

Brechas de rendimiento en soja y maíz: Rol de la Nutrición en los Sistemas Productivos

Ignacio A. Ciampitti, Ph.D.

Especialista en Producción de Cultivos

K-State Research & Extension

ciampitti@ksu.edu @KSUCROPS (TWITTER)

KSUCROPS

Crop Production Team



K-STATE

Research and Extension



Brechas de rinde en MAIZ & SOJA

1. Brechas de rinde:

A. Analisis Geografico e Historico

2. Investigacion en Maiz-Soja

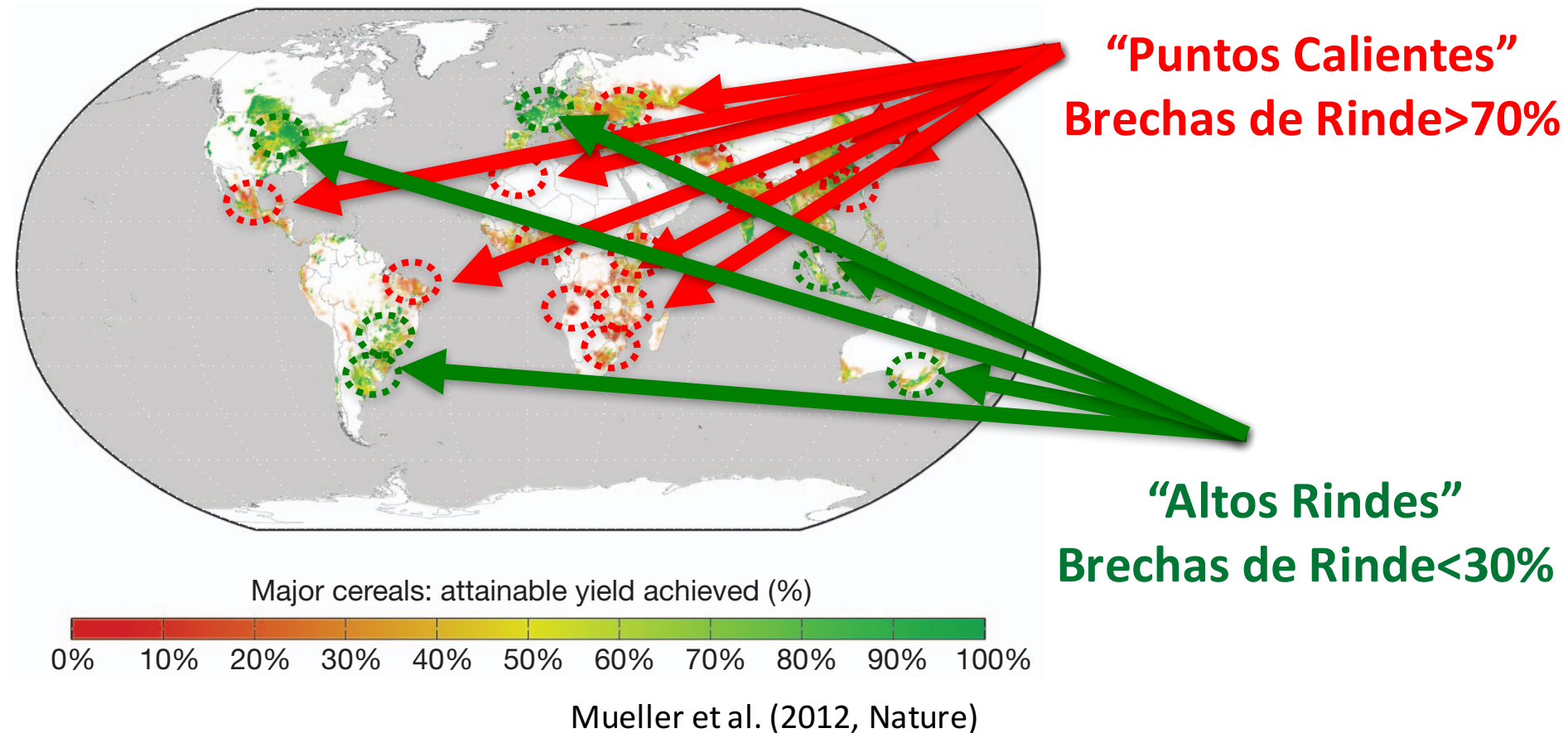
3. N en Maiz-Soja (Fijacion de N)

4. Nutrientes: Biofortificacion

5. Puntos finales: Conclusion

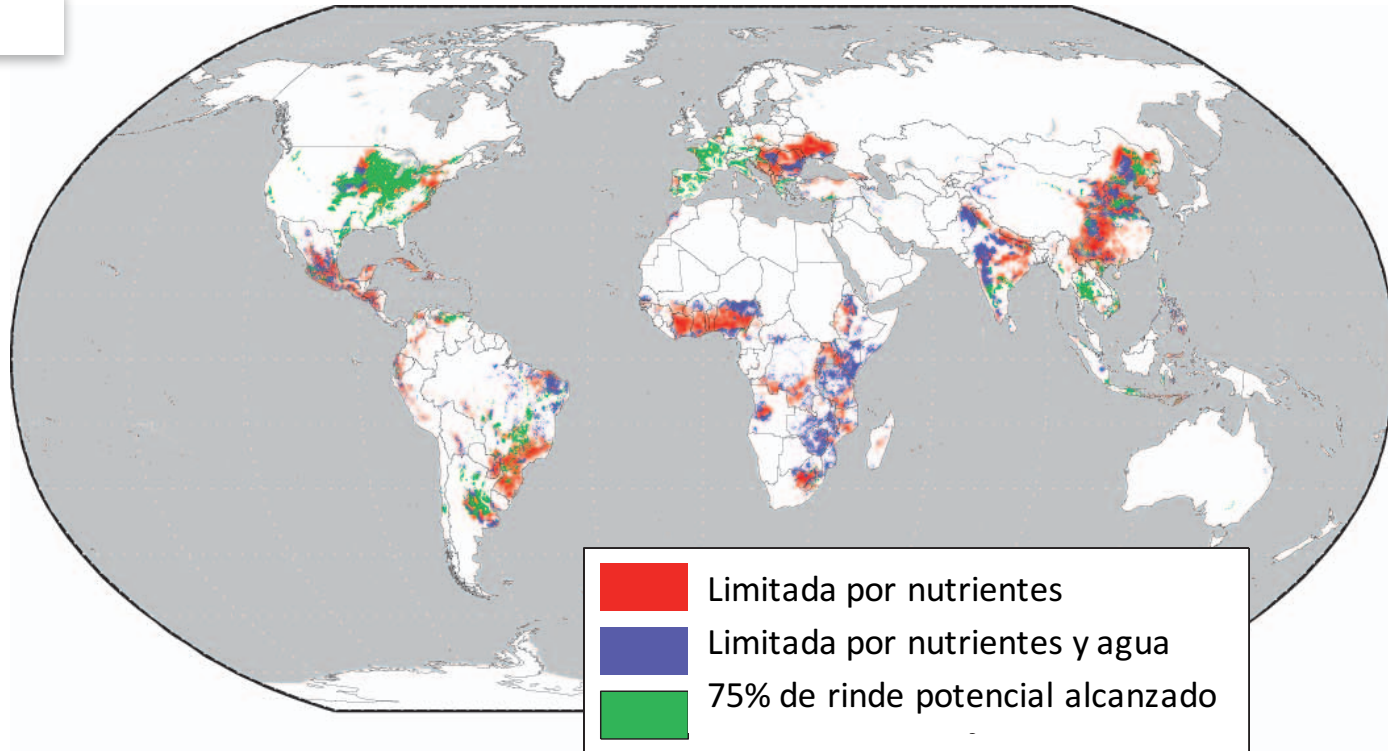
Seguridad Alimentaria = Mejorar 1- Rendimiento; 2- Biofortificacion

A escala global: Brechas de rendimiento para maiz y soja



Seguridad Alimentaria = Importancia de la Nutricion Balanceada

A escala global: Brecha de Rendimientos en Maiz



Aprox. $\frac{3}{4}$ de los
PUNTOS CALIENTES

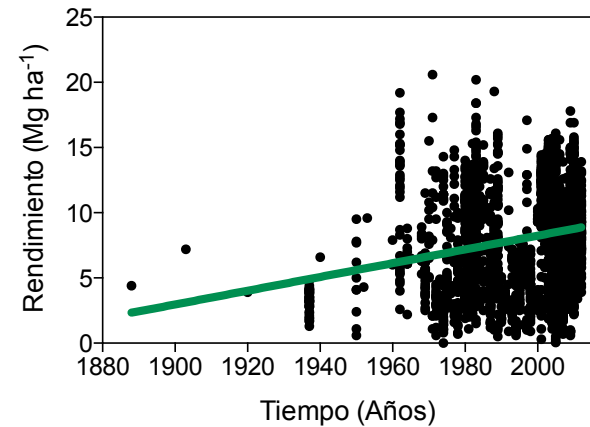
→
**Cerrando Brechas
de Rindes**

**Aumento en la aplicacion
balanceada de nutrientes**
(18%N, 16% P₂O₅, 35% K₂O)

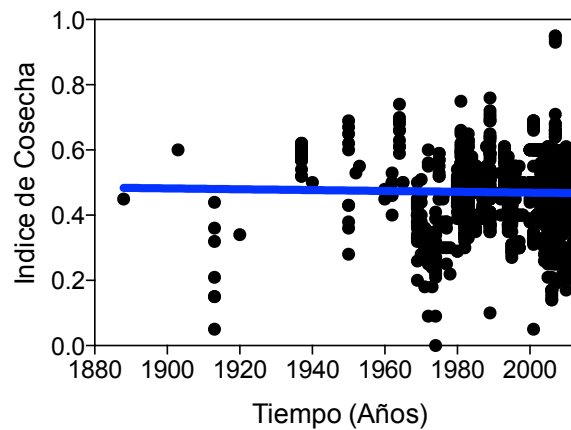
Mueller et al. (2012, Nature)

Cambios Historicos en Maiz relacionados a Nutricion

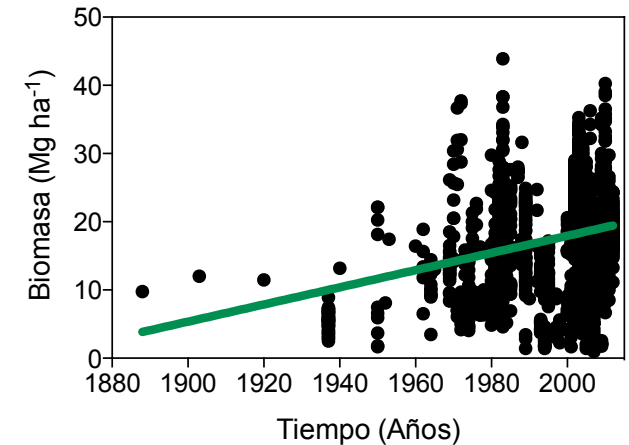
Rendimiento



Indice de Cosecha



Biomasa



Resumiendo...

