



CYTED
Red 110RT0394



Mejorar la eficiencia en el uso de insumos y el ajuste fenológico en cultivos de trigo y cebada (METRICE)

Bases fisiológicas y genéticas de la generación del rendimiento y la calidad en trigo pan y cebada cervecera. Implicancias para el manejo agronómico y el mejoramiento genético

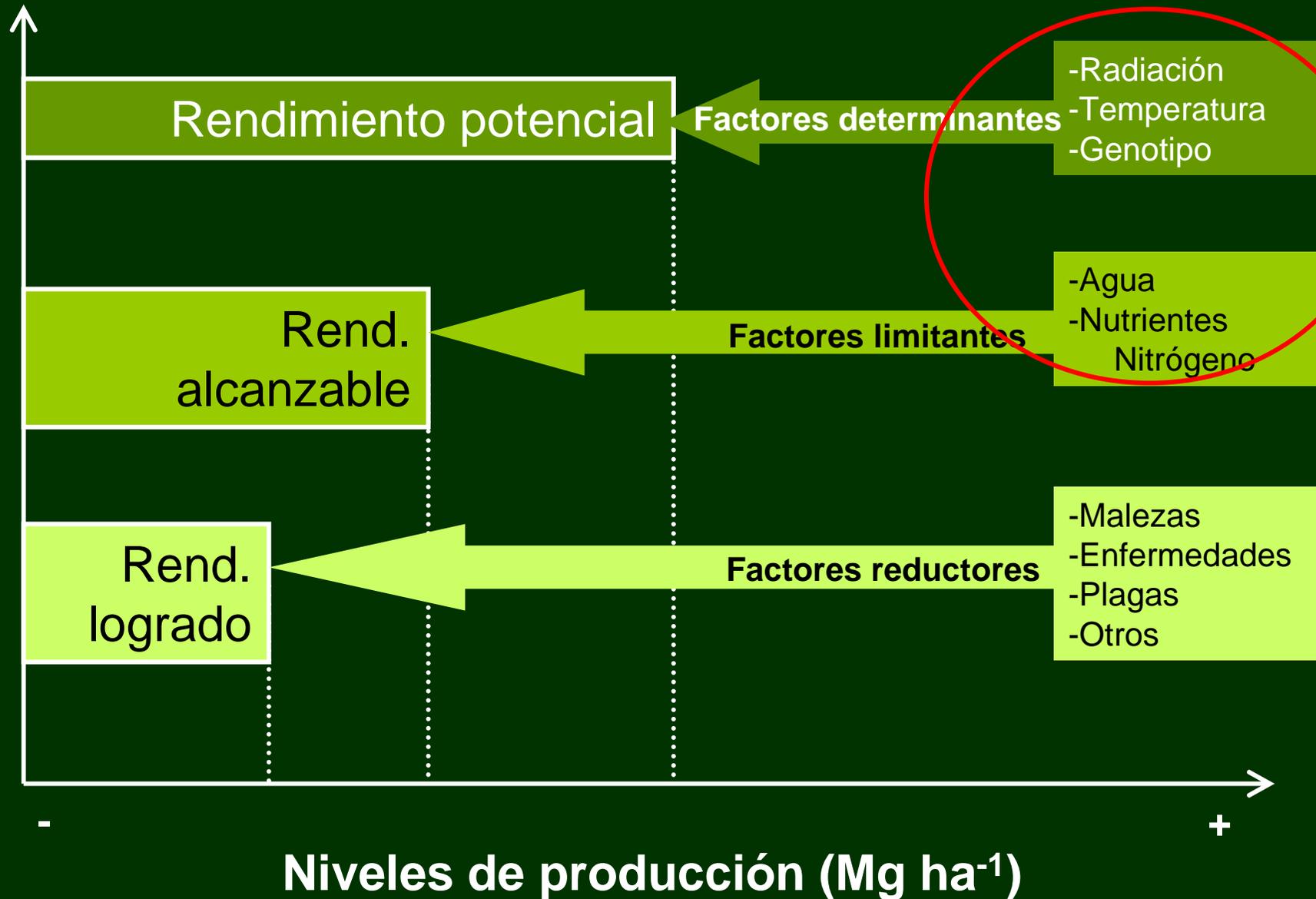
***Determinantes del rendimiento alcanzable:
disponibilidad de agua y
nutrientes y eficiencia de uso de los mismos.
Impacto del mejoramiento genético
en la EUN***

