuentes con aplicaciones en superficie y con temperaturas mayores de 15-20°C por pérdidas por volatilización de amoníaco (NH₃)

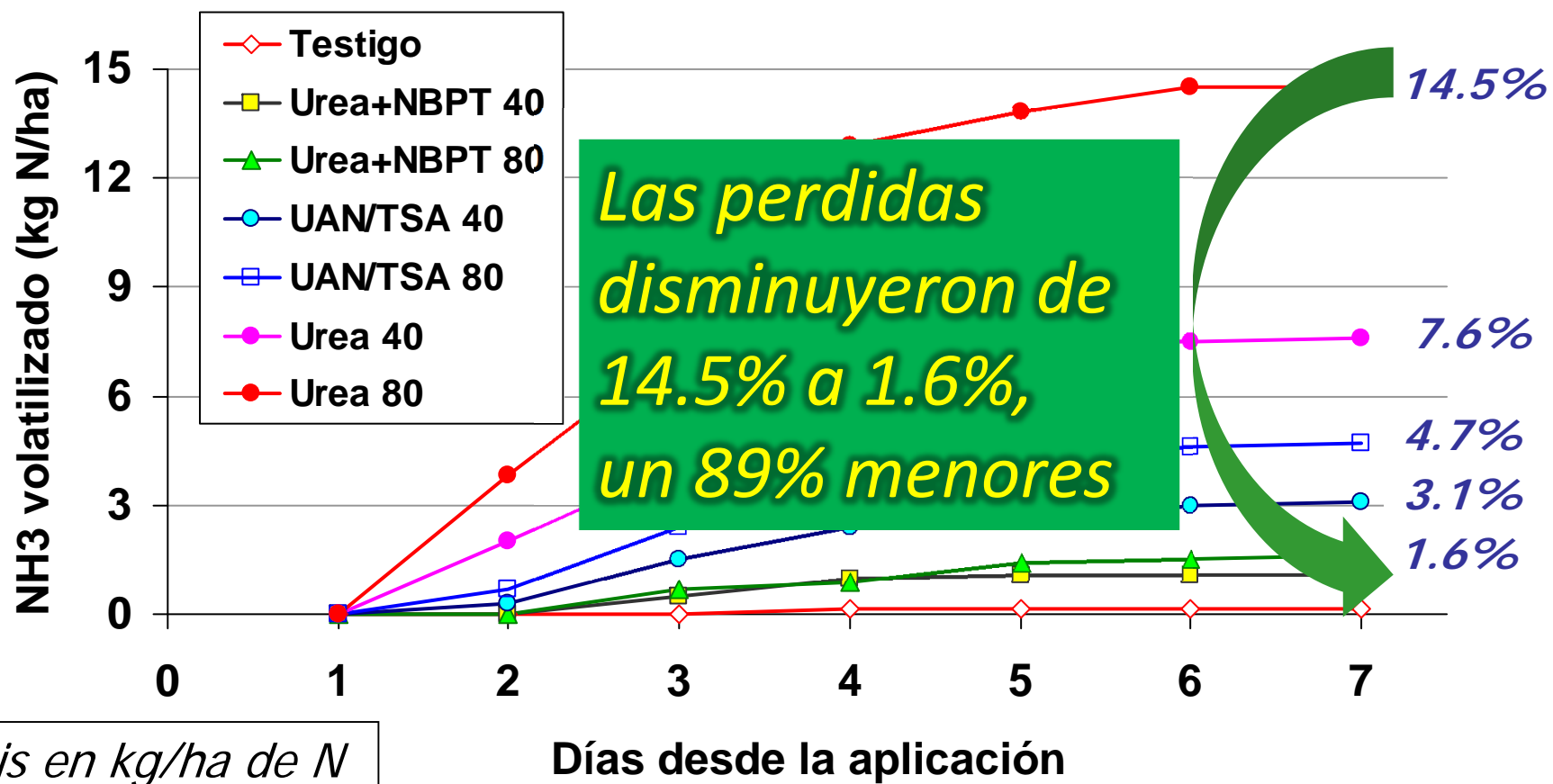
Efectos de inhibidores en fertilizantes modificados



Trigo

Volatilización de NH_3 en aplicaciones superficiales bajo siembra directa

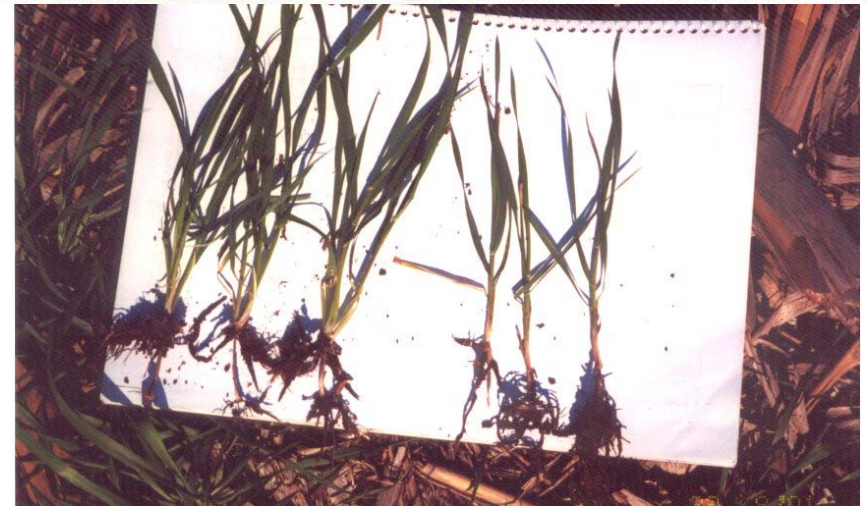
Fontanetto et al. (2010) - EEA INTA Rafaela