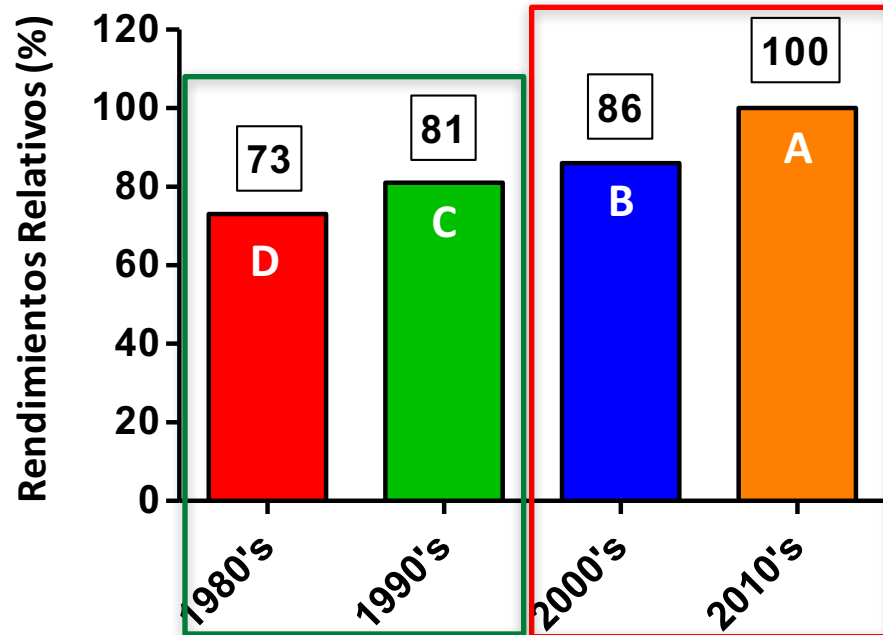
Cambios en rendimiento estuvieron asociados a cambios en +++ Biomasa

Estos cambios produjeron mayores niveles de ++absorcion de N, con aumentos leves en eficiencia

Cambios Historicos en Soja relacionados a Nutricion

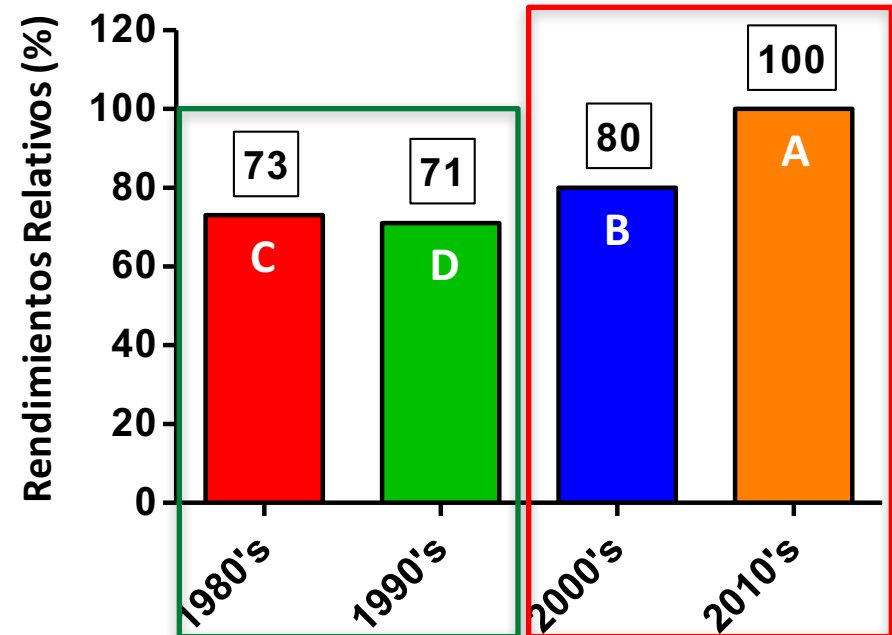
VARIEDAD: Cambios en Rendimiento (1980's-2010's)

Rossville, US 2016



Rendimientos altos obtenidos con Genotipos Modernos (liberación >2000's)

Oliveros, ARG 2016

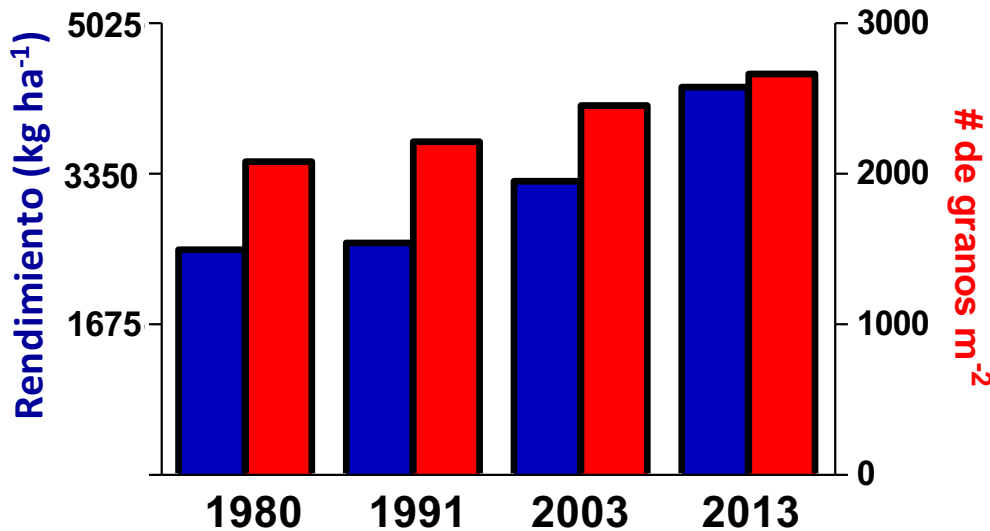


Rendimientos bajos obtenidos con Genotipos Históricos (liberación <2000's)

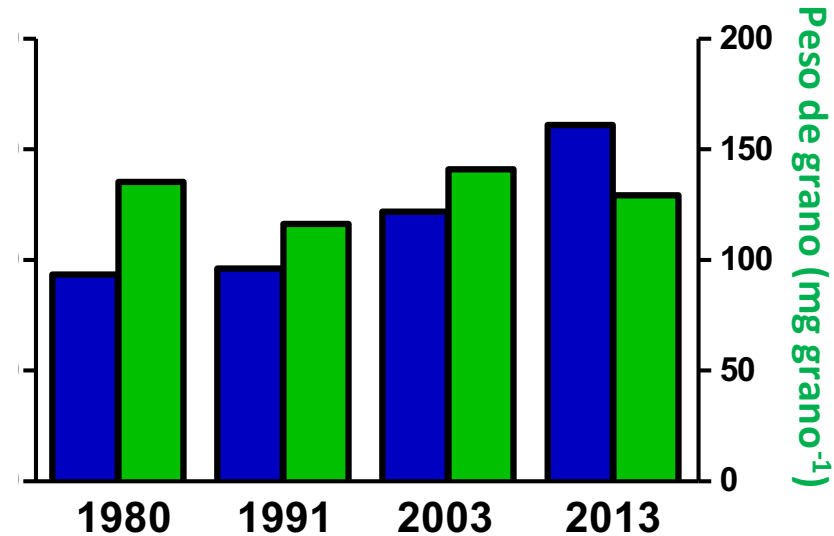
Ortez, Salvagiotti, y Ciampitti, 2017

Cambios Historicos en Soja relacionados a Nutricion

Rendimiento: componentes numéricos



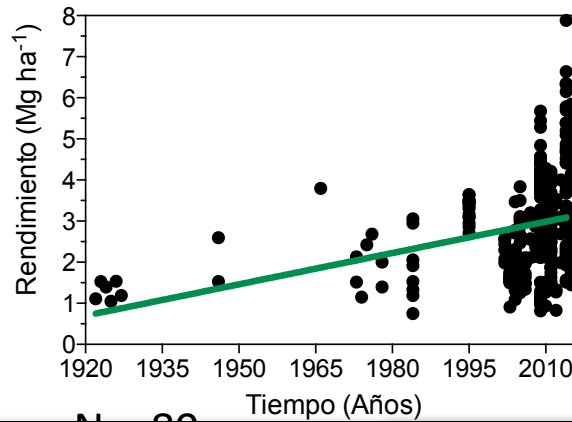
El número de granos sigue la misma tendencia que el rendimiento.



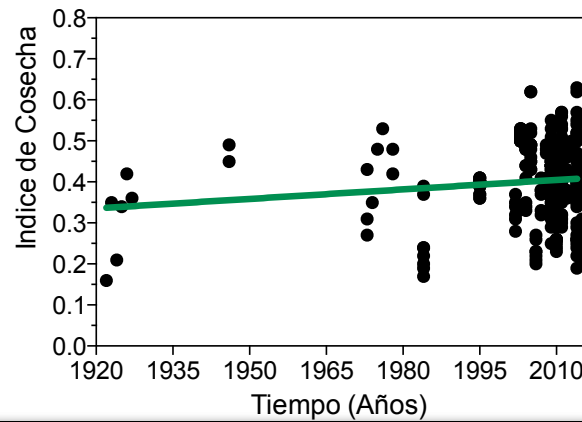
El peso de grano es más variable con los años de liberación y no sigue la misma tendencia que el rendimiento

Cambios Historicos en Soja relacionados a Nutricion

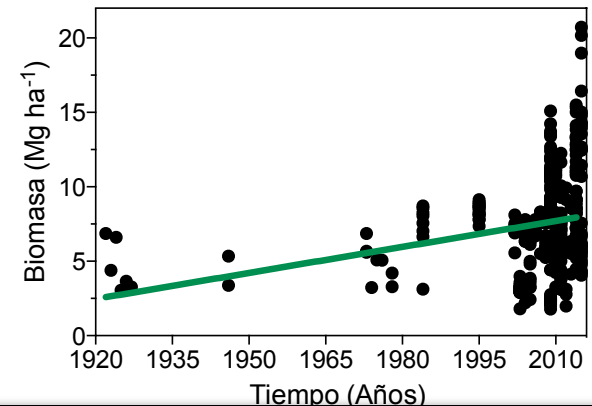
Rendimiento



Indice de Cosecha



Biomasa

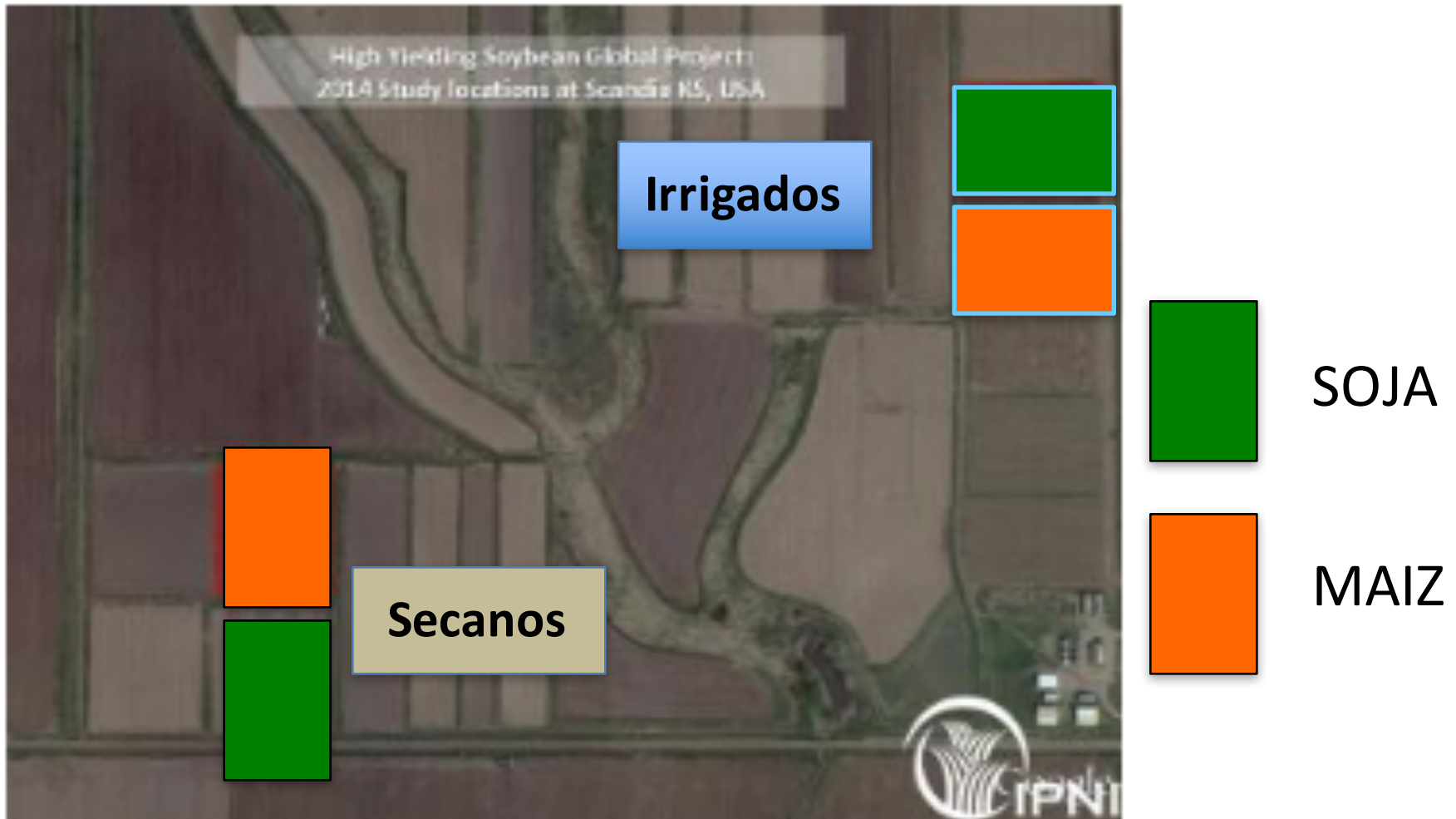


Resumiendo...

