

SELECCIÓN POR EFICIENCIA DE USO DE NITRÓGENO (N) Y FÓSFORO (P)

**Seminario Internacional de Trigo
La Estanzuela - 27 al 29 de agosto de 2014**

**Adriana García Lamothe,
Suelos y Nutrición Vegetal
agarcía@inia.org.uy**

ESTRESSES ABIÓTICOS



asociados al clima

Exceso de calor
Frío
Viento



Tolerancia a la sequía
Tolerancia al exceso hídrico
Eficiencia de uso de agua
Eficiencia de uso de N

al agua

Salinidad
pH
Metales pesados
Escasez de nutrientes

al suelo

EL NITRÓGENO

- El nutriente más limitante del rendimiento en cereales
- Principal responsable de la huella de carbono
- Con alta incidencia en el costo de producción
- De impacto negativo sobre el ambiente



EL FÓSFORO

- Escaso en suelos del país obliga a fertilizar
- Minerales del suelos lo fijan y limitan la biodisponibilidad
- Actualmente costoso, en el futuro más
- De impacto negativo sobre el ambiente



En un escenario de intensificación agrícola con base a insumos: ES ESENCIAL EL _USO EFICIENTE de los FERTILIZANTES


Baja Eficiencia

- Menor productividad

Costo de producción

- Menor margen bruto

Polución y degradación

- Deterioro de recursos naturales 

Nitrate Concentration

6 – 7% of wells > guideline



Síndrome de bebé azul

f

Pérdida de MOS



Eutroficación

Greenhouse Effect



Calentamiento Global

¿Qué hacer para mejorar la eficiencia?

- Optimizar el manejo agronómico
- Desarrollar cultivares más eficientes en el uso de Nutrientes



OBJETIVO DE LA PRESENTACIÓN

1. Definir eficiencia y revisar factores que la controlan
2. ¿Ha aumentado con el mejoramiento genético?
3. ¿Es factible incluirla como objetivo en la selección? Si es así ¿se puede acelerar el progreso?



TIPOS DE EFICIENCIA



de recuperación = $\frac{\text{cantidad absorbida}}{\text{cantidad disponible}}$



interna = $\frac{\text{cantidad presente en el grano}}{\text{cantidad absorbida}}$

La variabilidad genética respecto a eficiencia de uso está relacionada, pero no es idéntica, a la adaptación a la agricultura de bajos insumos, o agricultura u orgánica

**EJEMPLO para N
DE EFICIENCIA DE
RECUPERACIÓN:**

N mineral

N mineralizado

N del fertilizante



Denitrificación(10%)

Otras pérdidas de N

N residual

N recuperado / N disponible

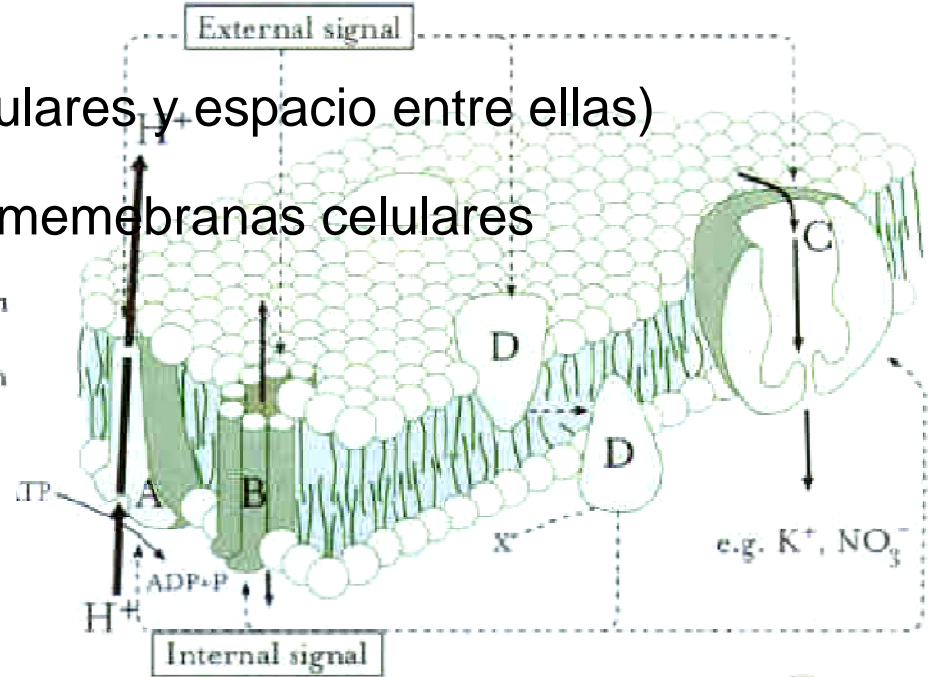
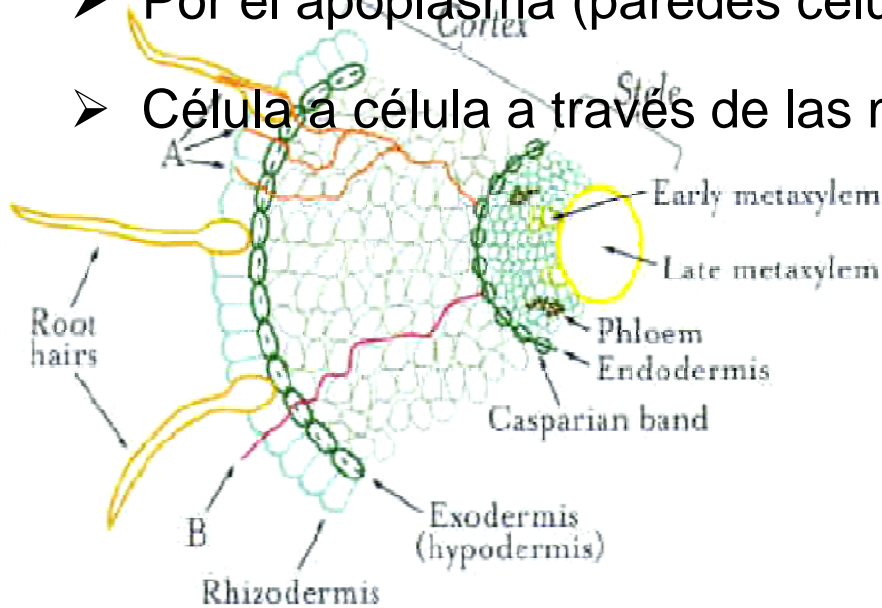
Eficiencia \cong 30-75 %

NITROGENO DISPONIBLE en el SUELO

Las raíz tiene un rol central en la adquisición de nutrientes y agua

Mecanismos:

- Por el apoplasma (paredes celulares y espacio entre ellas)
- Célula a célula a través de las membranas celulares



FACTORES QUE AFECTAN LA ABSORCIÓN

SUELO:

Escasa disponibilidad de agua, nivel de nutrientes, baja temperatura, pH, impedimento al crecimiento (compactación, oxígeno)

PLANTAS:

- **Genotipo**, patrón o morfología de **raíces**,
 - capacidad de establecer relaciones simbióticas,
 - química de la rizósfera,
 - sensibilidad a condiciones adversas.