- ⇒ 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

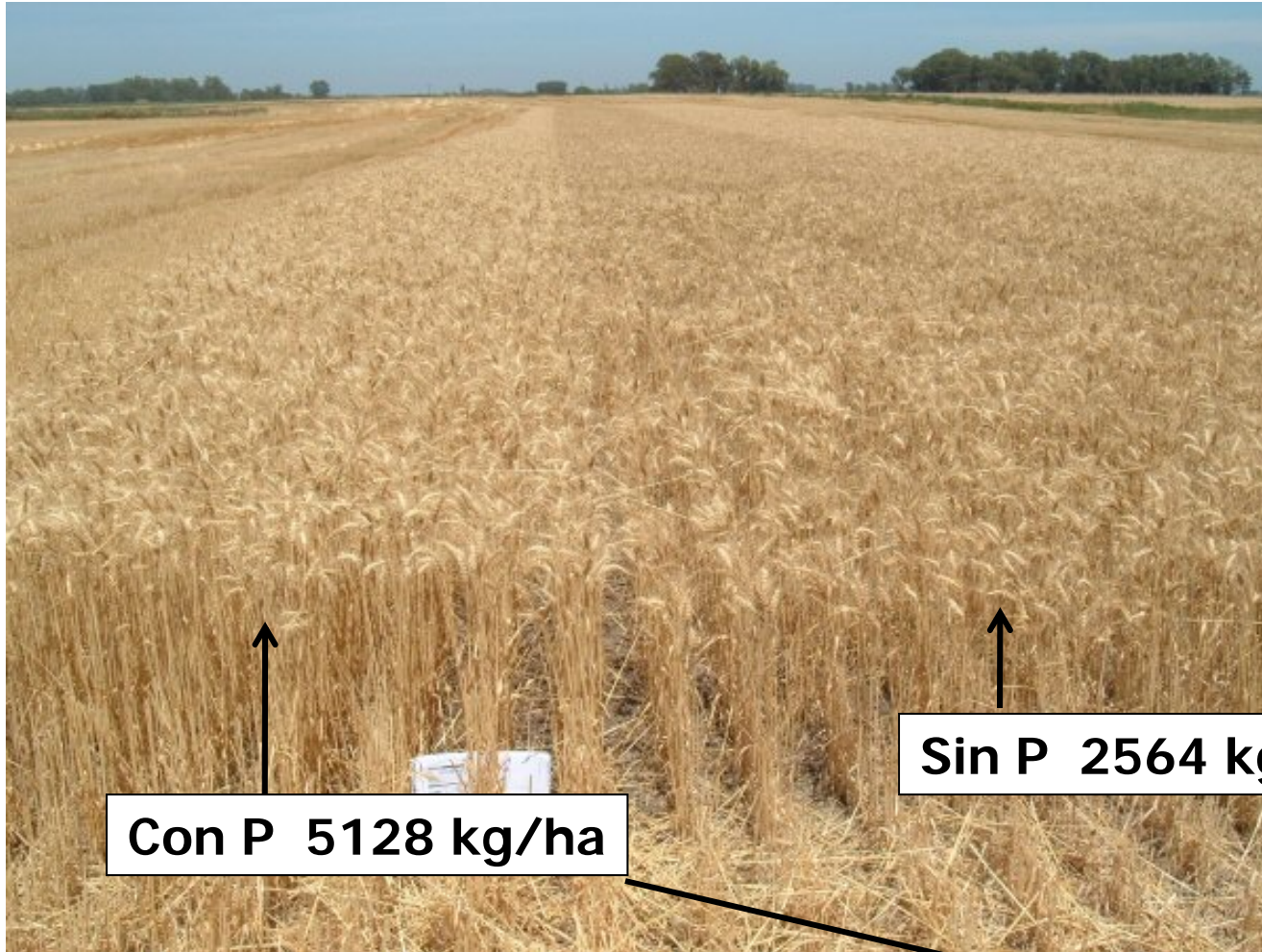
Deficiencias de P en trigo

- Menor expansión foliar y tasa de fotosíntesis por unidad de área foliar (Rodríguez et al., 1998a)
- Menor tasa de emergencia de hojas por reducción de la tasa de iniciación de primordios de hojas y tasa de elongación foliar (Rodríguez et al., 1998b)
- Demora y hasta suprime la emergencia de macollos, por demora de la emergencia de hojas en el tallo principal y la tasa máxima de emergencia de macollos (Rodríguez et al., 1999).
- Menor número de granos por m² por menor producción de fotoasimilados durante el período de crecimiento de la espiga debido a la reducción en la radiación interceptada (Abbate y Lazaro, 2001).



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*

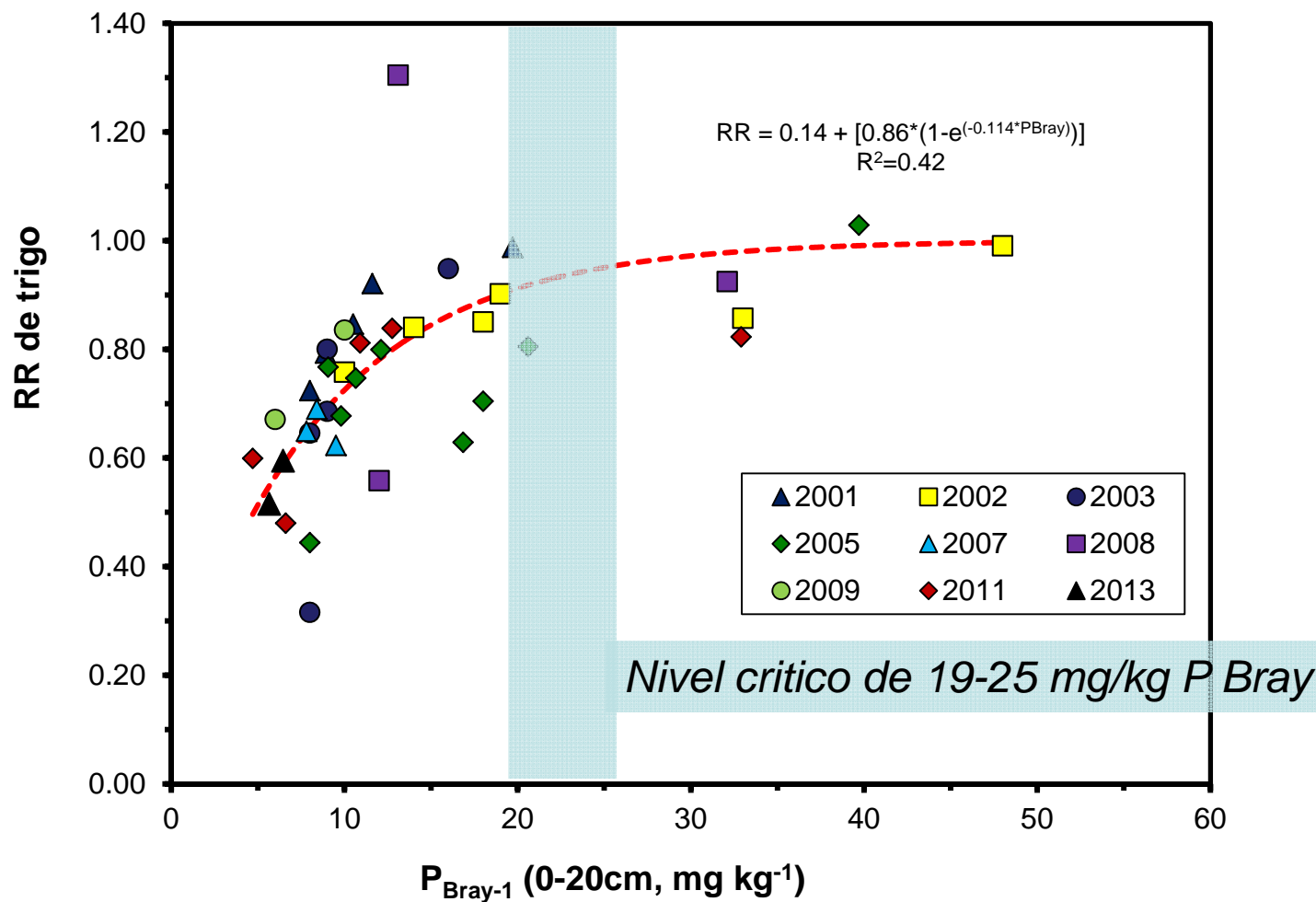
¿Cómo deberíamos manejar fósforo?