Cambios en rendimiento estuvieron asociados a cambios en +++ Biomasa & + Indice de Cosecha

Estos cambios produjeron mayores niveles de ++absorcion de N, + IC para N, & +mayor eficiencia

Brechas de Rendimiento: Sistema Integrando MPMs Fertilization y Cultivos



Setup 2014 WGo8 Soy experiments at Scandia (Kansas)

Brechas de Rendimiento:

Sistema Integrando MPMs Fertilization y Cultivos

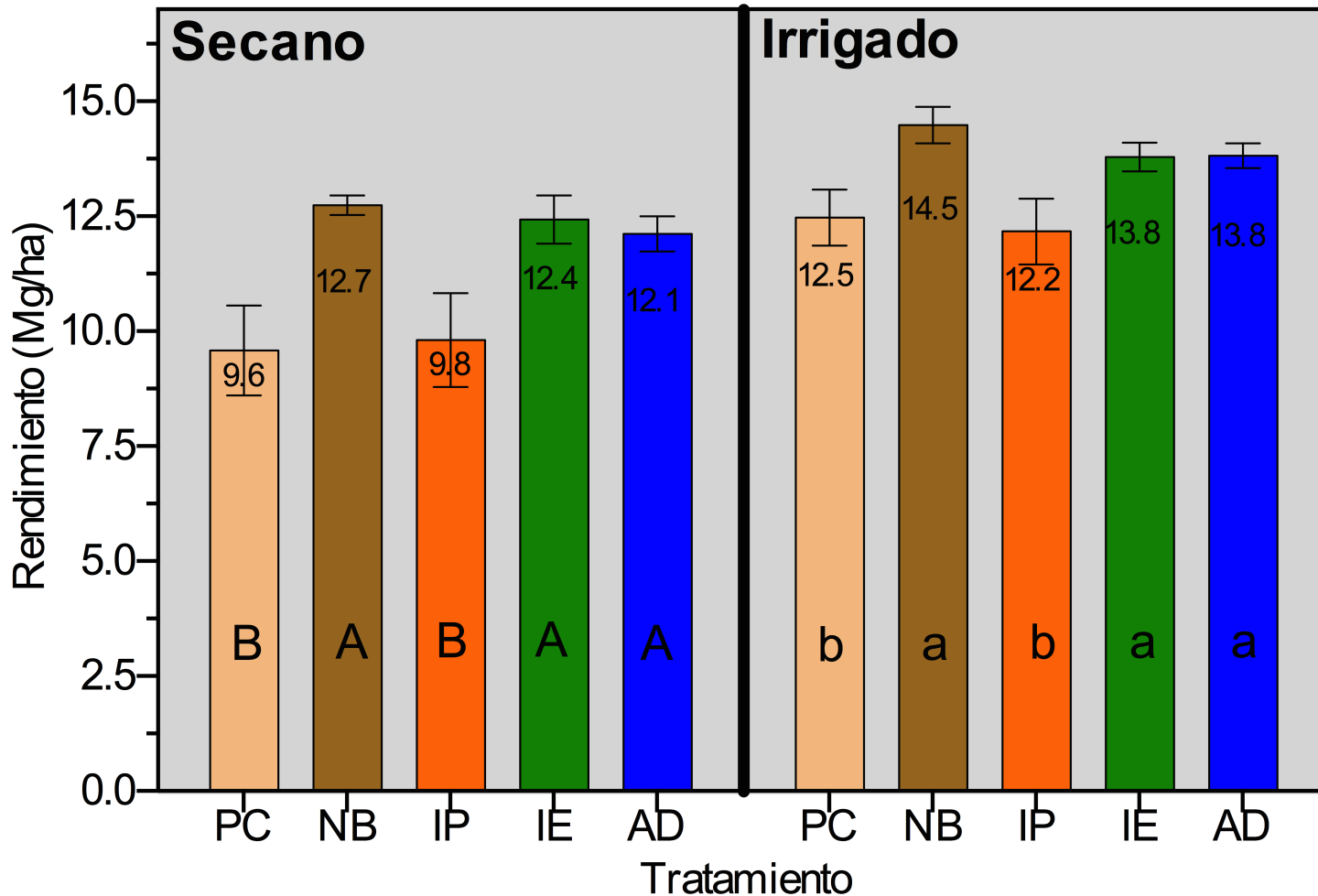
(-) Intensificacion (+)

SOJA (S)/MAIZ (M)

SOJA/MAIZ					
Tratamiento	PC	FI	PI	IE	AV
Densidad x 1,000 /ha	272 / 74	272 / 74	329/88	329 / 88	329 / 88
Espacio entre hilera, cm	76	76	38	38	38
Fertilización	No	(P-K-S)	No	(N*-P-K-S)	(N*P-K-S)
Micronutrientes	No	No	No	1x (Fe, Zn, B)* 2x (Fe, Zn, B)**	
Fungicidas/Insecticida	No	No	No	1x**	2x**
*Aplicado a R3. **Aplicado a R1 y R3. Dosis de fertilizante en kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O-S/ha: (56-9-31-8) and (56-13-43-11) para secano e irrigado. El tratamiento PC, FI, y PI no recibieron aplicación de N en soja.					

PC= practicas comunes, FI or NB = nutricion balanceada, PI= producción intensificada, EI= intensificación ecológica (FI+PI), AV= avanzada.

Sistema de Manejo Integrado: MAIZ



**Mayores
rindes en NB
en ambos
sistemas**

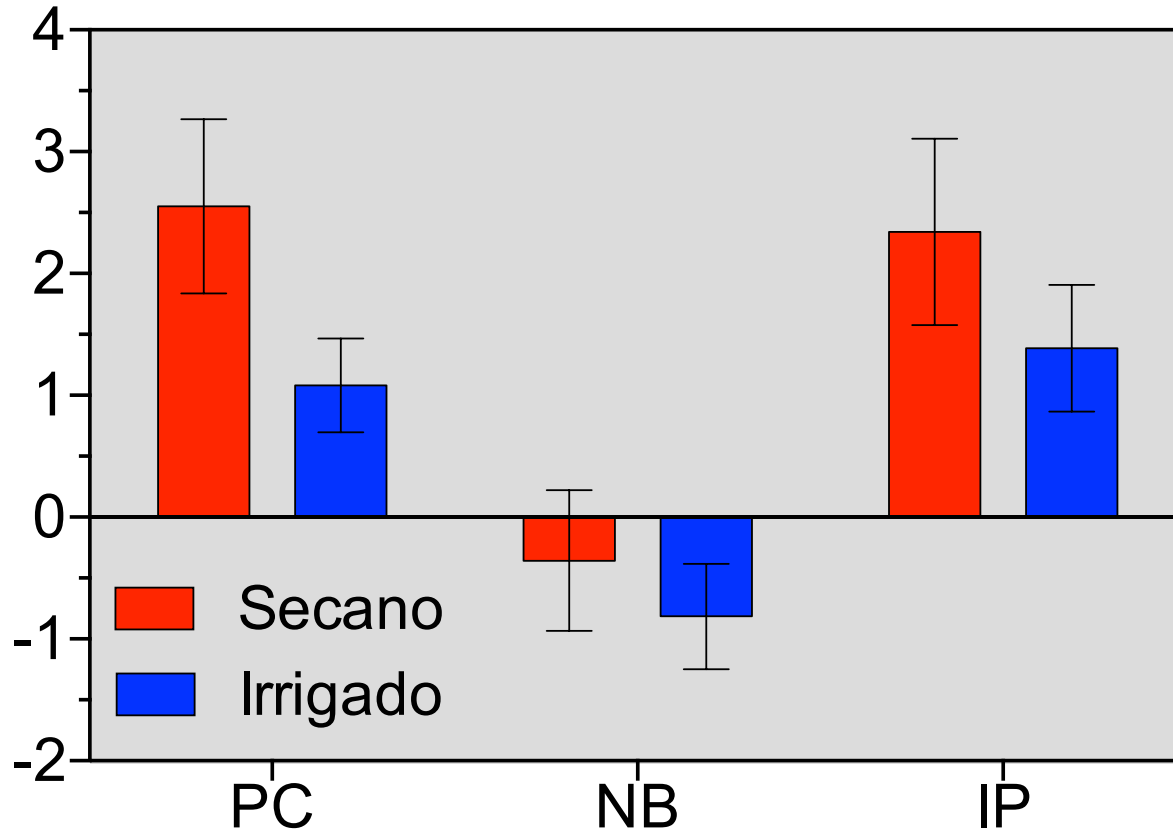
**- Rindes en PC
e IP sin
nutrientes**

**= Rindes en IE
y AD – con
mayor inputs**

Effecto de la Rotacion (4 cultivos en cada fase) → largo plazo

Sistema de Manejo Integrado: MAIZ

Brecha de Rendimiento



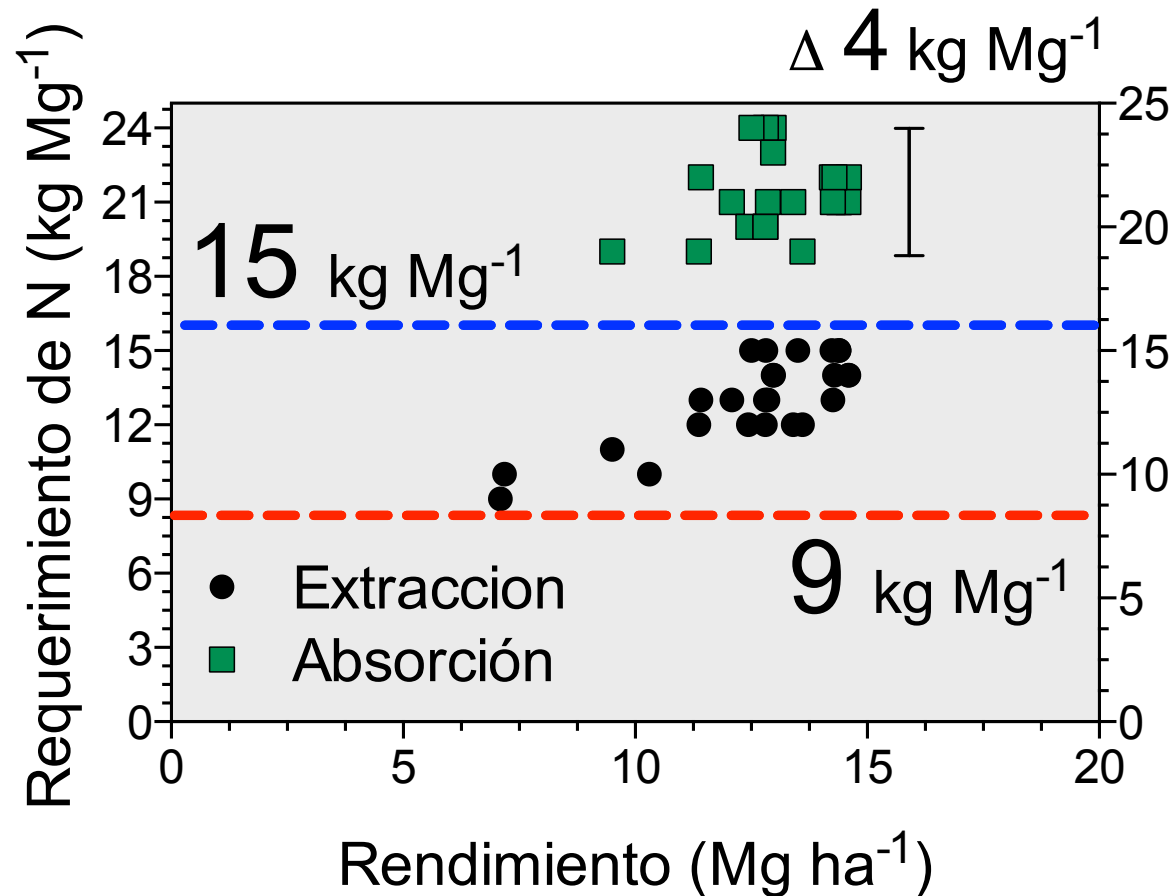
BRECHA de RINDE
Calculada relativa
al tratamiento de
mayor
Intensificacion

$$BR \text{ (Mg/ha)} = \text{Rinde} \text{ (IE - TRAT)}$$

La mayor “BRECHA” de rendimiento, 1 a 2.5 Mg/ha, fue observada para ambos - “Practica Comun” (PC) y “Intensificacion de Produccion” (IP) relativo al IE.
= Rendimientos entre Nutricion Balanceada e IE.

Requerimiento Nutricional:

FASE en MAÍZ – Acumulacion de N



Mayor Variación de N en Maíz por unidad de rinde, pero menor por biomasa total

Balboa, Ciampitti et al.

Ciampitti y García (2007 y 2008)
Disponble en www.lacs.ipni.net

	Absorción Total (kg/Mg)	Extracción (kg/Mg)
Soja	66	49
Maíz	22	15

Cuales son los principales cambios en MAIZ?