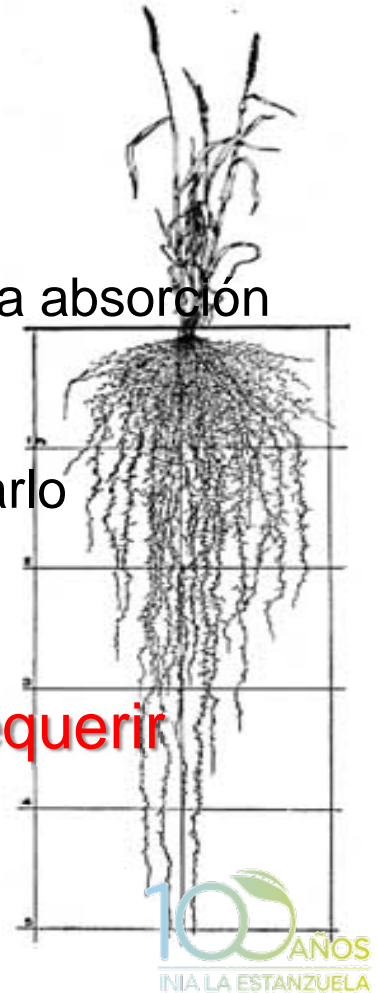
SISTEMA RADICULAR DEL TRIGO

Sin agua no hay absorción:

Captar 10 mm más de agua a floración puede aumentar la absorción de nutrientes y producir 500 kg más de grano

Un pequeño incremento en el largo de la raíz puede lograrlo

En consecuencia mejorar la absorción puede requerir seleccionar por aspectos deseables de la raíz



RAÍCES: características deseables para la adquisición de nutrientes



- Longitud
- Densidad de raíces
- Superficie específica
- Tasa de crecimiento
- Densidad de pelos radicales
- Longitud de pelos, etc

Son difíciles de identificar pues el ambiente influye sobre ellas

EFECTO DE CADA UNA DEPENDE DE LA MOVILIDAD DEL NUTRIENTE Y DEL AMBIENTE EN QUE CRECE LA PLANTA

MUY MÓVIL COMO EL N (FLUJO DE MASA):

- Mejor acceso en situaciones de escasez de agua
- Recuperación del N en profundidad

POCO MÓVIL COMO EL P (DIFUSION):

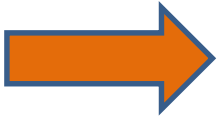
- Mayor adquisición con bajo nivel o baja disponibilidad



TIPOS DE EFICIENCIA



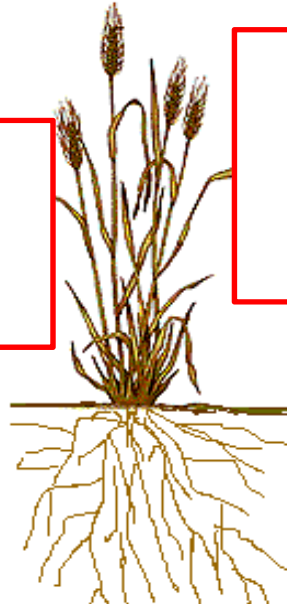
de recuperación = $\frac{\text{cantidad absorbida}}{\text{cantidad disponible}}$



interna = $\frac{\text{cantidad en el grano}}{\text{cantidad absorbida}}$

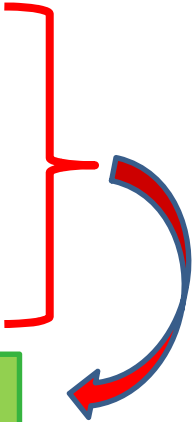
EFICIENCIA INTERNA (EJEMPLO N)

N disponible Total



Pérdidas de N y
N residual

N recuperado
efectivamente
absorbido (Kg/Ha)



$$\text{RENDIMIENTO (kg/ha)} \times \% \text{ N en grano} = \text{Kg de N en el grano}$$

$$\text{EFICIENCIA INTERNA} \\ \text{kg de N en granos} / \text{Kg N absorbido}$$

¿Ha aumentado con el mejoramiento genético la eficiencia de uso del N y P?

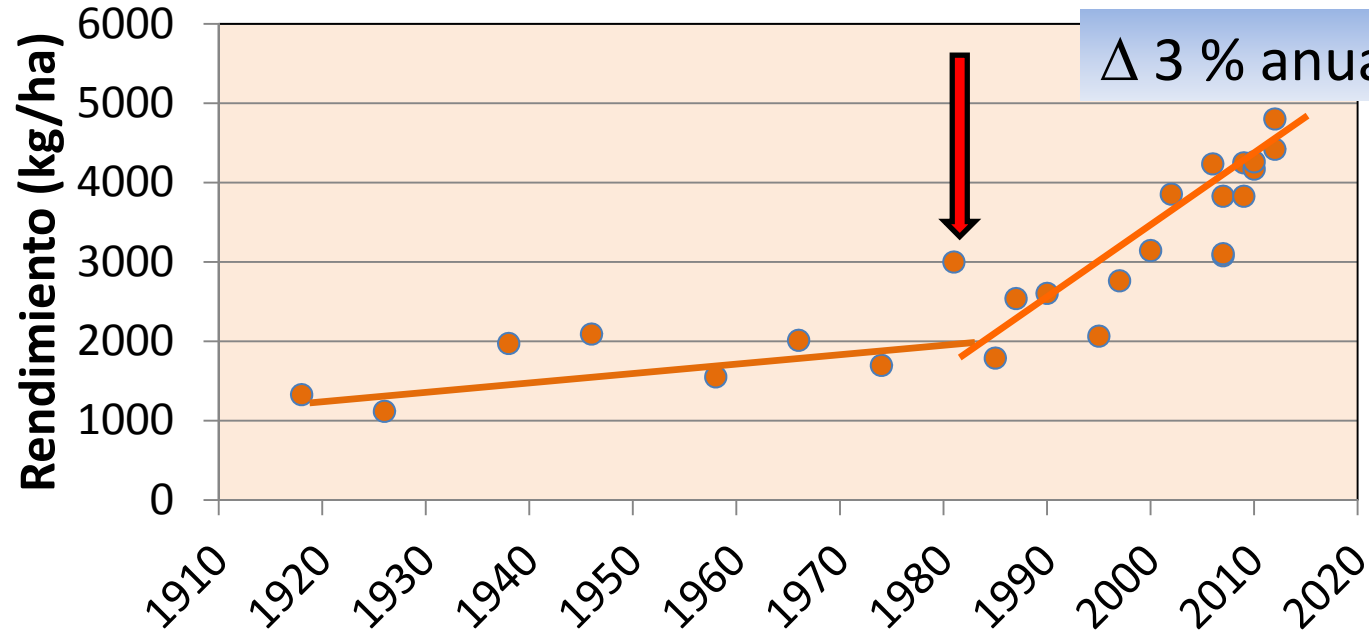
ASPECTOS QUE TIENE EN CUENTA LA SELECCIÓN