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



P en Trigo

Red CREA Sur de Santa Fe
Campañas 2001 a 2013



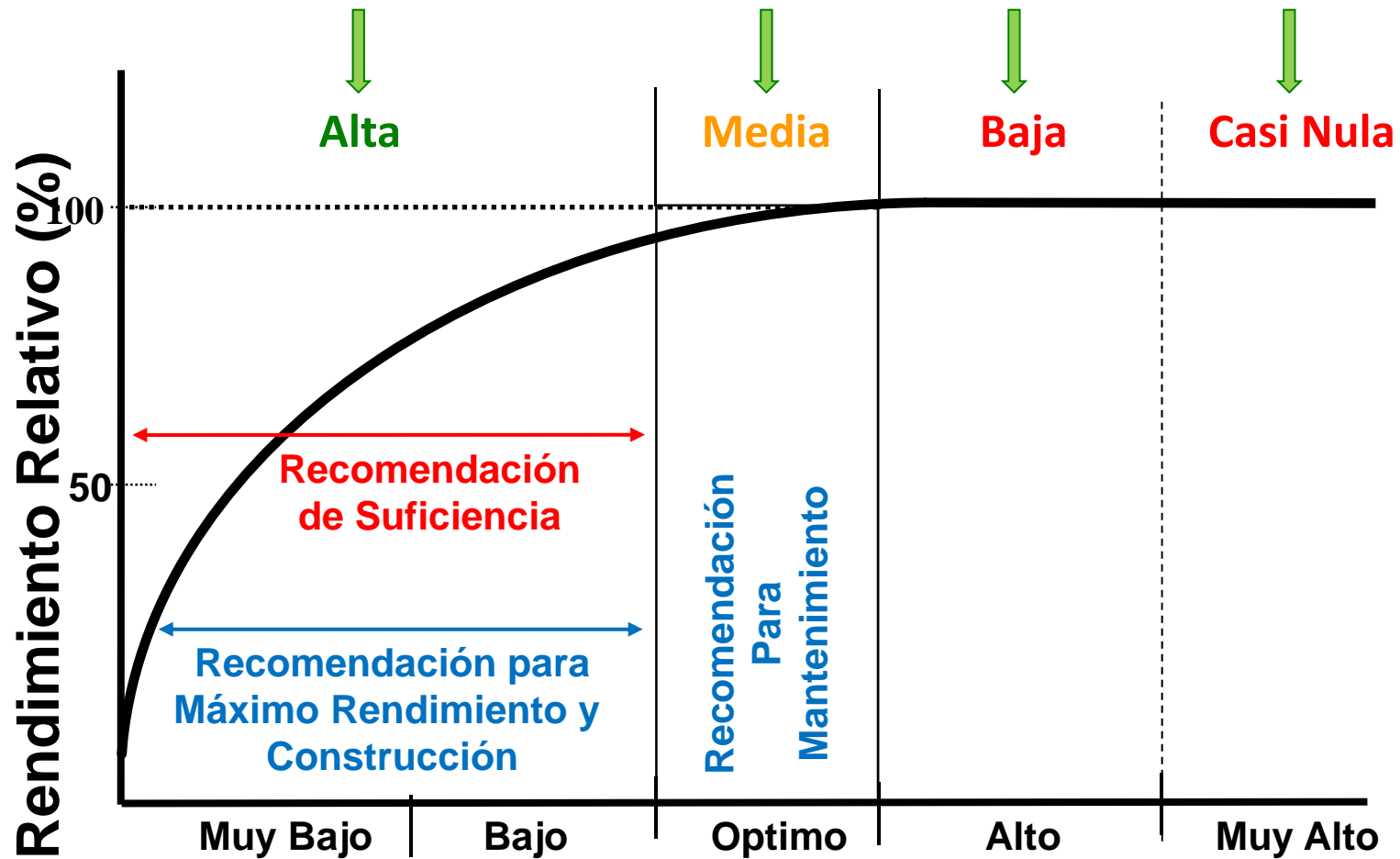
Fuente: CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP

¿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

Recomendación de fertilización fosfatada para trigo

Interpretación	Clases de suelo según nivel de arcilla		Probabilidad de respuesta
	Clase 1 410 – 600 g kg ⁻¹	Clase 2 210 – 400 g kg ⁻¹	
	----- mg/dm ³ -----		
Muy baja	< 4	< 5	Alta
Baja	4.1 – 8.0	5.1 – 10.0	Media
Media	8.1 – 12.0	10.1 – 15.0	Baja
Alta	12.1 – 24.0	15.1 – 30.0	Muy baja
Muy alta	> 24.0	> 30.0	Muy baja o casual

Para Clase 1 CATEGORÍA	RECOMENDACIÓN PARA TRES CULTIVOS EN SUCESIÓN			
	1 ^{ER} CULTIVO	2 ^{OO} CULTIVO	3 ^{ER} CULTIVO	TOTAL
	(kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)			
Muy baja	80 + M	70 + M	50 + M	200 + 3M
Baja	35 + M	35 + M	30 + M	100 + 3M
Media	25 + M	M	M	25 + 3M
Alta	M	M	M	3M
Muy alta	R	R	R	3R

M = manutención (tasa de exportación de cultivos + pérdidas).

Fuente: Cubilla et al. (2007)

R = reposición (exportación de cultivos). Trigo= 10 kg de P₂O₅,
soja= 12 kg de P₂O₅, maíz= 8 kg de P₂O₅, y girasol= 15 kg
de P₂O₅ por tonelada de granos producidos.