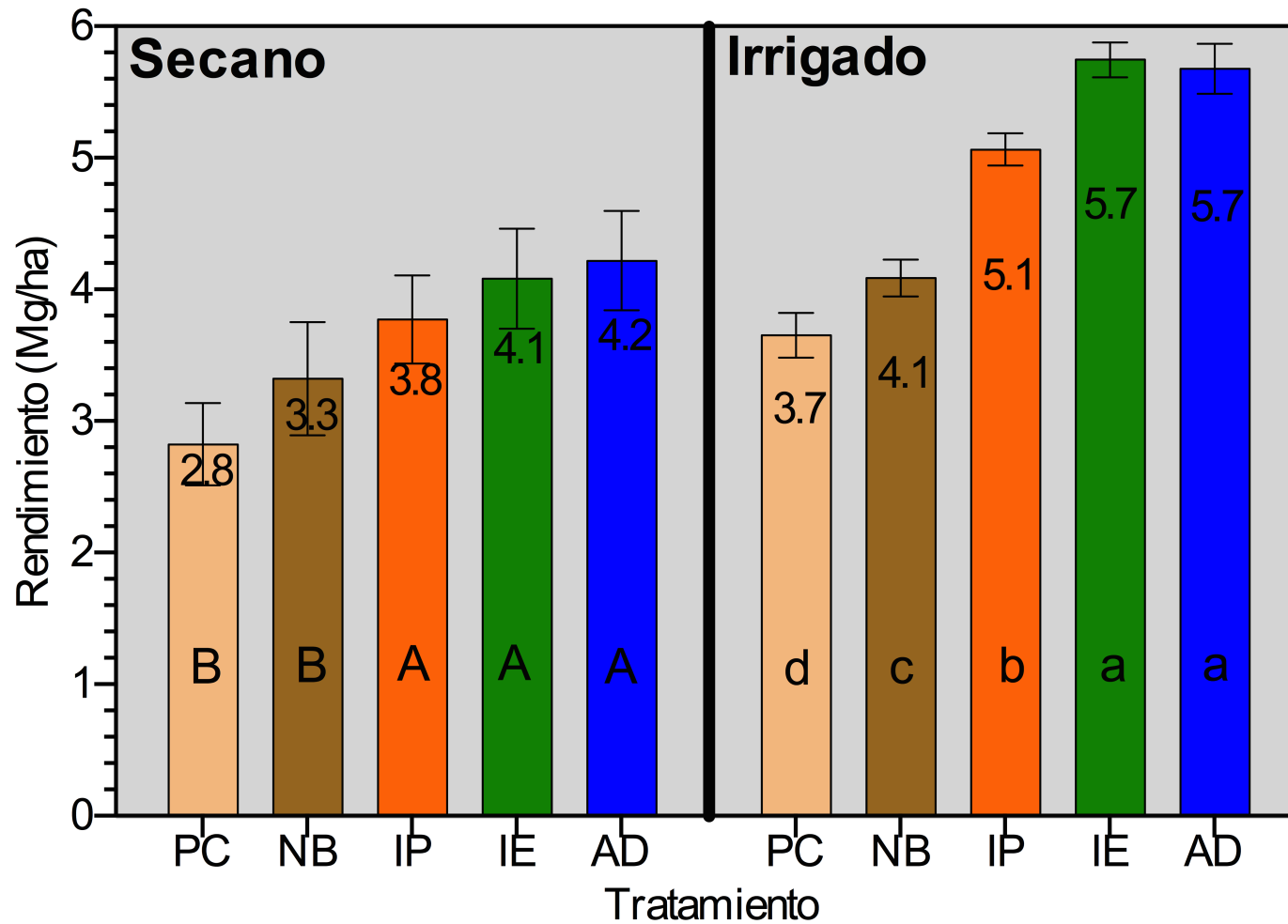
- Incremento en la absorcion de N post-floracion
- Removilizacion de N mas tardia y con un menor “trade-off” entre Removilizacion y Absorcion
- Menores aumentos en particion a grano, con disminucion de %N en altos rendimientos

0 250 500 750 1000 1250 1500

Grados dias (°C d⁻¹)

Balboa, Ciampitti et al.

Sistema de Manejo Integrado: SOJA



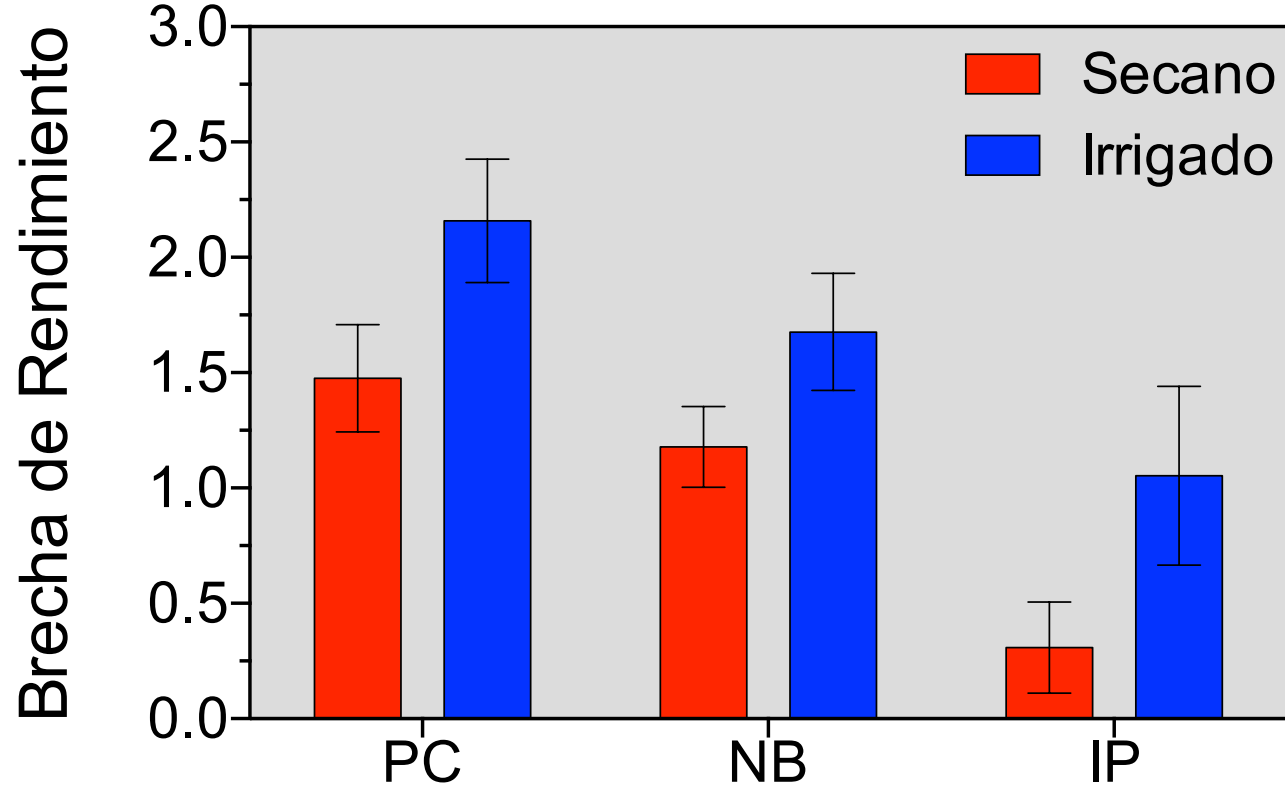
**Mayores rindes
en IE y AD en
ambos sistemas**

**- Respuesta a la
aplicación de
nutrientes**

**= Rindes en IE y
AD, pero con
diferentes
niveles de inputs**

Effecto de la Rotacion (4 cultivos en cada fase) → largo plazo

Sistema de Manejo Integrado: SOJA

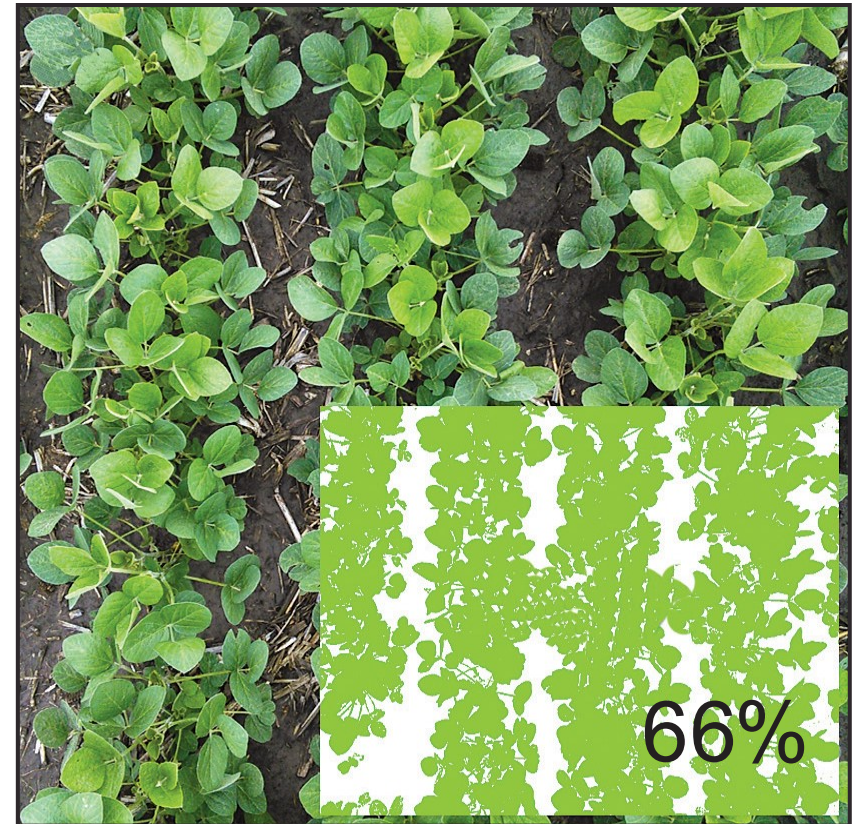
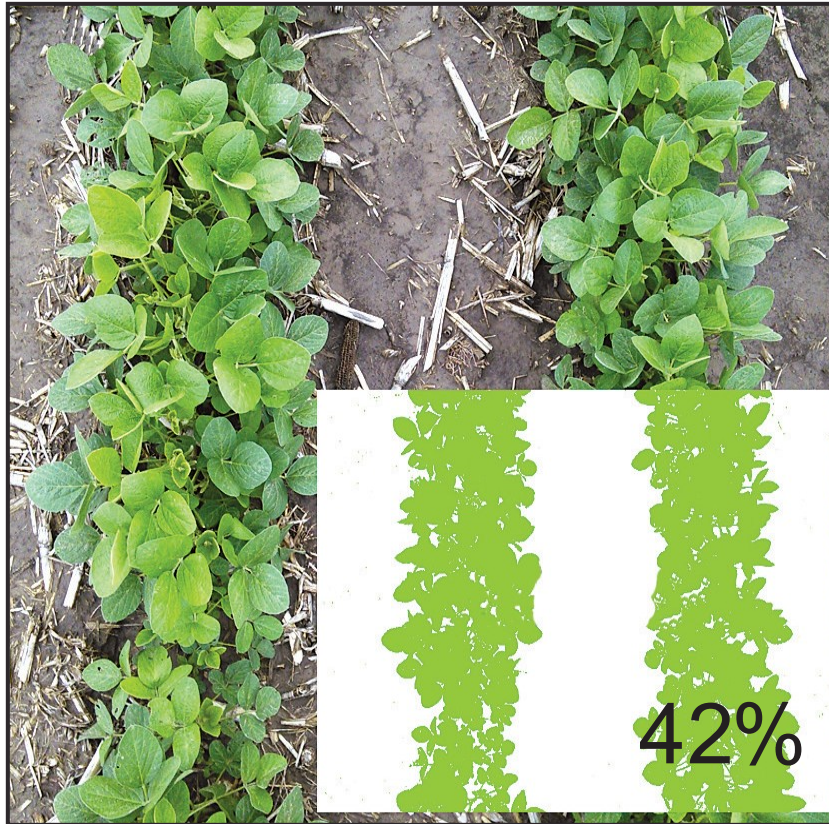


BRECHA de RINDE
Calculada relativa
al tratamiento de
mayor
Intensificacion

$$BR \text{ (Mg/ha)} = \text{Rinde} \\ (\text{IE} - \text{TRAT})$$

La mayor “BRECHA” de rendimiento, 1.5 a +2.0 Mg/ha, fue observada entre la “Practica Comun” (PC) y el tratamiento de “Intensificacion Ecologica” (IE). + Brecha con +Rinde.

Factores de Manejo Claves para +Rindes



Espaciamiento entre hileras:
+Intercepcion de luz → +Cobertura → +Rindes

Balboa, Ciampitti et al.