- Alto Rendimiento
 - Estabilidad de rendimiento
- Resistencia a enfermedades
- Calidad panadera (importante para N)



RENDIMIENTO

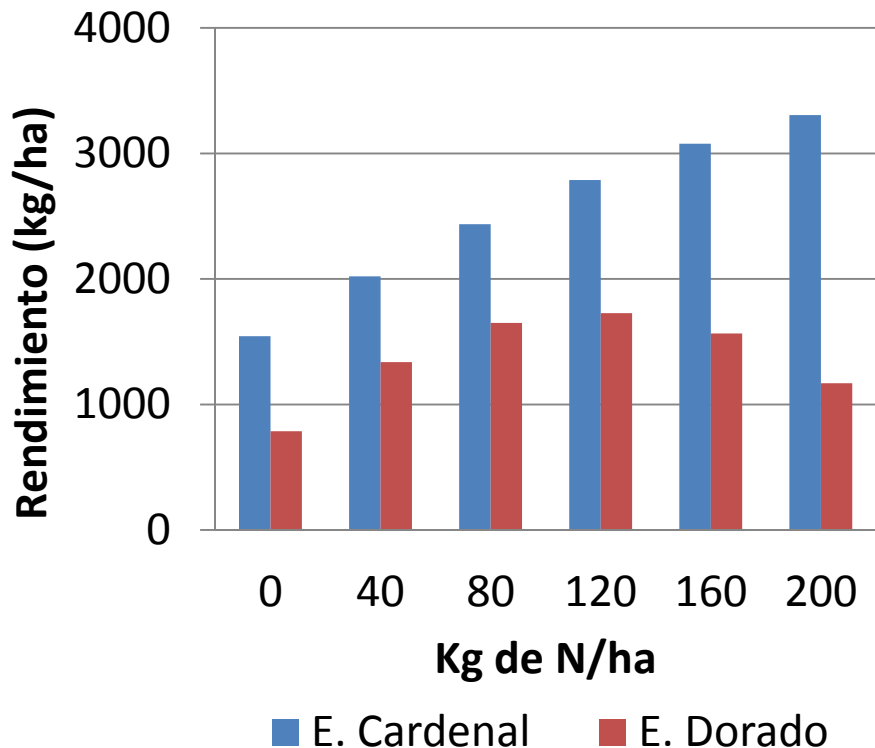
Progreso genético (Históricos 2012) para el Rendimiento



(Fuente: A, y M. Quincke, 2013.)

PROGRESO GENÉTICO Y RESPUESTA A N

Respuesta a N (1985):

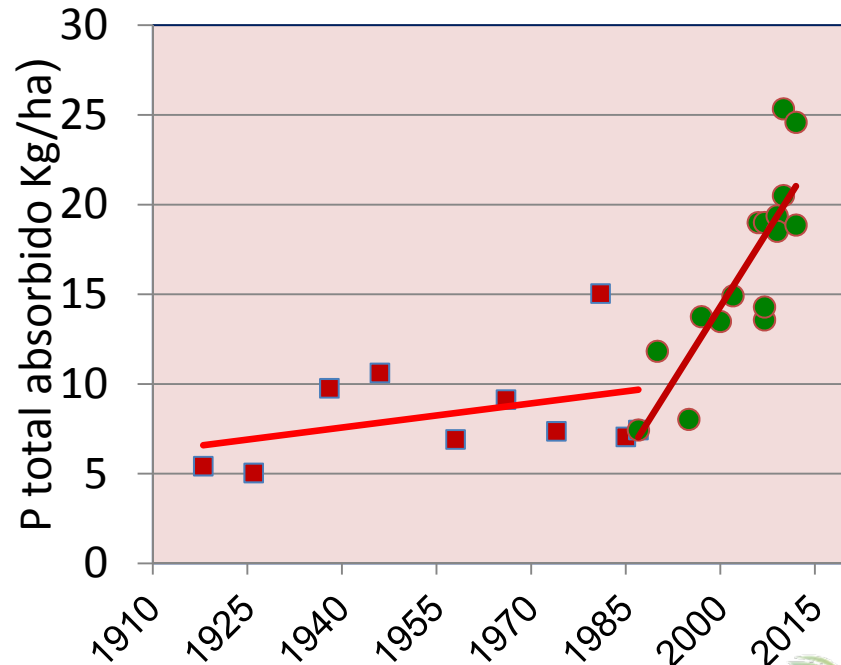
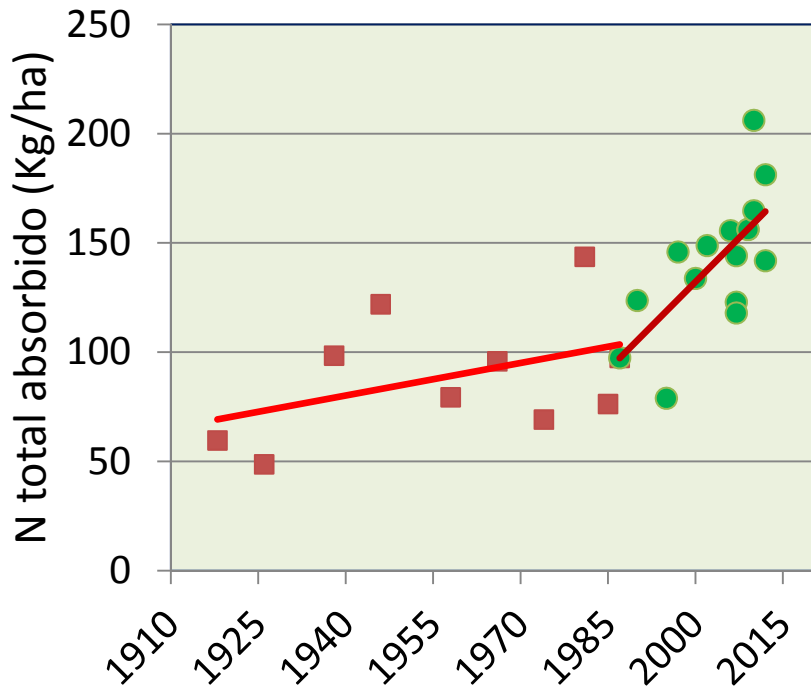


Efecto sobre del N altura y vuelco

	E. Cardenal		E. Dorado	
N kg/ha	Altura (cm)	Vuelco (0 a 4)	Altura (cm)	Vuelco (0 a 4)
0	72	0	86	0
40	84	0	122	0
80	86	0	129	2
120	90	0	115	3

(Fuente: Martino y García Lamothe, 1986)