Tomado de Cubilla et al., 2012

- 25 y 15 kg P₂O₅/ha para aumentar 1 mg/dm³ para Clase 1 y 2, respectivamente
- M = 12.5 kg P₂O₅ por t de grano
- R = 10 kg P₂O₅ por t de grano





Potasio en Trigo



- ↪ ***Aumenta la resistencia a enfermedades***
- ↪ ***Disminuye el efecto de vuelco***
- ↪ ***Mejora la resistencia a sequía***
- ↪ ***Incrementa los rendimientos***

Requerimientos de K de distintos cultivos

Cultivo	Requerimiento (kg/t grano)	Indice de Cosecha	Absorción # (kg/t grano)	Extracción # (kg/t grano)
Maíz	19	0.21	16.3	3.4
Sorgo	21	0.19	17.8	3.4
Trigo	19	0.21	16.4	3.5
Cebada	19	0.21	16.3	3.4
Arroz	26	0.10	22.8	2.3
Soja	39	0.49	33.9	16.6
Girasol	26	0.10	22.9	2.3
Colza	65	0.21	59.8	12.6
Maní	21	0.19	18.2	3.5

A humedad de cosecha comercial

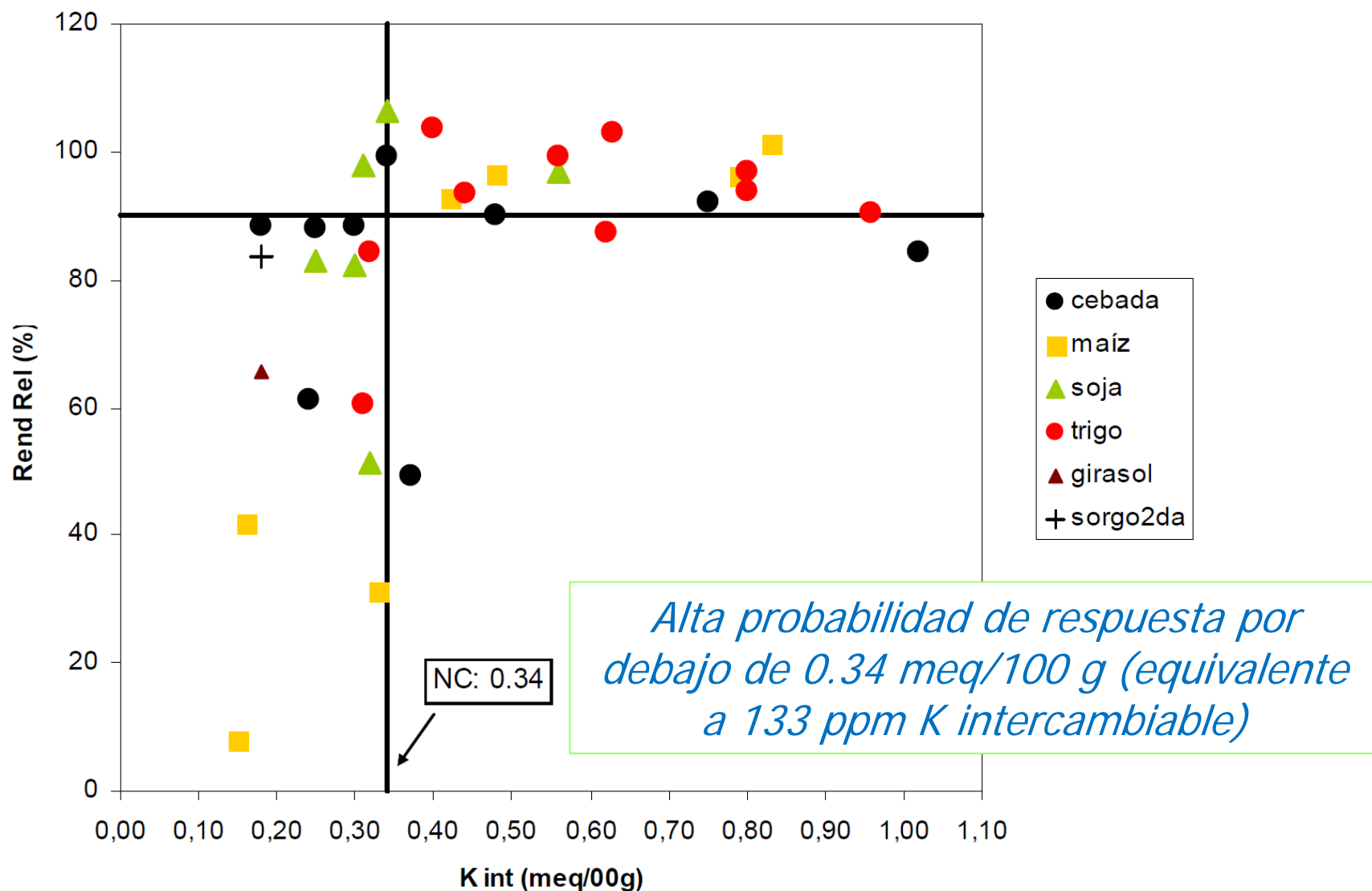
Fuente: <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1024>



Calibración para Potasio en Uruguay

Barbazán (2009)

a partir de información de 34 ensayos de Bautes y Beux; Garcia y Quincke; y Cano y col.



Recomendación de fertilización potásica para trigo

CATEGORÍAS	K MEHLICH-1 (mg dm ⁻²)	RR ⁽¹⁾	PROBABILIDAD DE RESPUESTA
Muy baja	≤ 25	Menor 55%	Alta
Baja	26 – 50	56 – 80%	Media
Media	51 – 75	81 – 90%	Baja
Alta	76 – 150	90 – 100%	Muy baja
Muy alta	> 150	100%	Inexistente o casual

⁽¹⁾ RR = Rendimiento Relativo

Fuente: Wendling et al. (2007)

Para Clase 1 CATEGORÍA	RECOMENDACIÓN PARA TRES CULTIVOS			
	1 ^{ER} CULTIVO	2 ^{DO} CULTIVO	3 ^{ER} CULTIVO	TOTAL
	(kg ha ⁻¹ de K ₂ O)			
Muy baja	150	100	60	310
Baja	90	60	40	190
Media	60	M	M	60 + 2M
Alta	M	M	M	3M
Muy alta	R	R	R	3R

Tomado de Cubilla et al., 2012

- $M = 7.5 \text{ kg K}_2\text{O por t de grano}$
- $R = 6 \text{ kg K}_2\text{O por t de grano}$

M = manutención (tasa de exportación de cultivos + pérdidas). Fuente: Wendling et al. (2007)

R = reposición (Exportación de los cultivos) Trigo y Maíz= 6 kg de K₂O por tonelada de granos, Soja= 20 kg de K₂O y Girasol: 12 kg de K₂O por tonelada de granos exportados.