Espaciamiento entre Hileras

Las raíces de soja se expanden

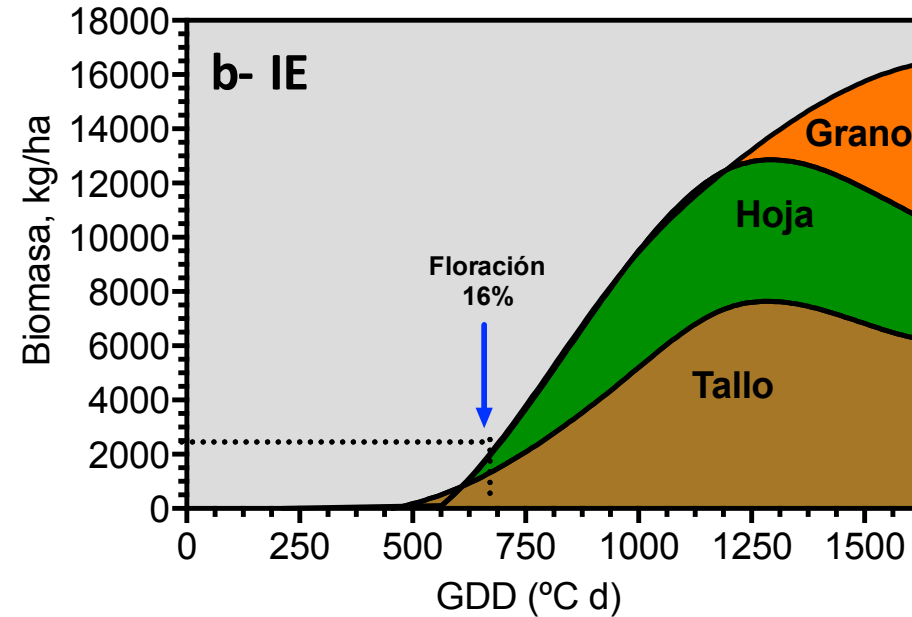
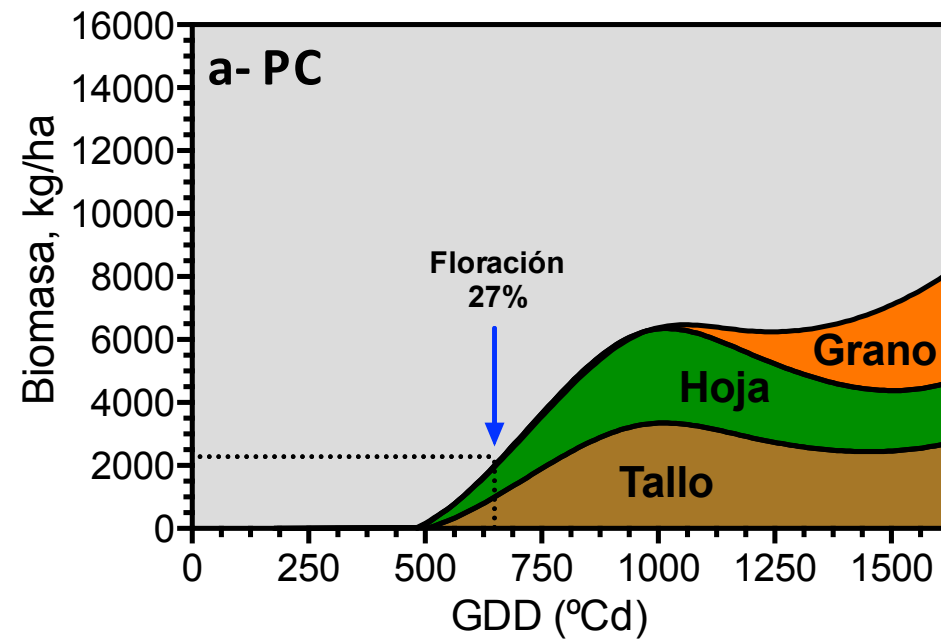
- Conservación de humedad
 - Tener humedad para el periodo de formacion y llenado de granos



Sistema de Manejo Integrado:

FASE en SOJA – Acumulacion de Biomasa

FASE IRRIGADO



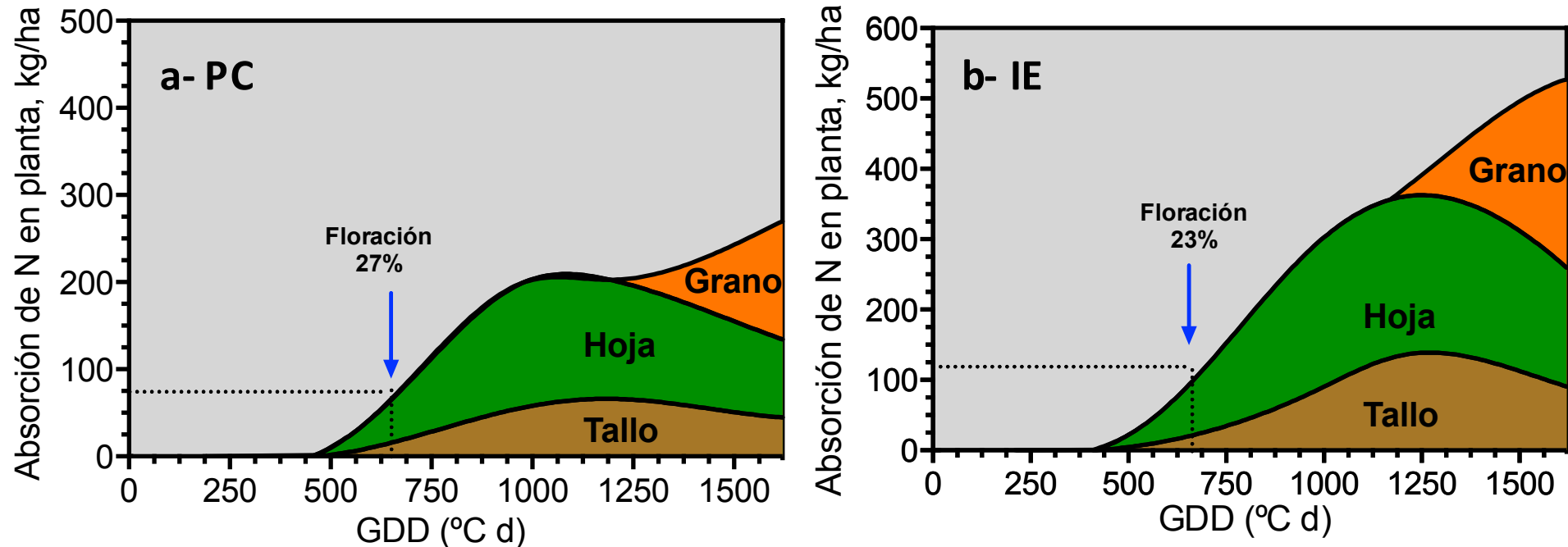
Mayor acumulacion de biomasa y en mas proporcion durante las etapas mas tardias para sistemas intensificados.

Balboa, Ciampitti et al.

Sistema de Manejo Integrado:

FASE en SOJA – Acumulacion de N

FASE IRRIGADO

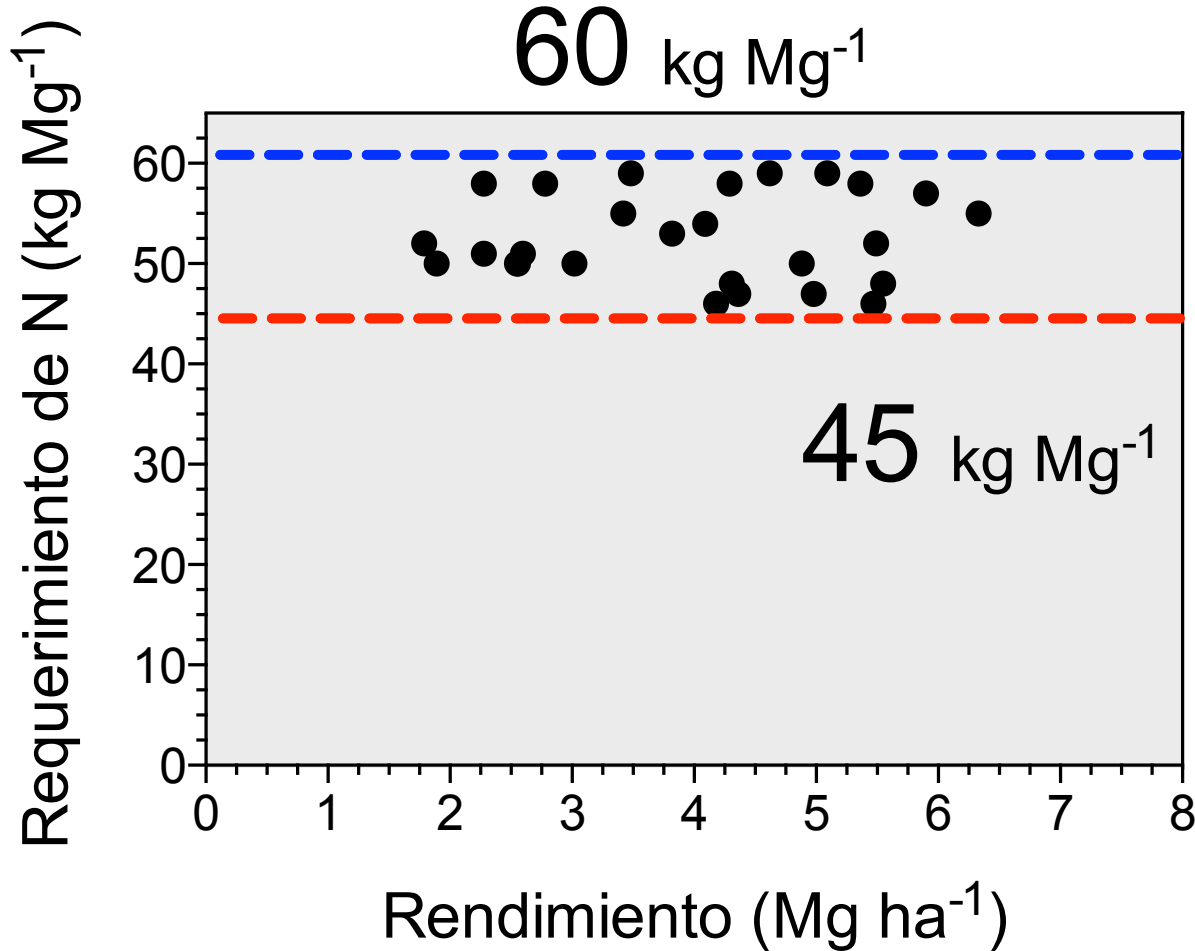


Mayor acumulacion de N y en mas proporcion durante las etapas tardias para sistemas intensificados.

Balboa, Ciampitti et al.

Requerimiento Nutricional:

FASE en SOJA – Acumulacion de N

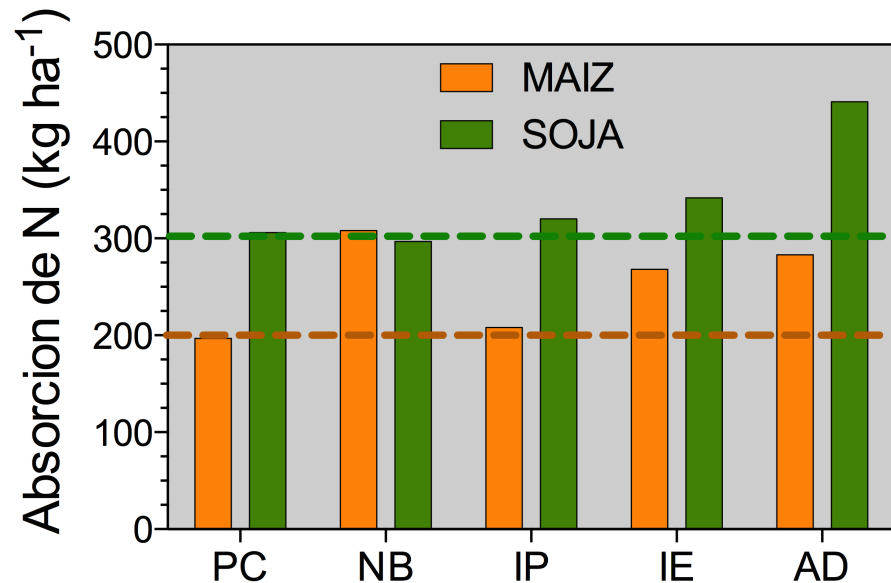
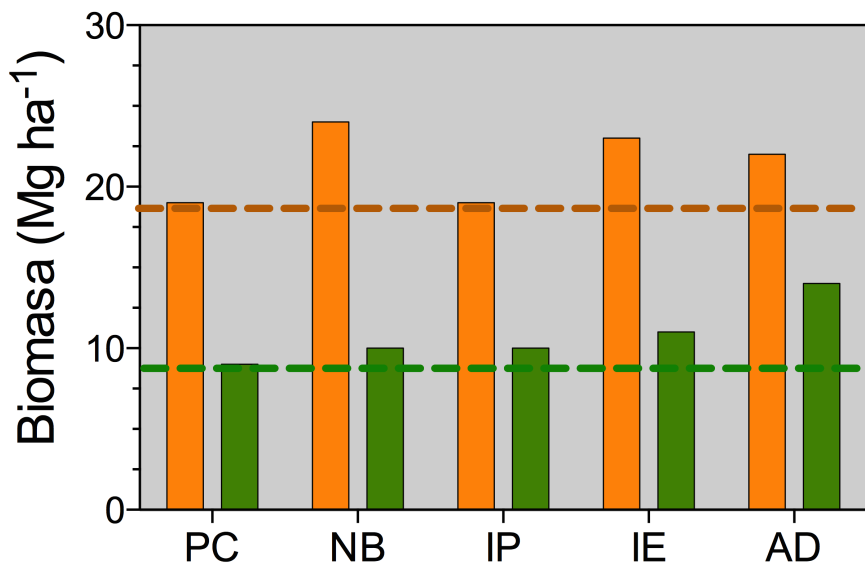