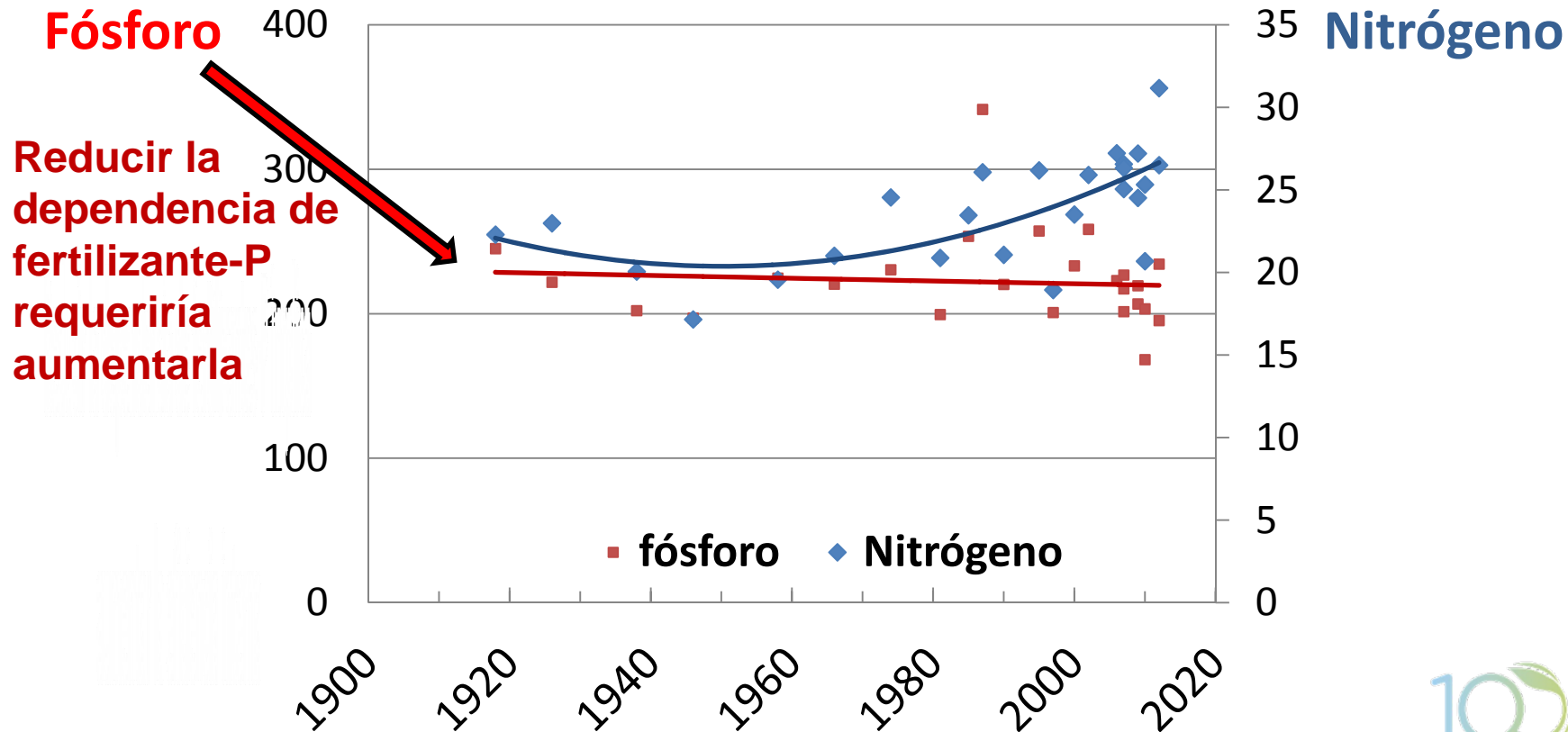
La absorción de N y P acompañó al progreso en Potencial de Rendimiento del Trigo



(Fuente: A y M. Quincke, 2013)

Progreso genético y EFICIENCIA INTERNA:

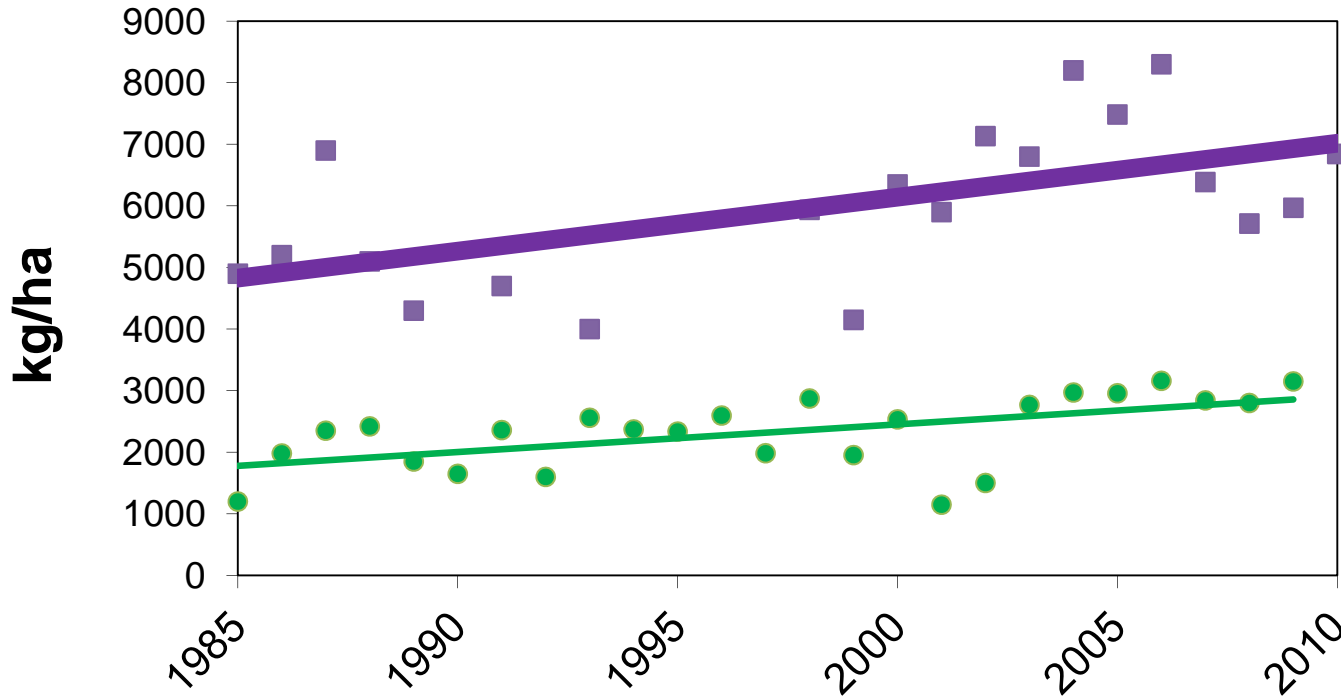
Kg de Grano obtenidos por kg de nutriente absorbido