*Gabriela Abeledo
Cátedra de Cerealicultura FAUBA*

**Pergamino
02-03 sept 2010**

MARCO TEORICO

Factores que definen el rendimiento



Adaptado de Rabbinge (1993)

HOJA DE RUTA

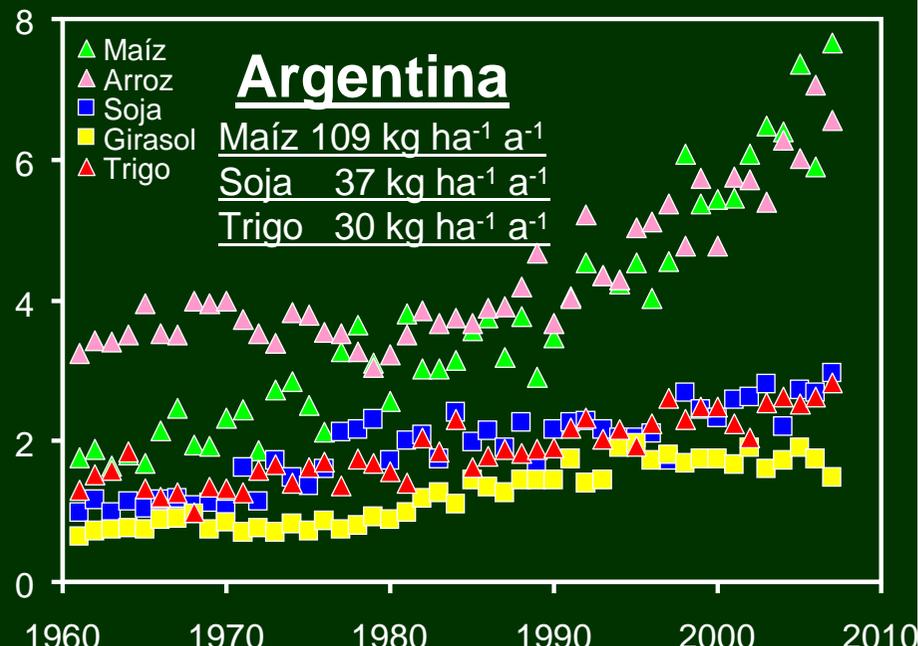
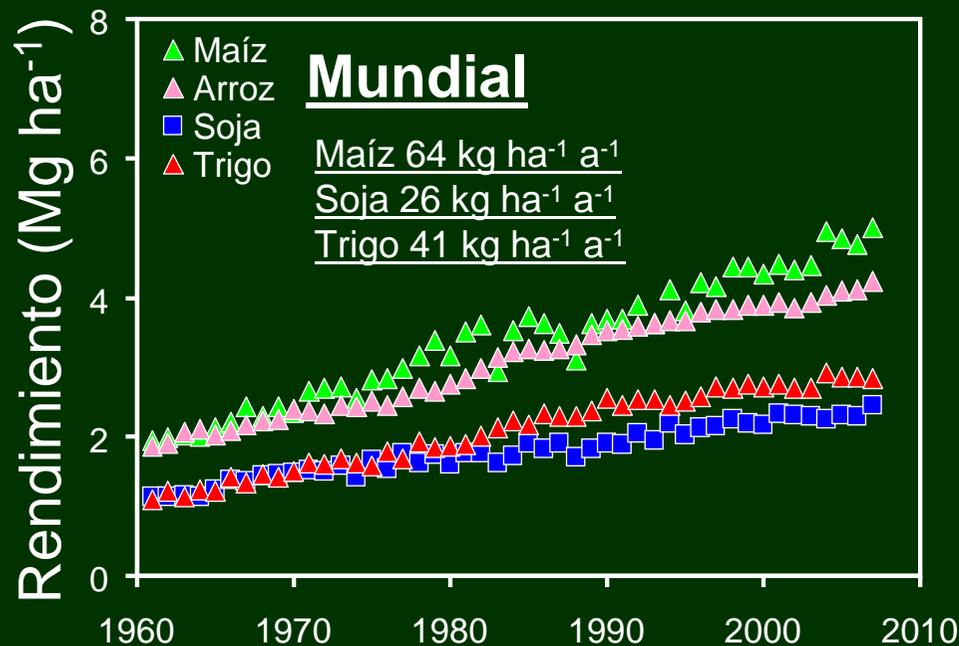
(I). ¿Cuánto ha aumentado el rendimiento en trigo o cebada?