Muy poca
variacion en el
requerimiento
nutricional de
N en soja-

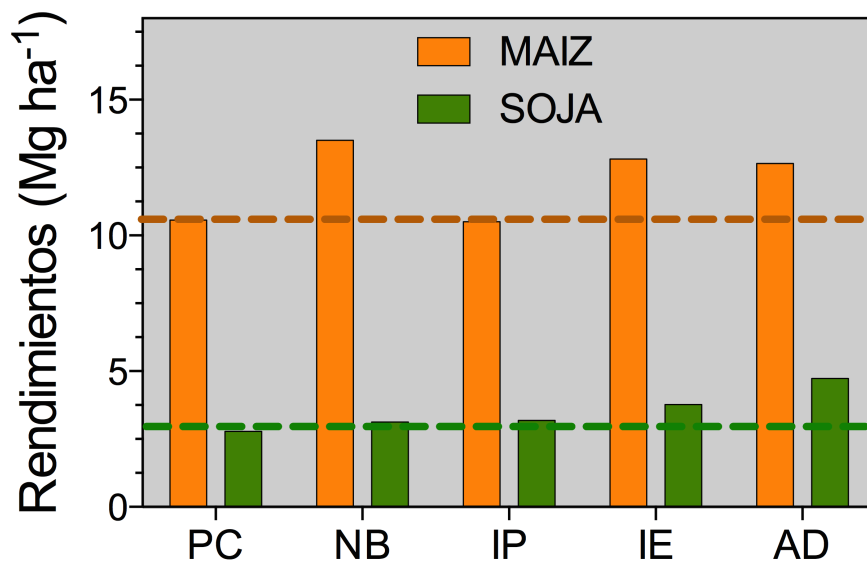
**COSTO de la FIJACION
BIOLOGICA DE N
MEJOR
ESTIMACIONES A
CAMPO SON
NECESARIAS**

Balboa, Ciampitti et al.

Síntesis Rotación Maíz-Soja (promedio de 4 cultivos)



SOJA =
RESPUESTA A
NUTRICION plus
PRACTICAS de
MANEJO

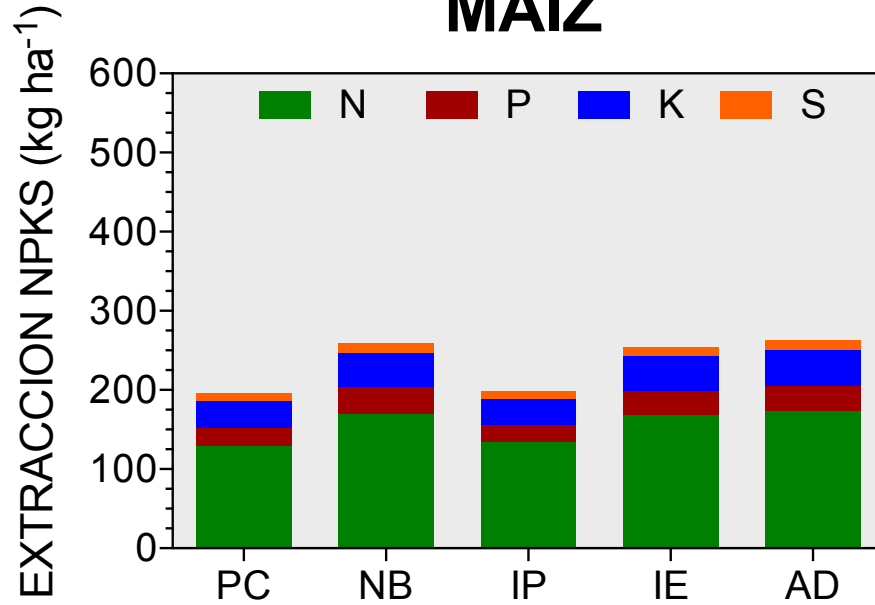


Balboa, Ciampitti et al.

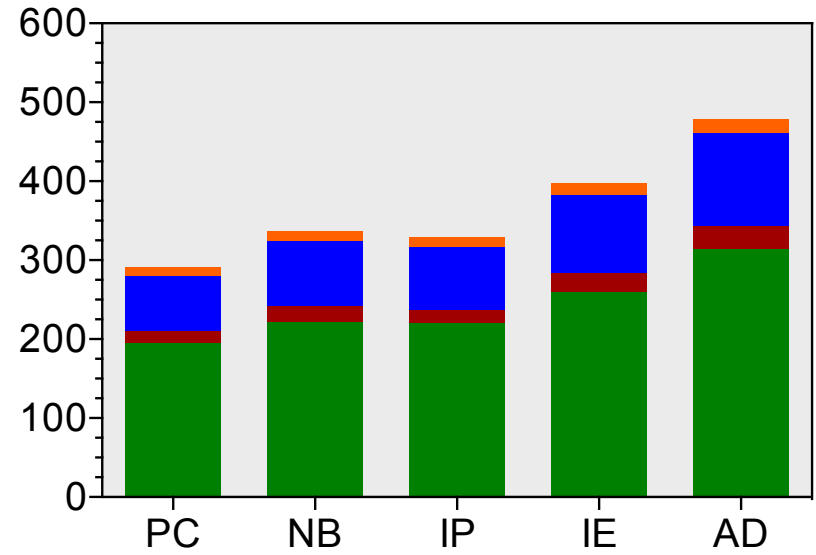
MAÍZ =
RESPUESTA A
NUTRICION
(N principal)

Extraccion de Nutrientes y Eficiencia

MAIZ



SOJA

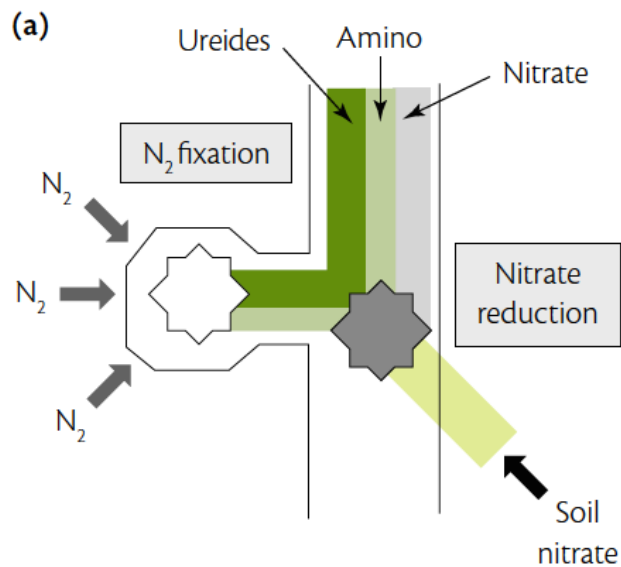


FACTOR de
PRODUCTIVIDAD
PARCIAL (**FPF**)
(Rendimiento/Fe
rtilizante)

Costo del N: Que sabemos del N en soja?

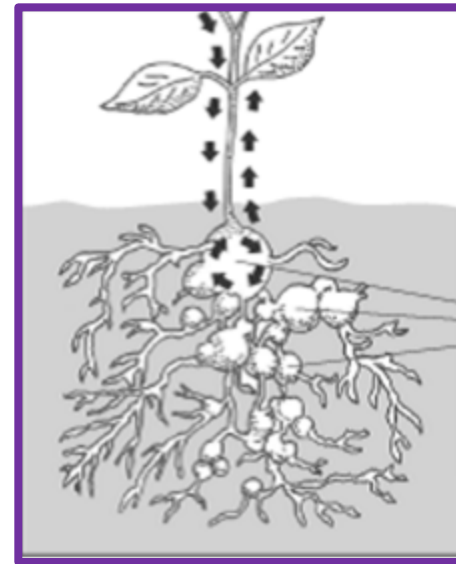
- N puede ser absorbido del suelo
- Derivado de la fijacion N₂

Determinado por el metodo de Ureidos



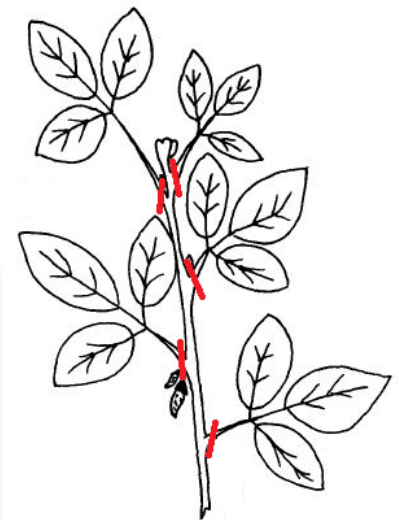
Transporte
de N en soja
Ureidos
(fijacion)

Coleccion de
Tallos al inicio
de llenados
de semillas



Nódulos

Nodules



Fijación Biológica de N (FBN)

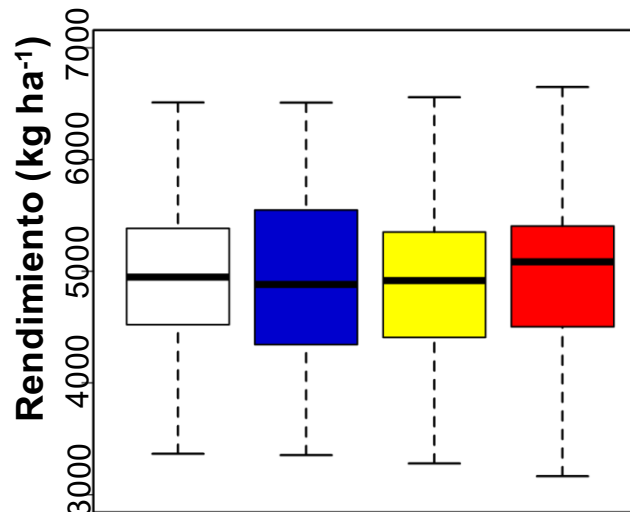
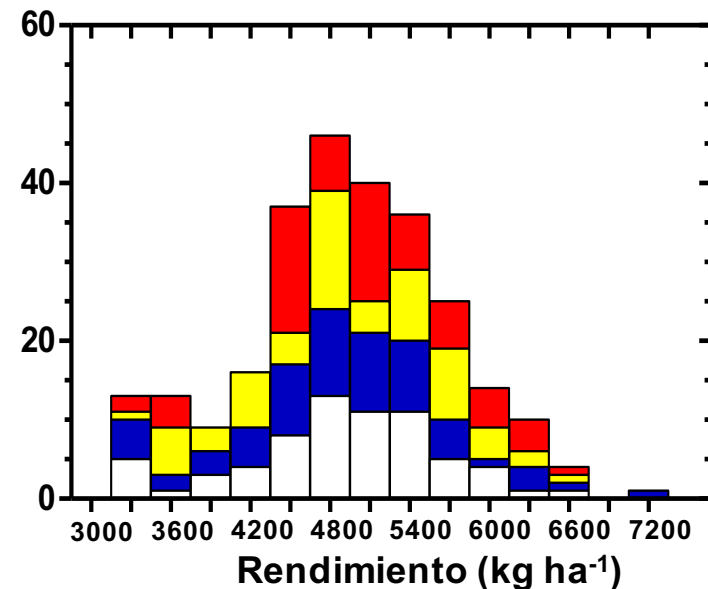
Tamagno, Ciampitti

Dosis de N y Momento

Tratamiento	Momento de aplicación	Dosis de N
1	Control	-
2	A la siembra	112 kg N/ha
3	V4	112 kg N/ha
4	R2/R3	112 kg N/ha