(Fuente: Quincke, M. y A., 2013)

Rendimiento: Media Nacional y Potenciales

Con tecnología para alto rendimiento:
Recuperación hasta + 80%; Interna hasta 70 %



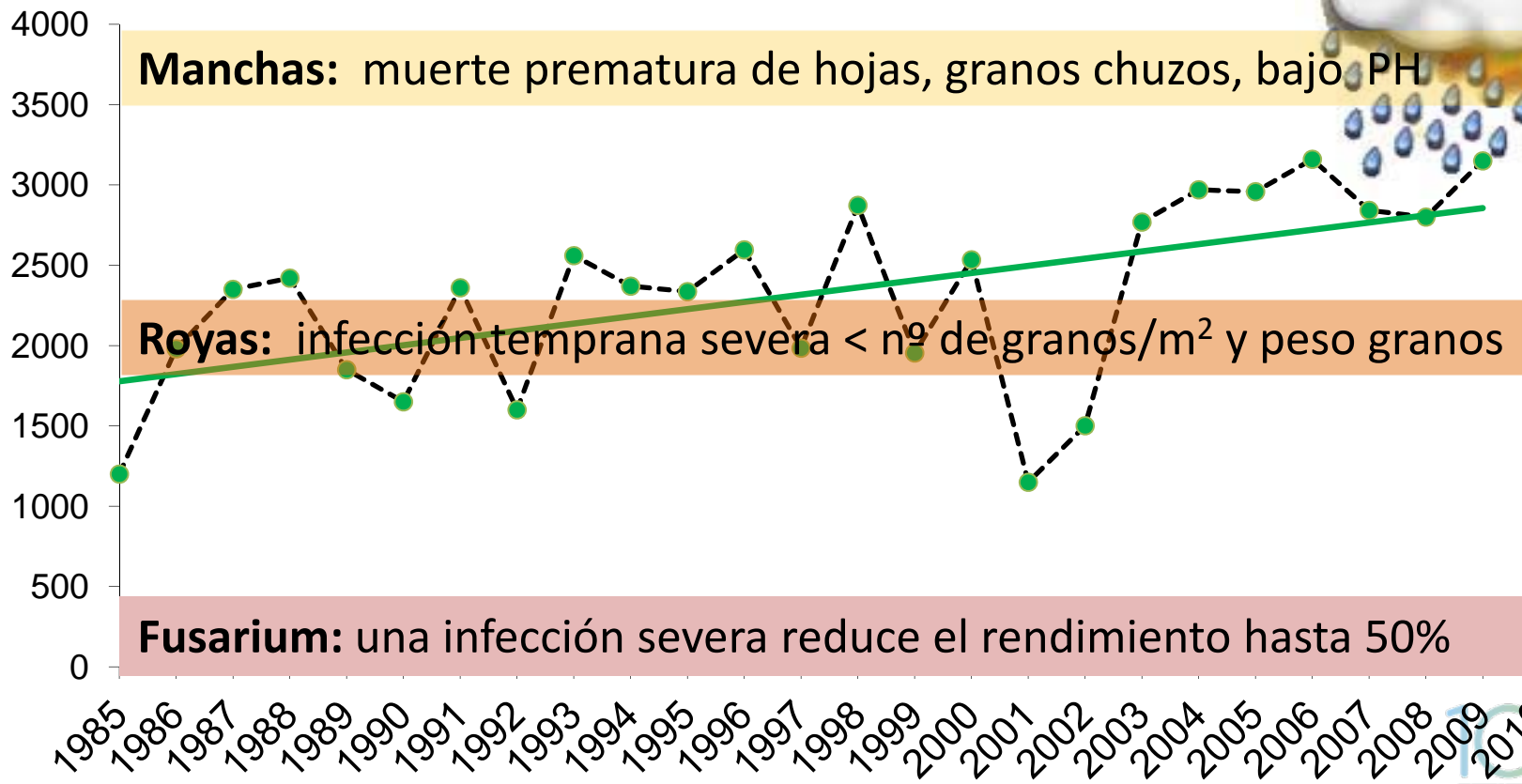
(Fuente: García Lamothe, 2010)

EFFECTOS DEL MEJORAMIENTO:

- **Mayor potencial de rendimiento**
 - > absorción \Rightarrow > **eficiencia de recuperación de N y P**
 - > **eficiencia interna de N, pero no de P**

RESISTENCIA A ENFERMEDADES

Enfermedades y Productividad del Trigo (media nacional kg/ha)