Problemas de Diagnóstico para Potasio

- Variación temporal de K disponible:
 - equilibrio entre fracciones en el suelo
 - absorción y reciclaje con residuos
- Manejo de las muestras (secado)
- Deficiencias inducidas
 - compactación, suelo seco/suelto, redox
 - agua disponible (cantidad y época)
 - interacción con enfermedades/insectos

Deficiencia de S en Trigo



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



Interpretación de tenores de S y micronutrientes para RS/SC

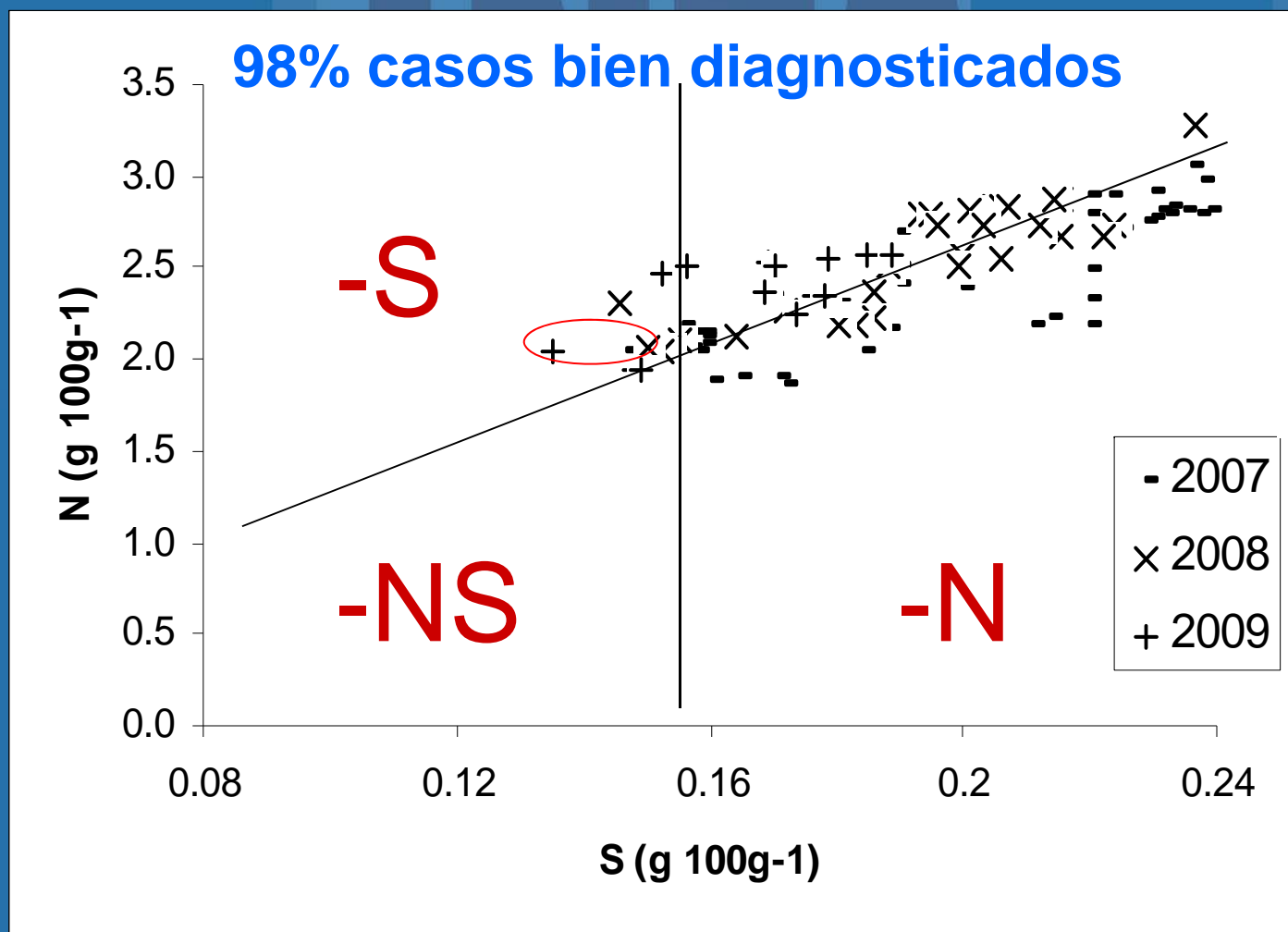
Wietholter (2011)

Categoría	Azufre	Cobre	Boro	Zinc	Manganeso	Hierro
	----- <i>mg/dm³</i> -----					
Baja	< 2	0.2	< 0.1	< 0.2	< 2.5	-
Media	2 - 5	0.2 – 0.4	0.1 – 0.3	0.2 – 0.5	2.5 – 5	-
Alta	> 5	> 0.4	> 0.3	> 0.5	> 5	> 5