(II). Impacto del mejoramiento genético sobre la economía del N del cultivo

(III) El cultivo es un sistema complejo

(IV). Efecto del cultivar sobre la respuesta del rendimiento a la interacción agua x N

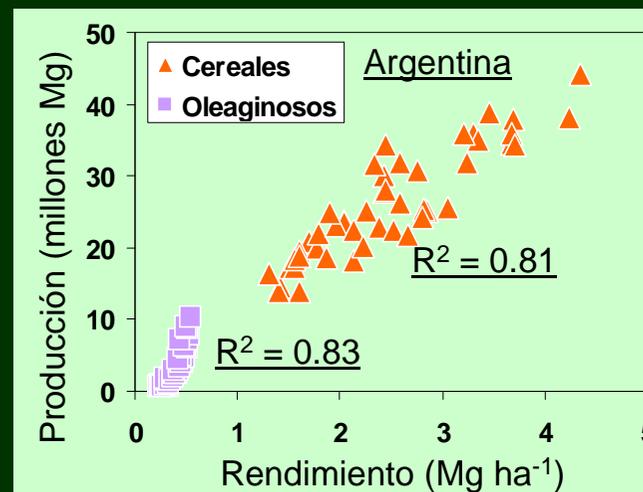
(I). ¿Cuánto ha aumentado el rendimiento en trigo o cebada?