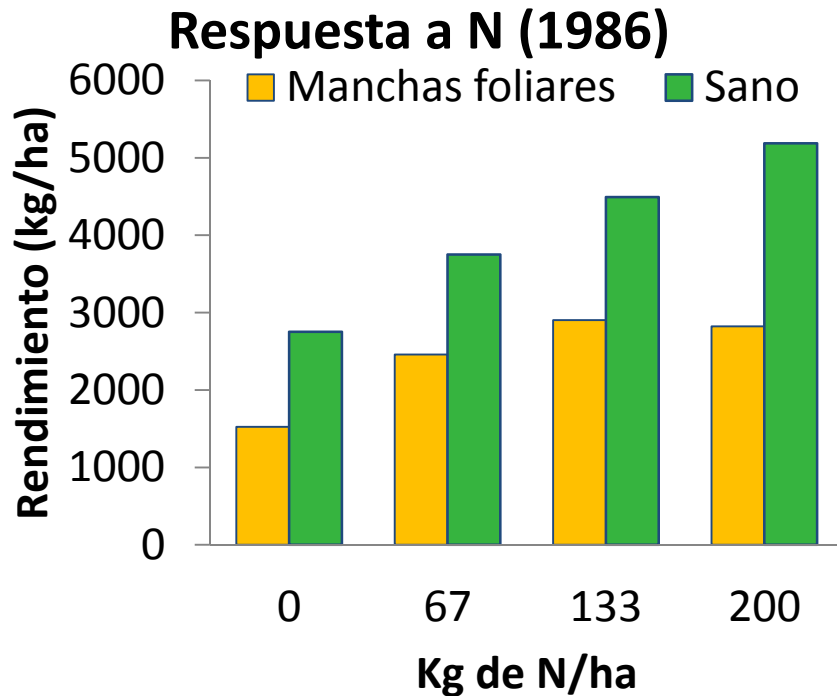


Manchas: muerte prematura de hojas, granos chuzos, bajo PH

Royas: infección temprana severa < n° de granos/m² y peso granos

Fusarium: una infección severa reduce el rendimiento hasta 50%

Resistencia a enfermedades y Eficiencia de Recuperación de N



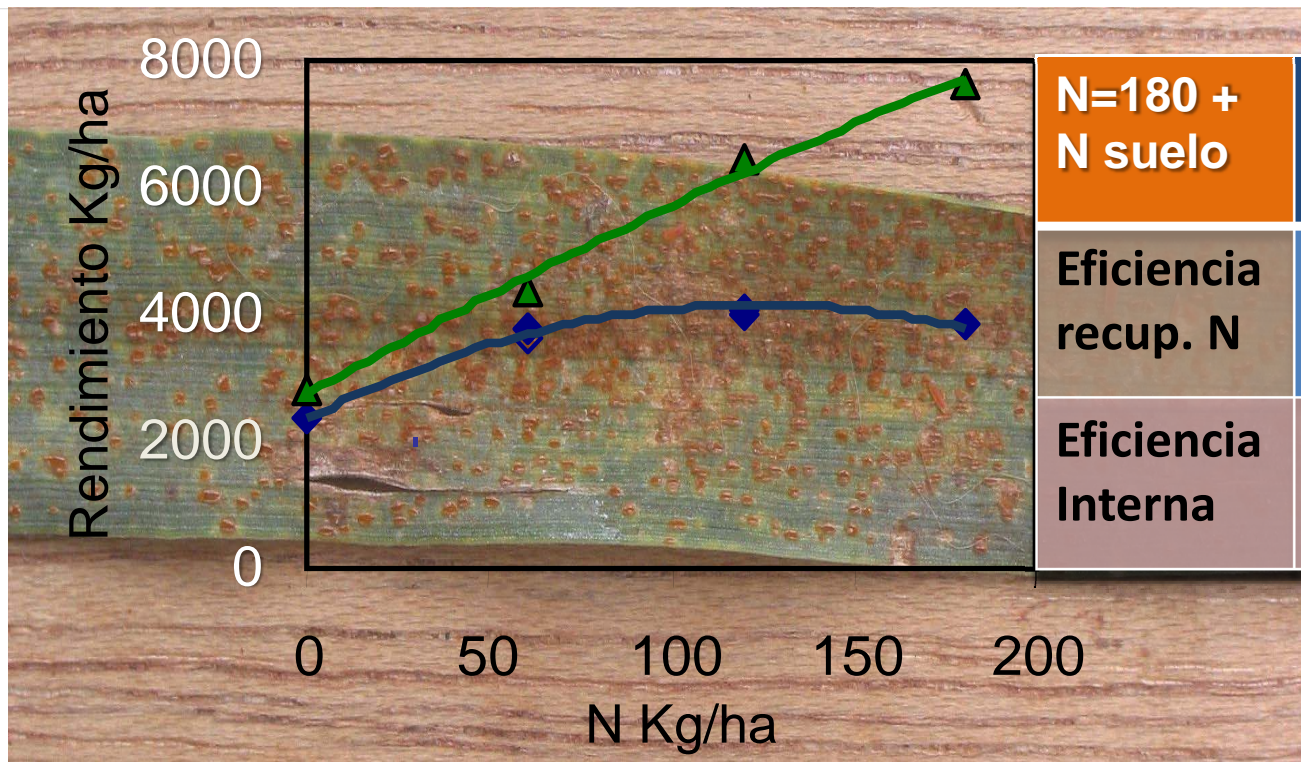
Recuperación de N

N=133 + N del suelo	Con manchas	Sano
N absorbido/disponible	40%	60%



(Fuente: Garcia Lamothe, 1987)

Incidencia de enfermedades (año 2004) y EUN



◆ Con roya de hoja

▲ Sin roya de hoja

N=180 + N suelo	Roya	Sano
Eficiencia recup. N	31%	64%
Eficiencia Interna	33%	71%



(Fuente: Garcia Lamothe, 2005)

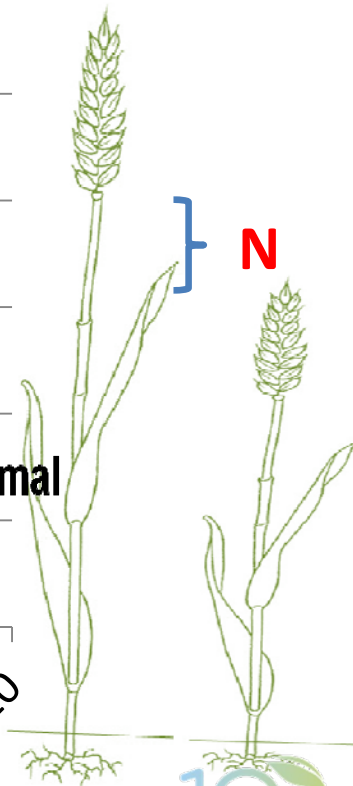
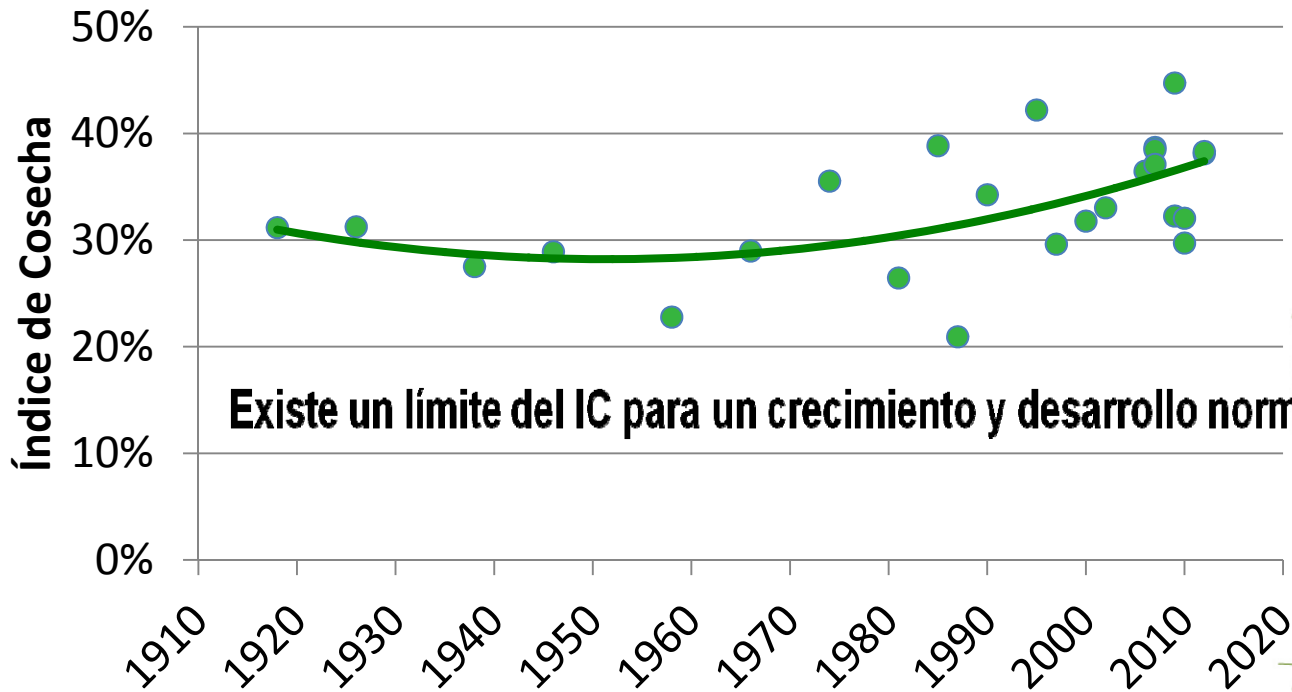
A destacar...