Rendimientos



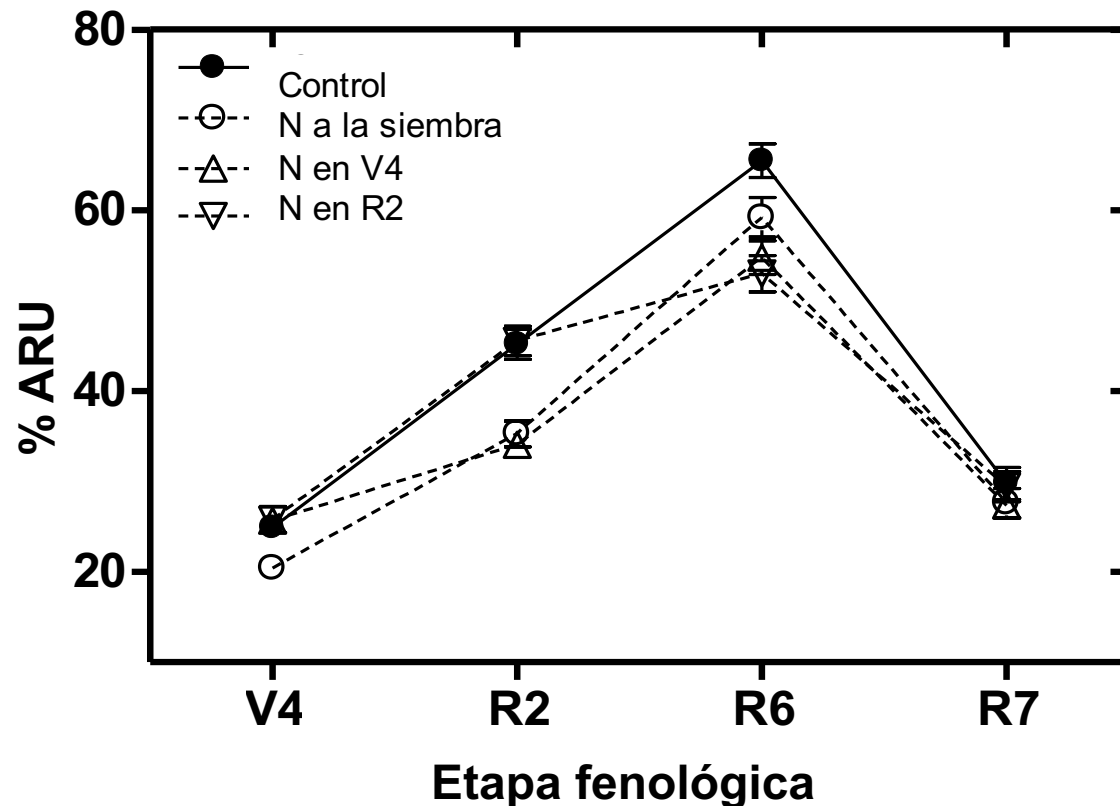
Control
N a la siembra
N en V4
N en R2

**- f(x) de
respuesta en
rinde, + con sitios
con respuesta a
N en R2**

Ureídos (medida de FBN en soja)

Las muestras de tejidos de tallo tomadas en todas las localidades se sometieron al análisis de **Ureídos** como estimación de la FBN a través de la abundancia relativa de ureídos (%ARU).

$$\frac{[\text{Ureídos}]}{[\text{Ureídos}] + [\text{Nitratos}]} \times 100 = \% \text{ Abundancia Relativa de Ureídos (ARU)}$$



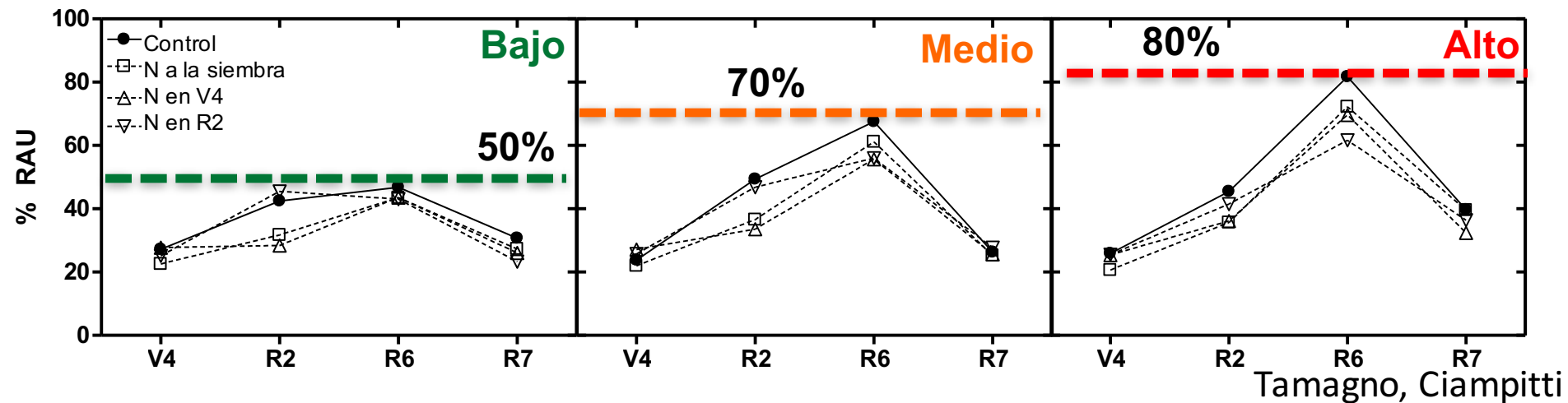
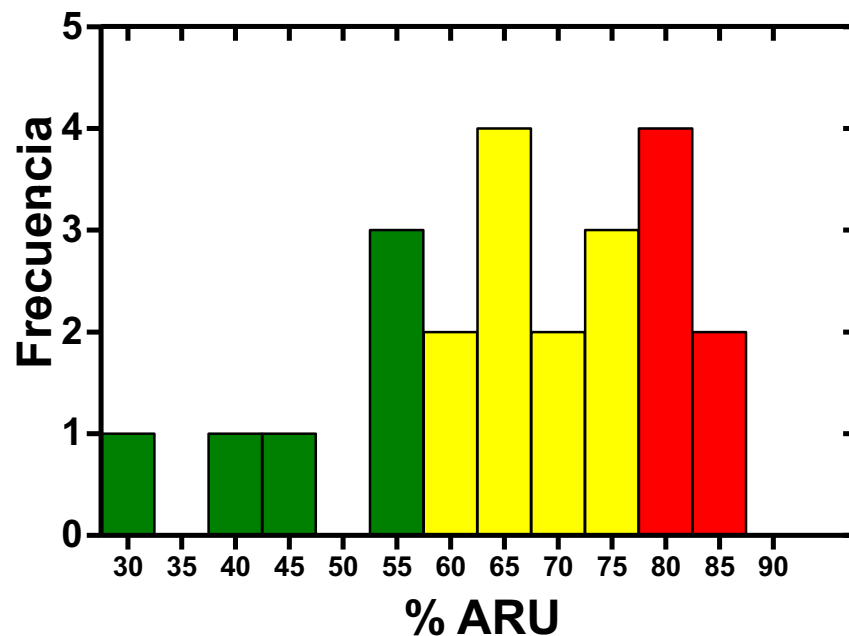
En terminos generales,
la aplicación de N
“temporariamente”
inhibio la FIJACION DE N
– pero la planta se
recupero a niveles
inferiores al MAXIMO.

MAXIMO FBN +60% N

Tamagno, Ciampitti

% ARU: Separación entre grupos

De acuerdo a los valores de %ARU en R6 y usando los cuartiles de 25 y 75%, se dividieron las localidades en tres grupos para identificar respuestas a las aplicaciones de N.



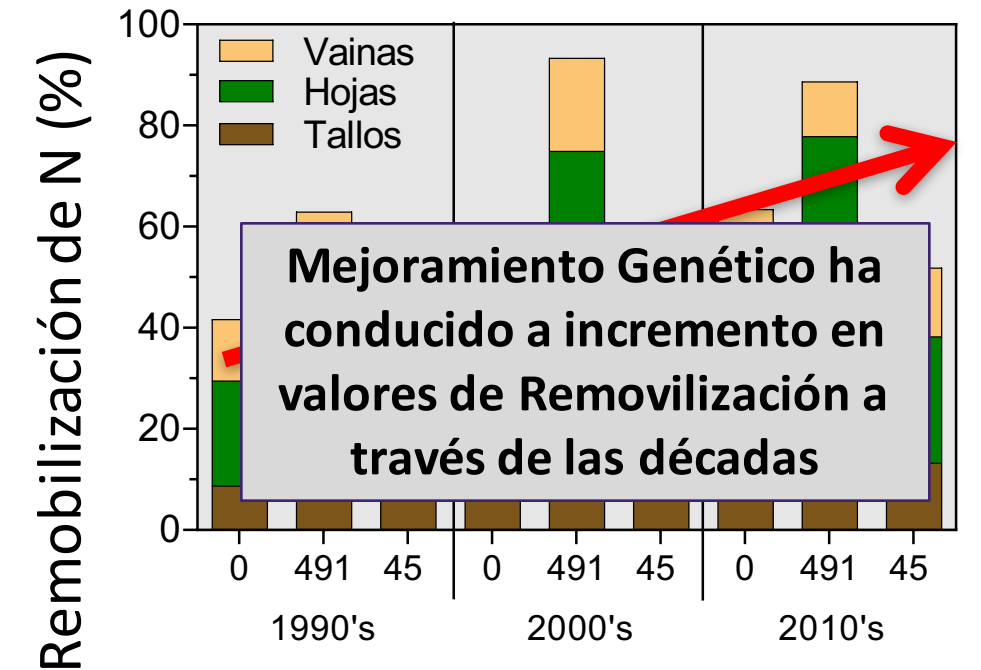
Respuesta a Nitrógeno: SOJA

Resumendo: la búsqueda de este proyecto 'NO' es Recomendar Fertilizaciones de N, sino que entender si N es un factor limitante en la producción de Soja

N₄₉₅ incremento rendimiento en **19%** en Rossville-Kansas y **5%** en Oliveros-ARG comparado a cuando **N₀** fue aplicado

Mayor Rinde respuesta a N en SOJA:

Mayor Duracion del Llenado y Removilizacion de N

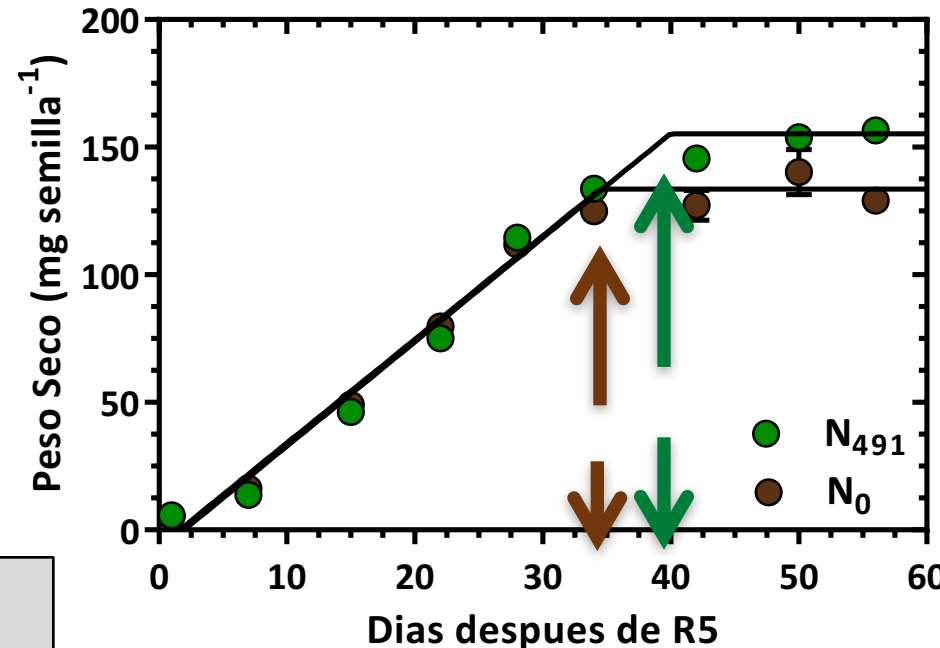


Removilización = N Vegetativo en R5/ N en Semilla en R8



N₄₉₅ aumento cinco días (en general) la duración de llenado de semilla en todos los Genotipos

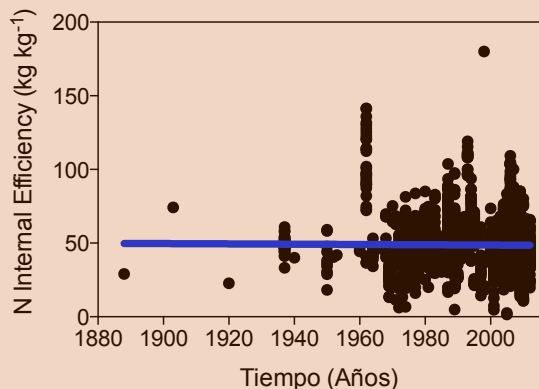
Evolución del Peso Seco de Semilla durante el llenado, comenzando en R5 y hasta Madurez Fisiológica.