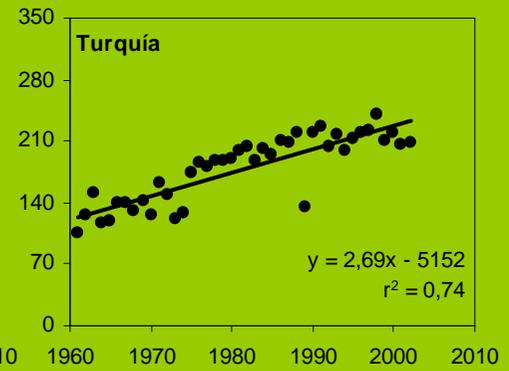
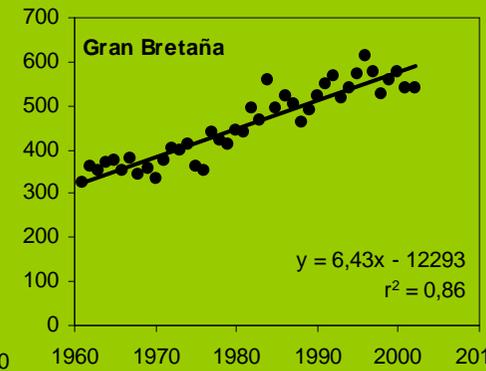
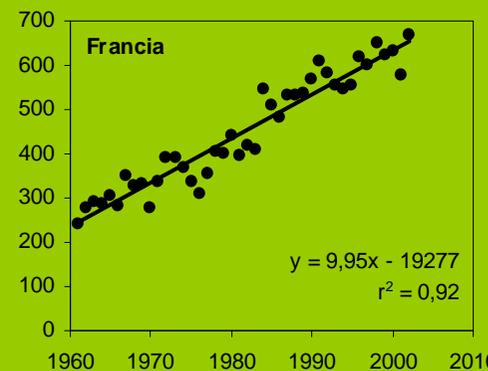
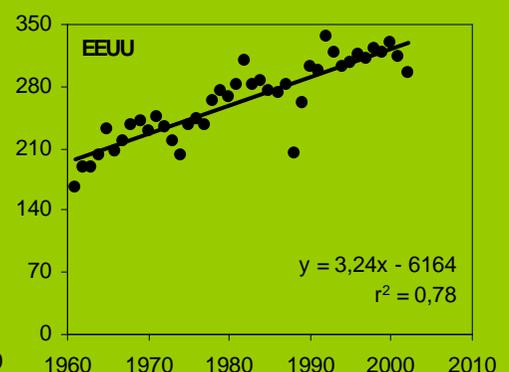
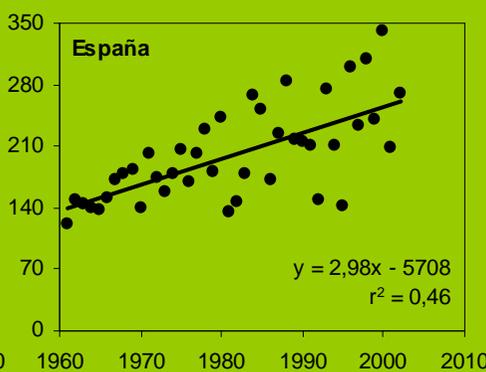
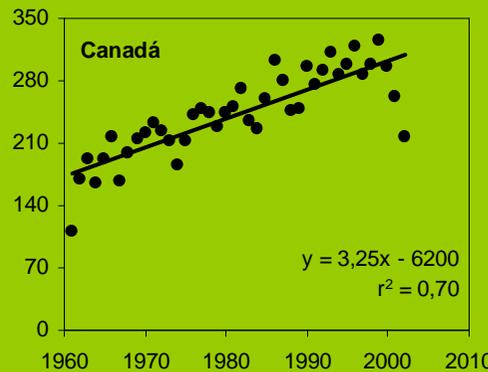
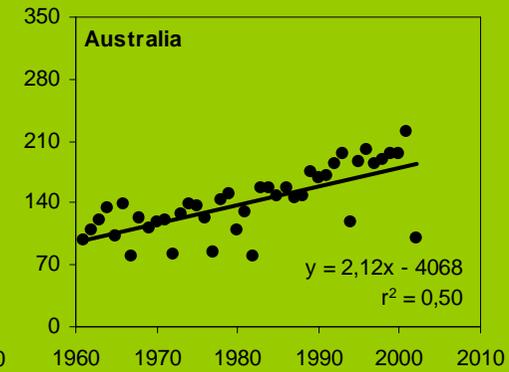
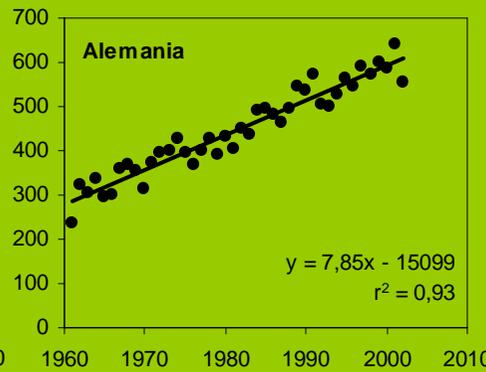
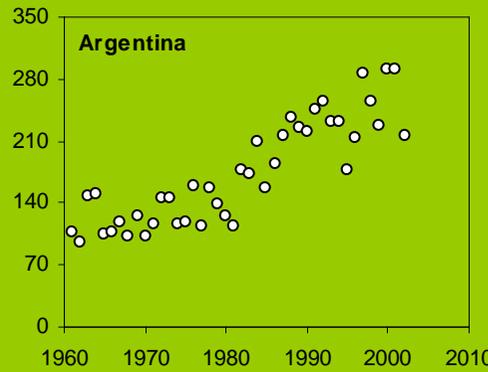
Año

Se evidencian tanto a nivel mundial como local aumentos en el rendimiento de los principales cultivos de granos

Base de datos FAO (2009)