- La resistencia a patógenos ha demostrado ser clave para mejorar la eficiencia de uso de nutrientes
- Más allá del desarrollo del control químico, el objetivo “**resistencia a enfermedades**” ha tenido y tiene enorme potencial para seleccionar por eficiencia

CALIDAD DEL GRANO (% DE PROTEÍNA)



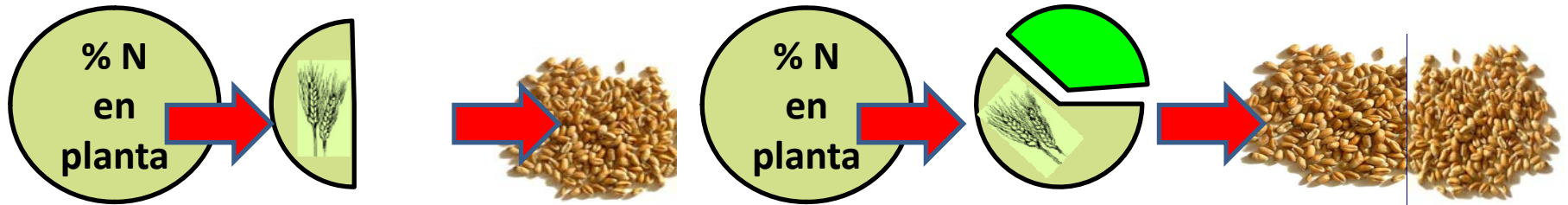
EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE COSECHA (Biomasa grano/BIOMASA TOTAL)



(Fuente: Quincke, M. y A. 2013)

EL MEJORAMIENTO HA AUMENTADO LA EFICIENCIA INTERNA DE N

- Más N es removilizado para formar grano: ¿y la proteína del grano?



>Eficiencia Interna

Mantener rendimiento y calidad requiere > **absorción de N post-floración**

- Controlada por el ambiente (agua y N) y **genéticamente**

El mejoramiento

- Aumentó el IC (fosa)

Haber mantenido la calidad (% proteína) con mayor rendimiento, requiere mayor asimilación tardía de N

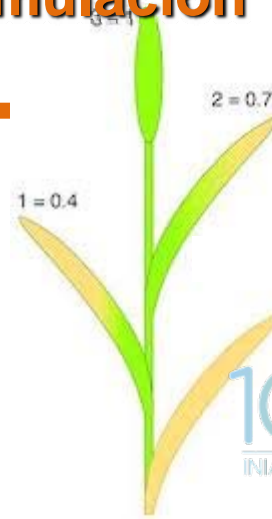


Caída en la acumulación de almidón

>removilización de N asimilado

> asimilación tardía de N

+

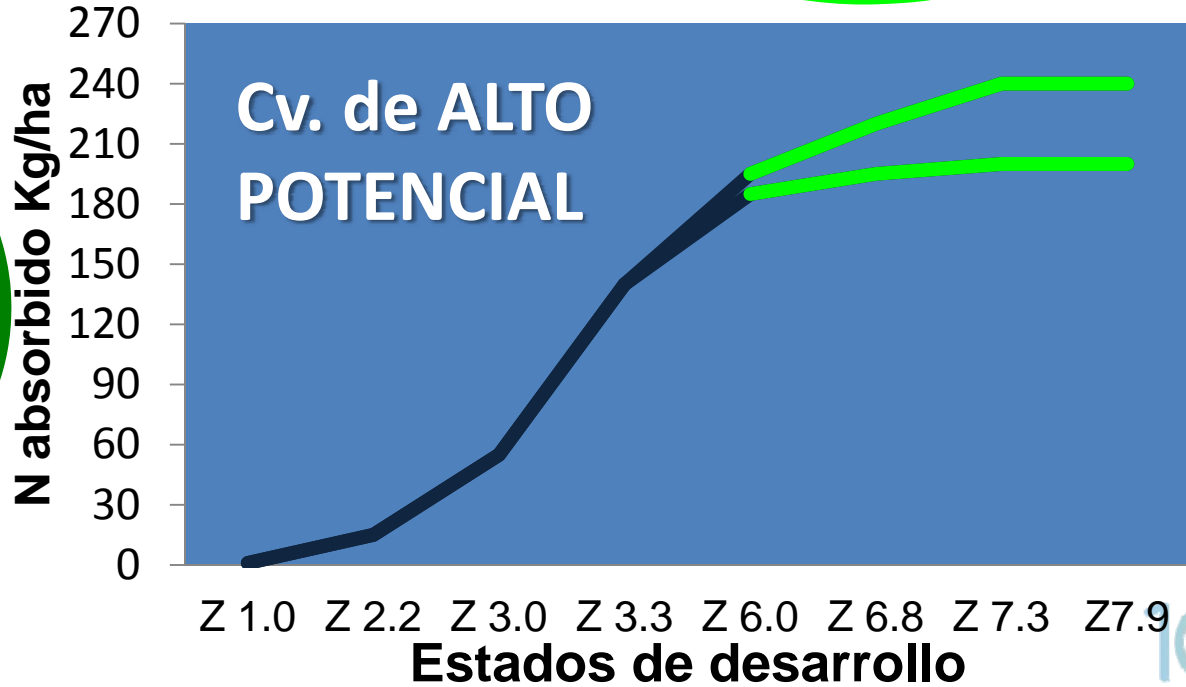




**% N
del grano**

**asimilación
tardía de N
(40 a 20 %)**

**removilización
de N asimilado
(2012: 60-66 %)
(2013: 73-80 %)**



En resumen

- Desarrollar cultivares de alto rendimiento y buena sanidad contribuyó a mejorar la eficiencia de recuperación de los nutrientes en general ,
- y seleccionar por rendimiento y calidad panadera mejoró la eficiencia interna de N

**¿ES FACTIBLE INTRODUCIR EFICIENCIA
COMO CRITERIO PARA LA SELECCIÓN?**

**¿CÓMO ACELERAR EL PROGRESO
GENÉTICO ?**

Estrategia

Mejoramiento genético de sistemas radiculares

A favor:

Existe variabilidad genética como para desarrollar líneas superiores en adquisición de N y P.