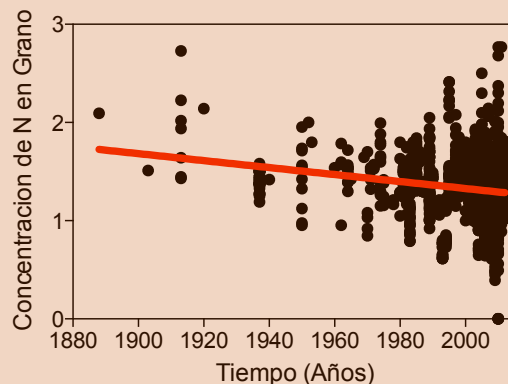
Fuente: Estudiantes PhD S. Tamagno y MSc O. Ortiz

Eficiencia de los Sistemas y Biofortificación

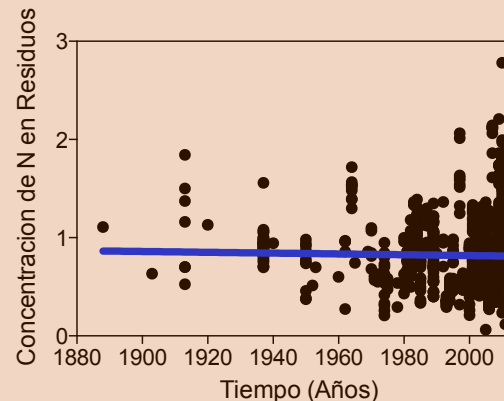
Eficiencia N (Rinde/N)



%N en Grano



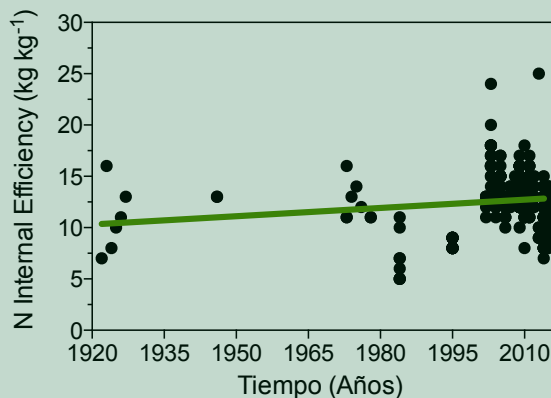
%N en Residuos



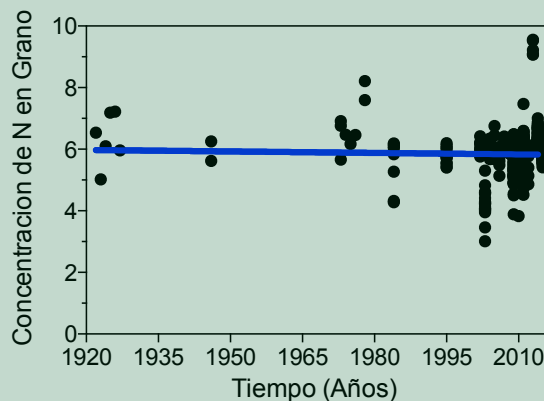
MAIZ

+ Mayores Rindes, = Particion N a grano, - %N en grano

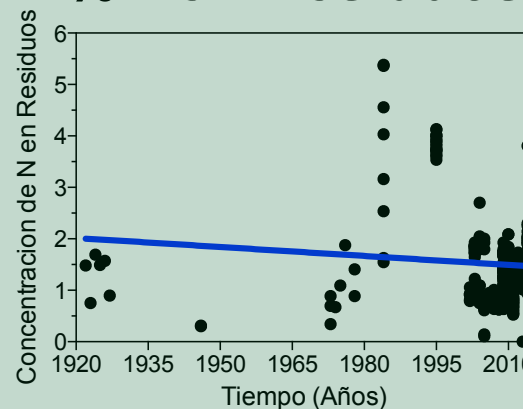
Eficiencia N (Rinde/N)



%N en Grano



%N en Residuos



SOJA

++ Mayores Rindes, + Particion N a grano, = %N en grano

Resumen y principales puntos a futuro

Mantener “altos niveles de rendimiento” requieren uso intensivo de insumos, fertilizacion balanceada.

Disminuir el “efecto de dilucion” de nutrientes en los organos reproductivos – calidad y “biofortificacion”.

Incrementar el rendimiento de sistemas “menos productivos” – nutricion balanceada juega un rol esencial.

Integracion de “Investigacion” y “Extension” es critica para resolver las principales causas asociadas a las brechas de rendimiento y proveer herramientas de manejo de sistemas de produccion para el corto- y largo-plazo.

Financiamiento



**Proyecto Global en Soja
US, ARG, & BRZ**

**Ignacio Ciampitti, ciampitti@ksu.edu
K-State, @KSUCROPS**

Gracias! Preguntas?

KSUCROPS

Crop Production Team

Estudiantes:

Guillermo Balboa, PhD
Santiago Tamagno, PhD
Sebastian Varela, PhD
Damaris Hansel, PhD
Osler Ortezt, MS
Ana Julia Azevedo, MS
Javier Fernandez, MS
Pruthvi Doddha, MS

PhD Intercambio:

Geomar Corassa
Raí Schwalbert
Silas Maciel

Visiting Scholars:

Luiz Moro Rosso
Anelise Lencina
LisandroPozzi
Aluisio Rocchetto
Luciana Nieto

Post-Docs:

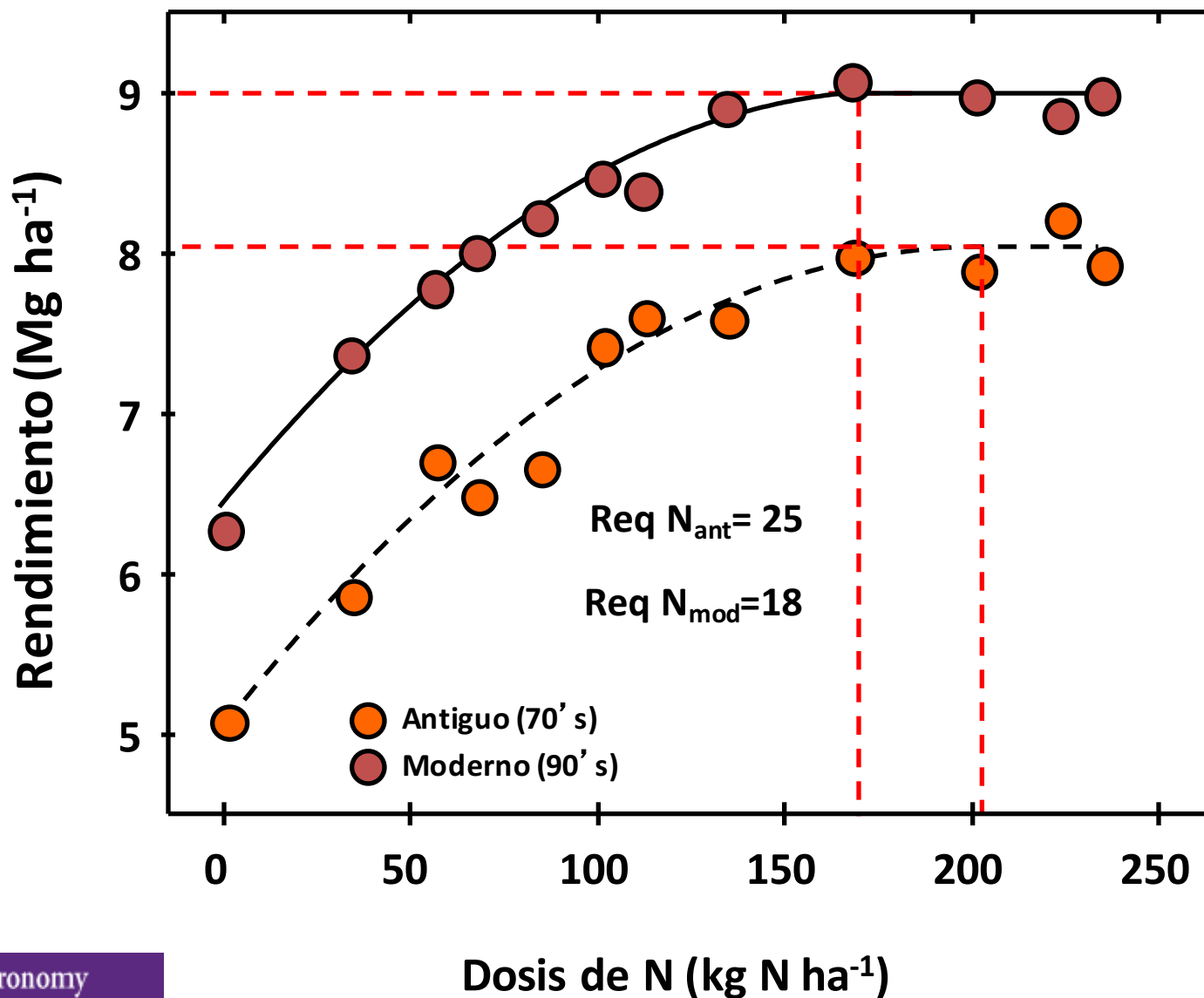
Yared Assefa
Long Nguyen

Tecnicos de Campo:

Dustin Hodgins
Scott Spike



Mejoramiento indirecto en el uso de N



Qué es la Eficiencia de Uso del Nitrógeno, EUN?

- **Dosis óptima para rendimiento.**
- **Recuperación de fertilizante N.**
- **N removido con el grano.**
- **Concentración de N en planta.**
- **Rinde por unidad de N en planta.**

EUN y sus Componentes

$$\text{EUN} = \frac{\text{Rinde}_{+N} - \text{Rinde}_{-N}}{\text{Dosis de N}}$$

$$\text{Absorción} = \frac{\text{N Planta}_{+N} - \text{N Planta}_{-N}}{\text{Dosis de N}}$$

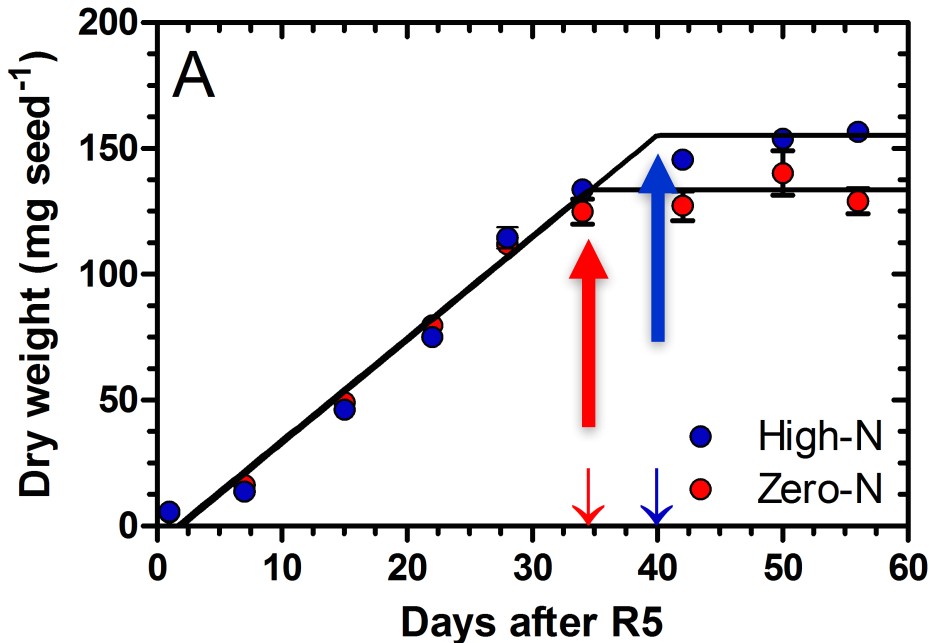
$$\text{Utilización} = \frac{\text{Rinde}_{+N} - \text{Rinde}_{-N}}{\text{N Planta}_{+N} - \text{N Planta}_{-N}}$$

Remoción de micronutrientes en la porción cosechada

Cultivo, rendimiento	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	----- g/ha -----					
Alfalfa, 12 t/ha	600	120	1200	600	24	830
Arroz, 3 t/ha	6	10	141	52	0.3	30
Maíz, 9 t/ha	40	20	100	50	5	170
Soja, 2.4 t/ha	58	34	275	102	11	102
Trigo, 3 t/ha	400	30	-	90	-	40

Fuente: Malavolta et al. (1997) e IFSM-PPI (1995)

Soybean Physiology: Grain Filling



Data source: (Tamagno and Orteiz, 2016)

Seed dry weight
evolution during the
grain filling versus
days after R5 stage

5 days difference = ~10 bu ac⁻¹

Duration days	Final seed weight mg seed ⁻¹	Seed weight loss %	Seed yield bu ac ⁻¹
35	131	-	64
33	123	6	61
30	112	15	55
28	104	20	51
25	93	29	46