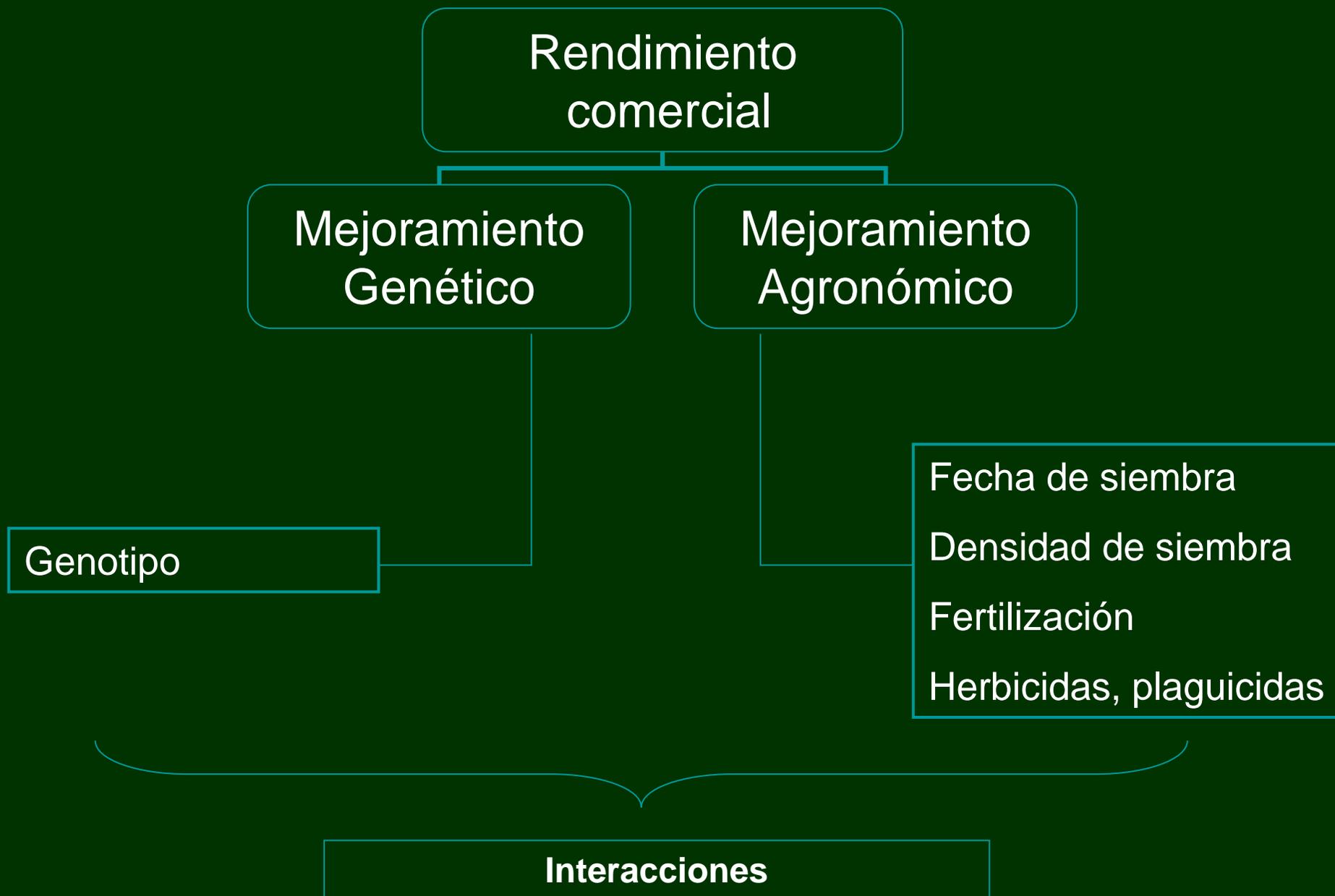


Rendimiento (g m⁻²)



Año

¿QUÉ FACTORES CONTRIBUYEN A CONSTRUIR EL RENDIMIENTO?



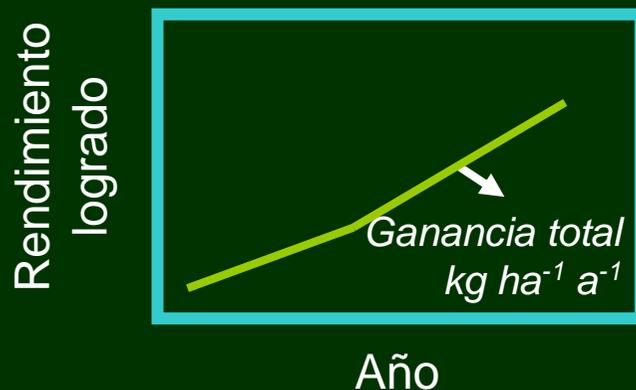
¿Qué rol jugaron el mejoramiento genético y el manejo sobre el rendimiento?