En contra:

El fenotipeado para características de las raíces es laborioso. Es difícil seleccionar con base a sistemas radiculares, hay diversos factores ambientales interfieren. -
- *¿Parámetros indirecto? Ej. Duración del área foliar*

Caso del N – otros tantos parámetros fisiológicos pueden usarse en la selección por EUN

Herramienta para diferenciar genotipos por estado fisiológico: Reflectancia espectral del canopeo (CRS en inglés) guarda estrecha relación con:

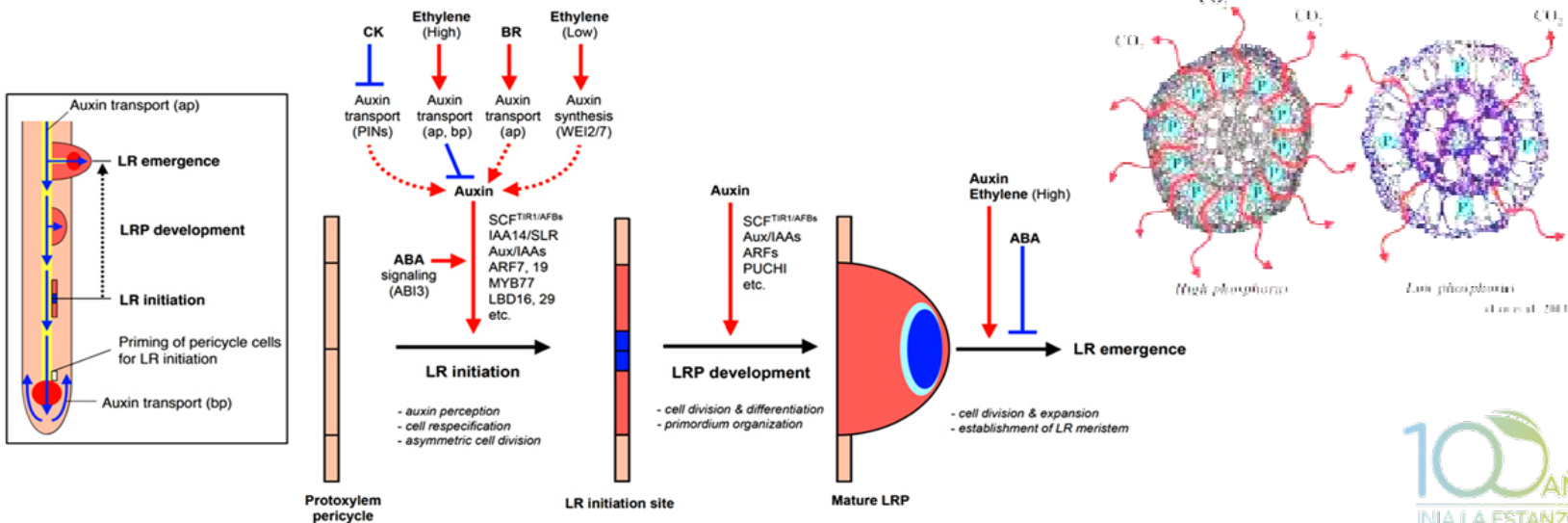
- la biomasa producida (asociada al rendimiento)
- el N asimilado (asociada a la EUN) y
- el estatus de agua en la planta (asociado a la tolerancia a la sequía).

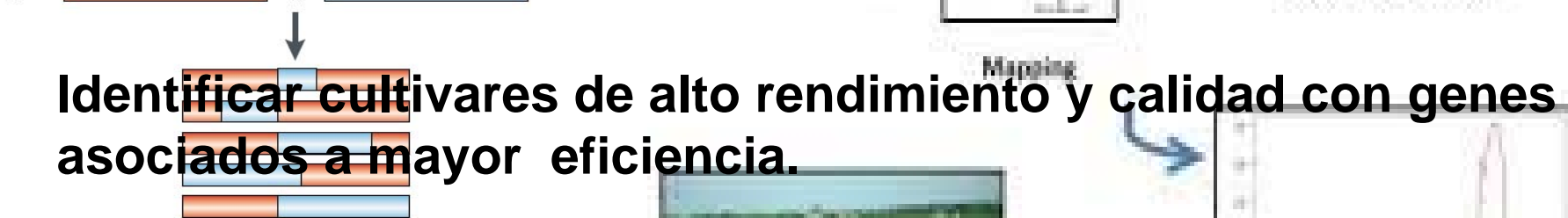
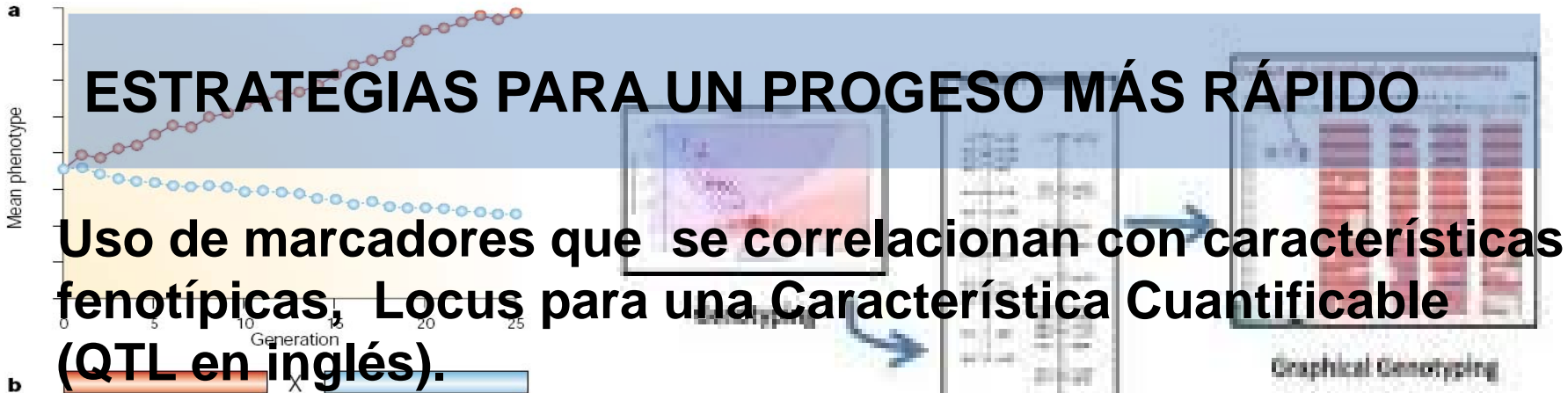
Y combinarla con datos de rendimiento y proteína del grano

CASO DEL P- ¿A qué nivel trabajar?

Reducir la dependencia de fertilizantes-P implica aumentar la eficiencia interna. No se ha logrado.

- Reducir costo metabólico: desarrollo de biomasa superficial -, ej. raíces adventicias, pelos radiculares. Formación de aerénquima, asociaciones simbióticas, etc





A FUTURO

Combinar nuevas técnicas de fenotipado y modelos para comprender y optimizar los sistemas radiculares

Detectar QTL para aspectos deseables de raíces (EUN)

Incorporar a los modelos distintos fenotipos de raíces, modelos de crecimiento , y correrlos en diferentes escenarios climáticos

Ingeniería Genética???A más Largo plazo.



Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria
U R U G U A Y