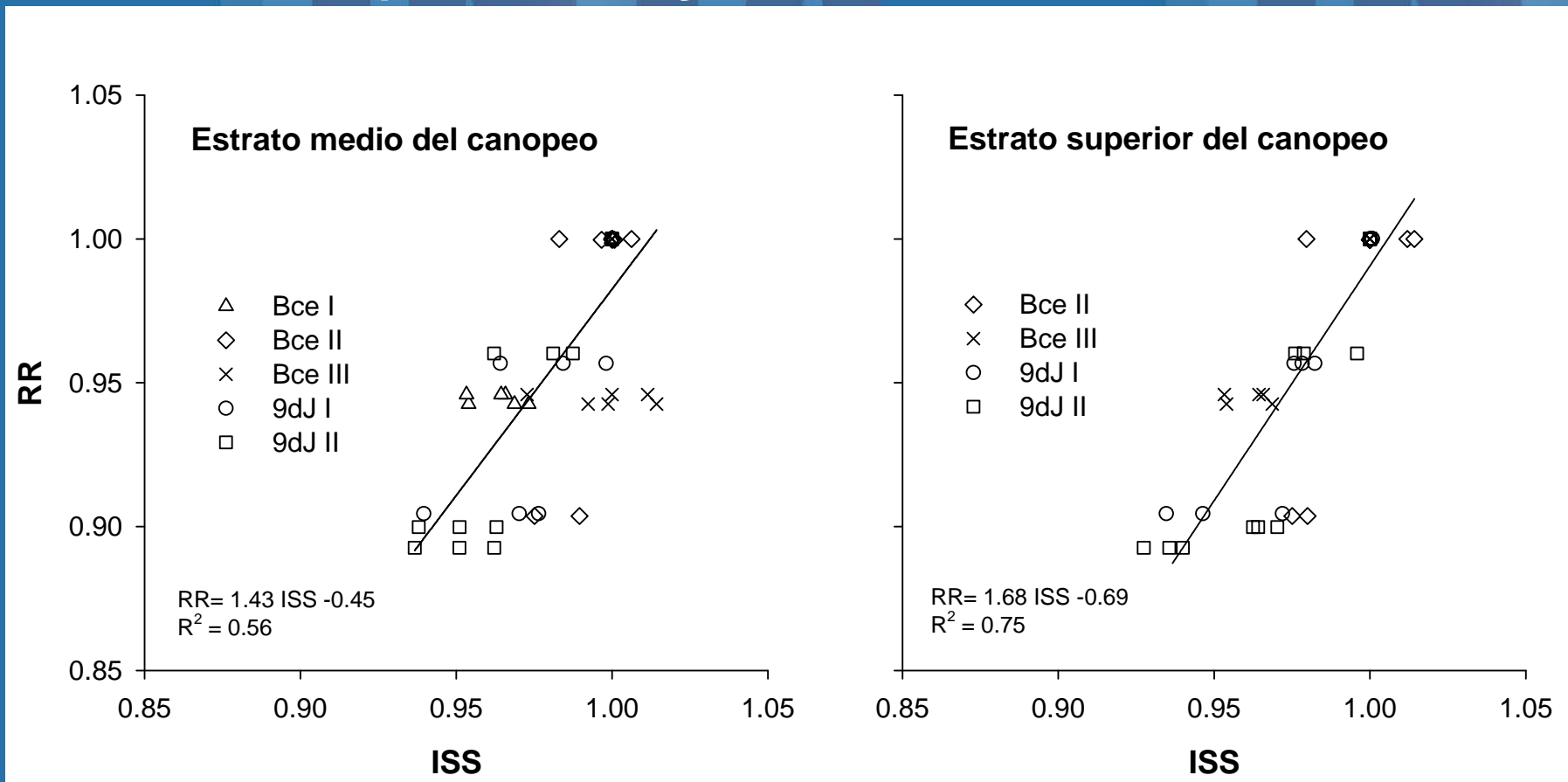
Diagnóstico de S en trigo

Relación N/S total en grano



Fuente: Reussi Calvo et al., 2011; tomado de Echeverría, 2011

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)



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

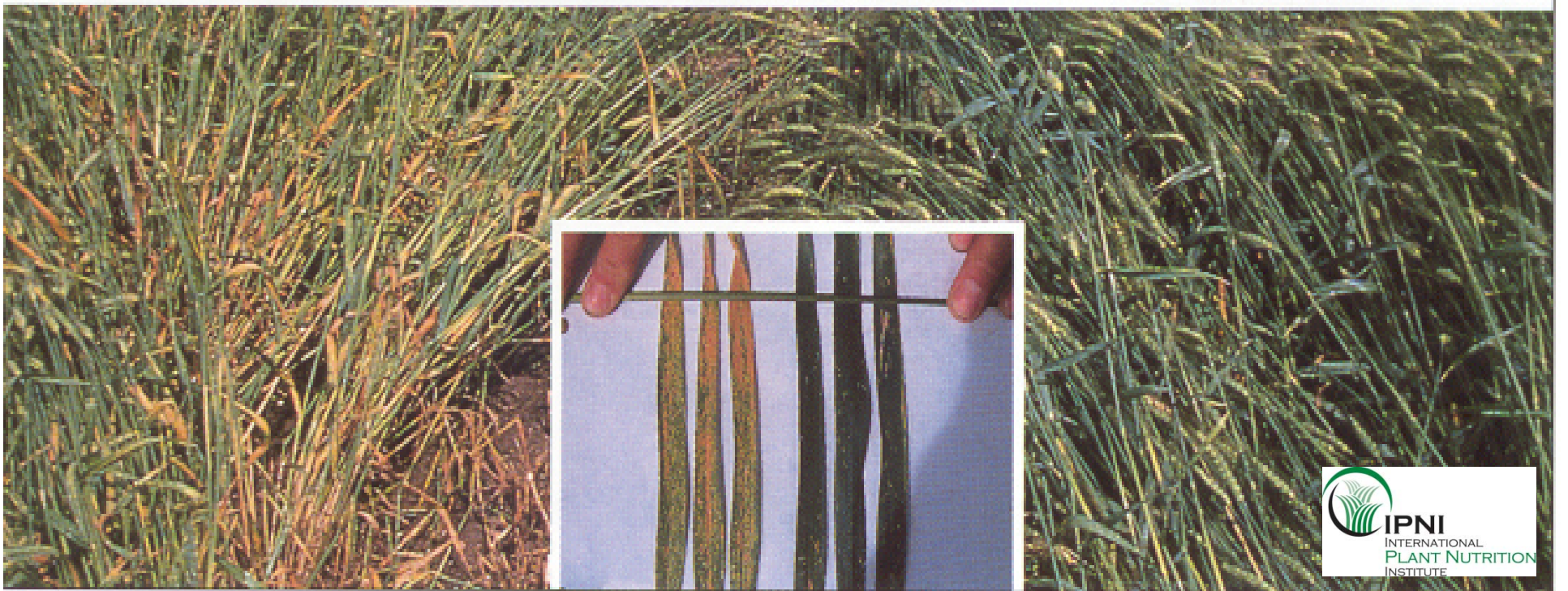


Micronutrientes en Región Pampeana Argentina

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



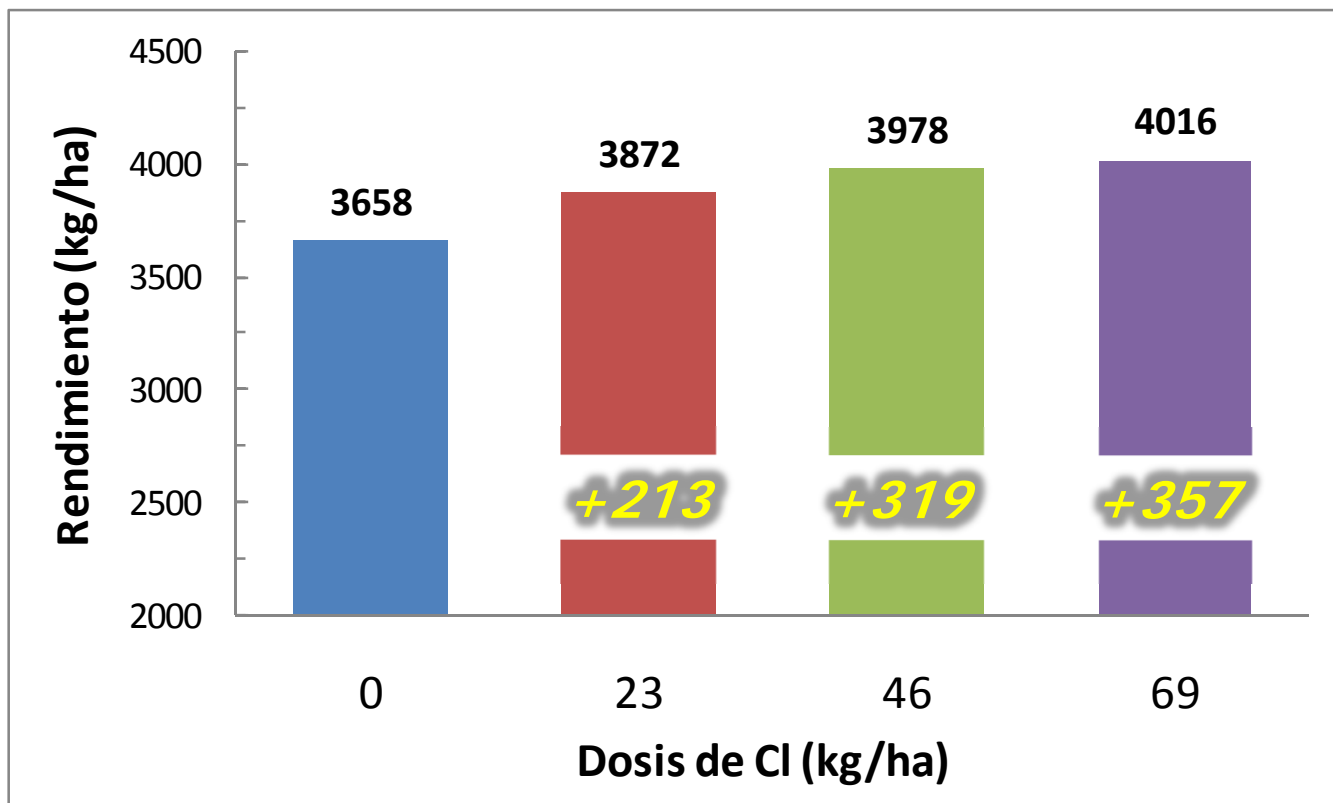
Cloro en Trigo



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



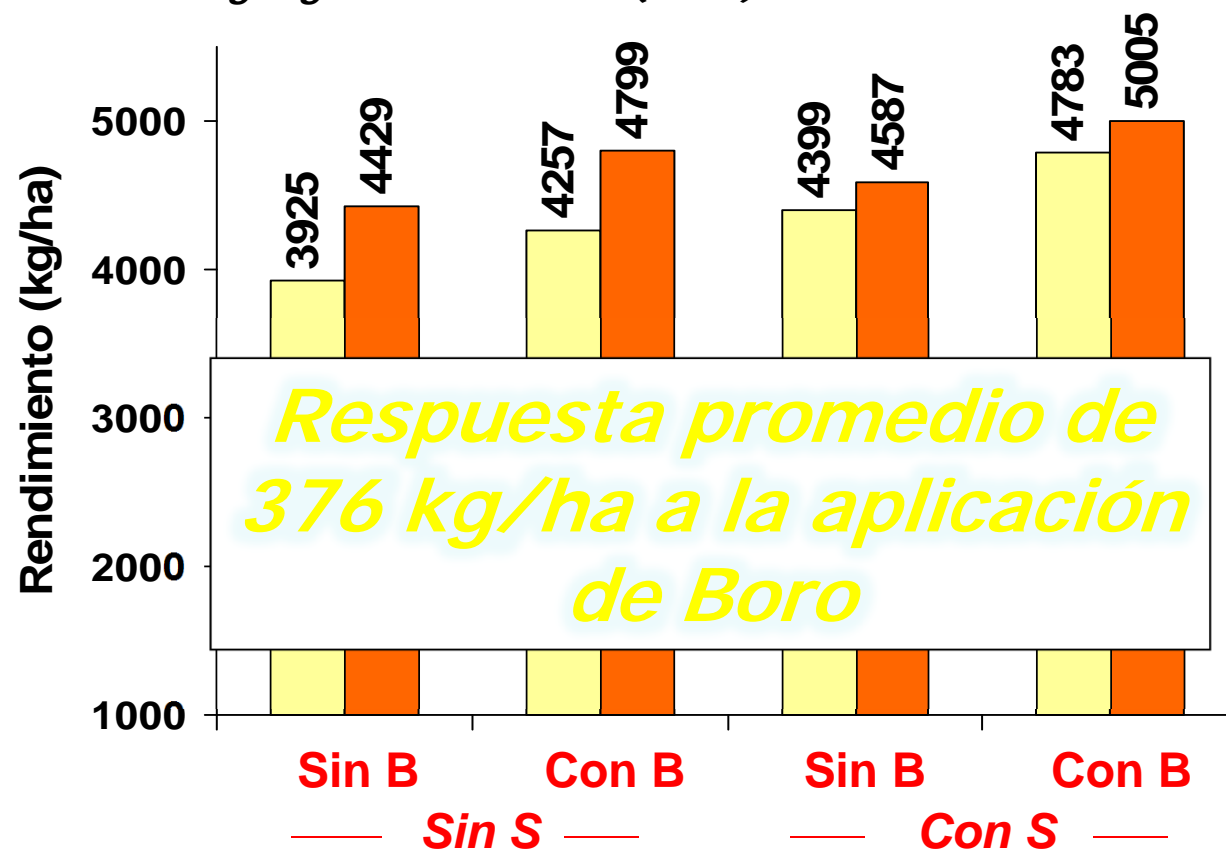
- 10 de 26 sitios (38%) con respuesta a Cl
- Cl (0-20 cm) superior a 35 mg Cl/kg o Cl disponible (0-60 cm) superior a 65-70 kg Cl /ha con rendimientos relativos mayores al 90% del rendimiento máximo y respuestas a la aplicación de Cl menores de 250 kg/ha.
- Diferencias en respuesta entre variedades para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

Azufre y Boro en Trigo

Criadero Klein – Alberti (Buenos Aires)

Campaña 1999/00

Fuente: Ing. Agr. Roberto Klein (2003)

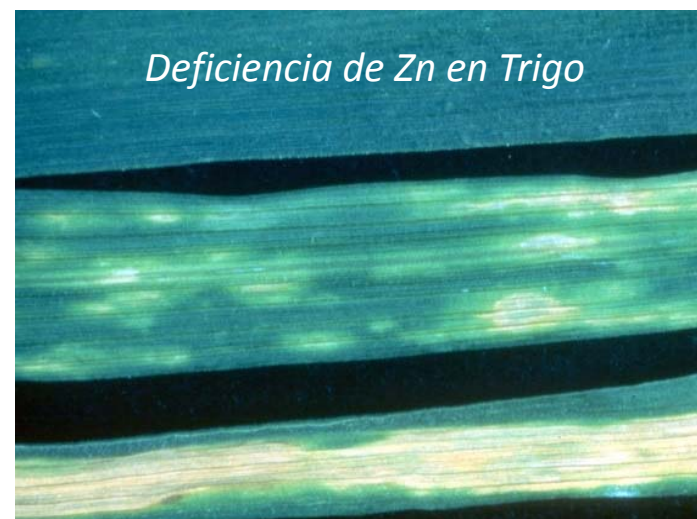
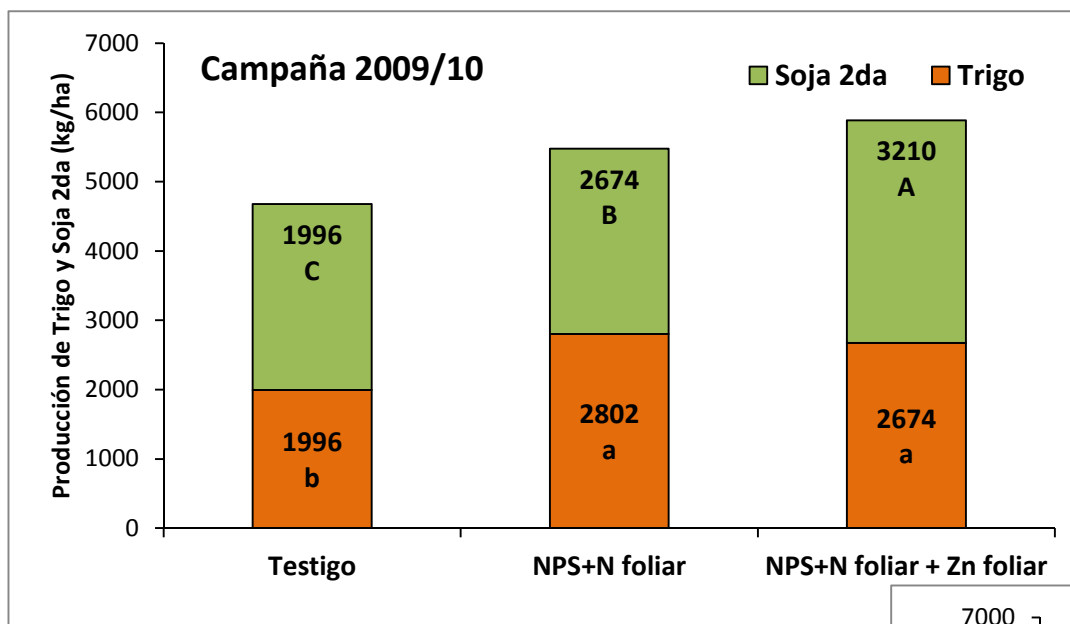


- Dosis de NP: 95-110 kg N, 25-49 kg P -
- Dosis de S: 6 kg/ha - Dosis de B: 0.5 kg/ha
- MO 2.5% - pH 6.1 - S-sulfatos 13 ppm - B 0.2 ppm
- Primavera-verano secos

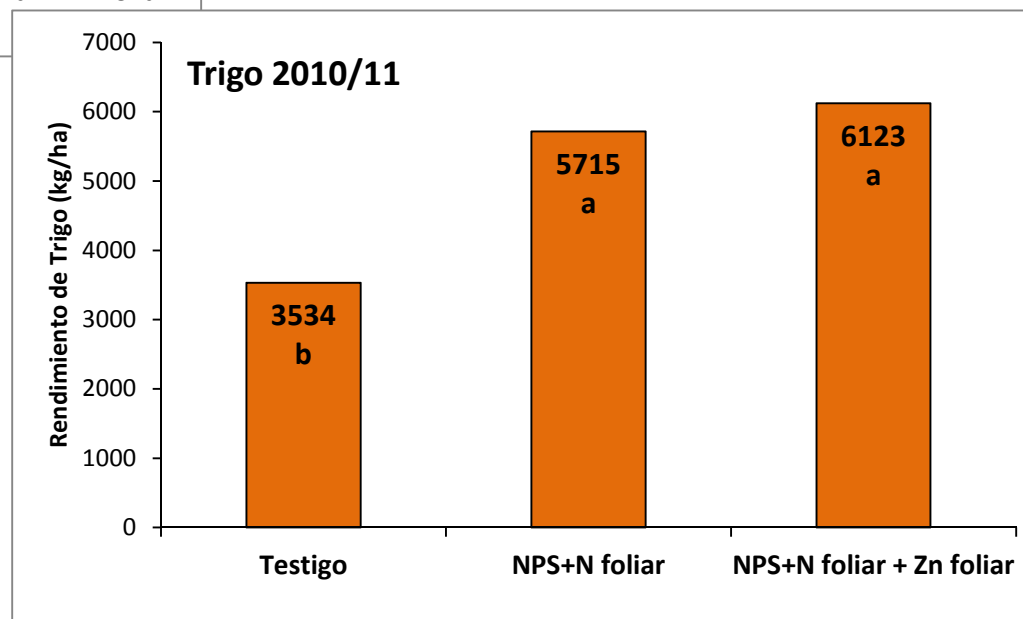
Zinc en Trigo

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



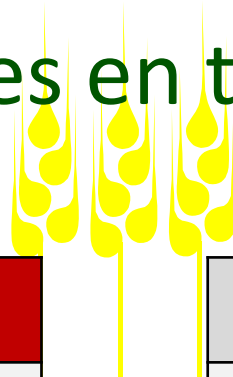
Evaluación de la performance de promotores de crecimiento en ensayos a campo

Fuente: F. Micucci – Com. personal (2008)

Campaña	Casos	Rendimiento (kg/ha)		Respuesta		EA
		Control	Promotor	(kg/ha)	(%)	
2002	34	2875	2997	122	4.8	53%
2003	101	3535	3802	267	9.6	77%
2004	84	4090	4327	237	6.4	79%
2005	39	4485	4786	301	7.5	77%
2006	25	4695	5105	410	10.4	88%
2007	28	4359	4652	293	7.1	68%
General	311	3899	4161	261	7.8	75%

* *Eficiencia agronómica: Referida a la cantidad de casos con respuesta positiva (Rta > 50 kg/ha), en relación a la totalidad de los casos.*

Balance de nutrientes en trigo para Paraguay



Rendimiento	2376 kg/ha
Remoción (kg/ha)	
N	43
P	8
K	8
S	3.5

Rendimiento	4000 kg/ha
Remoción (kg/ha)	
N	72
P	14
K	14
S	6



Para cubrir la extracción en grano



Equivale a:	
<i>Opción A</i>	<i>Opción B</i>
40 kg/ha 18-46-0	94 kg/ha 8-20-10
70 kg/ha Urea	69 kg/ha Urea
16 kg/ha KCl	0 kg/ha KCl
15 kg/ha de SA	15 kg/ha SA

Equivale a:	
<i>Opción A</i>	<i>Opción B</i>
67 kg/ha 18-46-0	159 kg/ha 8-20-10
118 kg/ha Urea	117 kg/ha Urea
28 kg/ha KCl	0 kg/ha KCl
25 kg/ha de SA	25 kg/ha SA

Algunas consideraciones finales



- La nutrición del cultivo puede contribuir a mejorar los rendimientos actuales de trigo en la región
- El manejo 4R de la nutrición debe orientarse a la acumulación de biomasa en pre-antesis para generar un alto número de granos por m²
- El manejo de N (dosis, momento, fuente y forma) es esencial en el logro de altos rendimientos
- La correcta disponibilidad de P y K y el manejo de la acidez del suelo permiten la expresión de altos rendimientos
- Ajustar el manejo de S y micronutrientes, potenciar el rol de microorganismos benéficos y la acción de la microbiota del suelo
- La nutrición balanceada se suma a las rotaciones y la no remoción del suelo para manejar los suelos de sistemas de producción sustentables de alto rendimiento
- Cuidemos el balance de nutrientes de nuestros suelos!!!

ii Muchas gracias!!
ii Mucho obrigado!!



www.lacs.ipni.net
fgarcia@ipni.net