Formas de medir el efecto del mejoramiento genético sobre el avance del rendimiento



Estimación de la ganancia genética para rendimiento

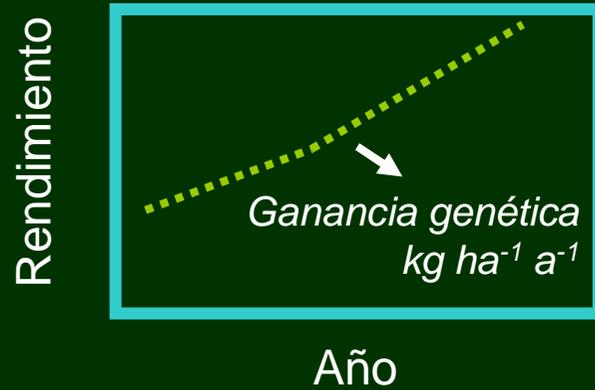
1) Analizar la tendencia en productividad



- Fuente de información: base de datos
- Estimación de la ganancia total, pero sin discriminar entre el aporte de la tecnología y el aporte del mejoramiento
- Permite identificar períodos de interés a ser estudiados (quiebres de pendientes)

→ Analizar la tendencia en ECR (comparación contra un cultivar testigo)

2) Experimentos comparando series históricas de cultivares



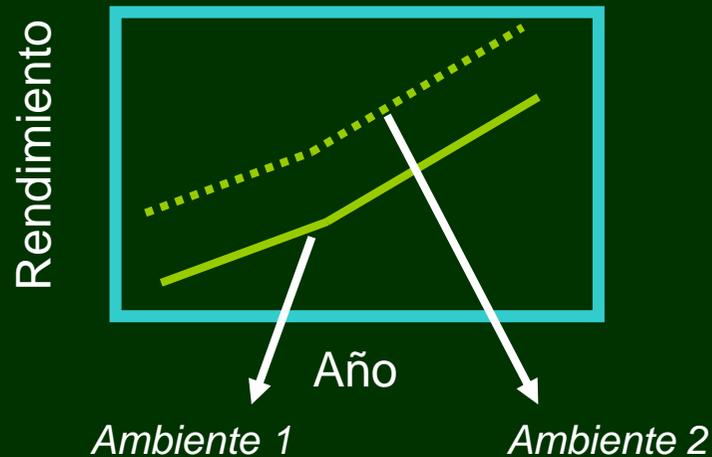
- Fuente de información: experimentación *ad hoc*

qué cultivar?

qué ambiente? → ganancia genética relativa

- Estimación de la ganancia genética

3) Uso de modelos de simulación

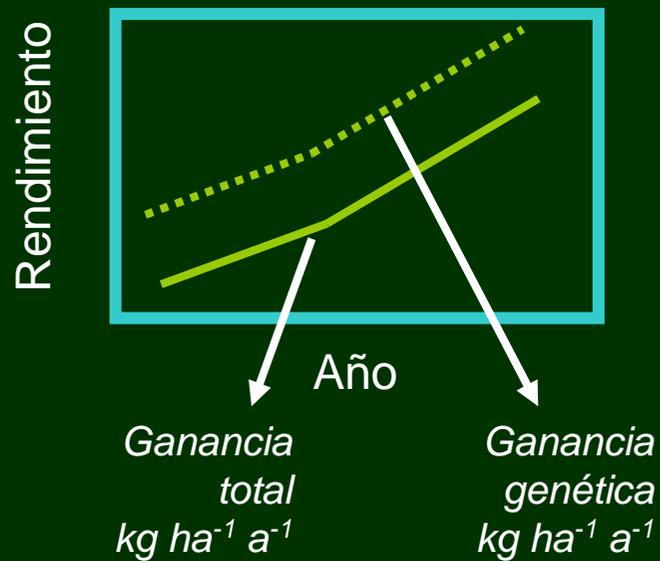


- Fuente de información: simulaciones utilizando MSA

- Estimación de la ganancia genética

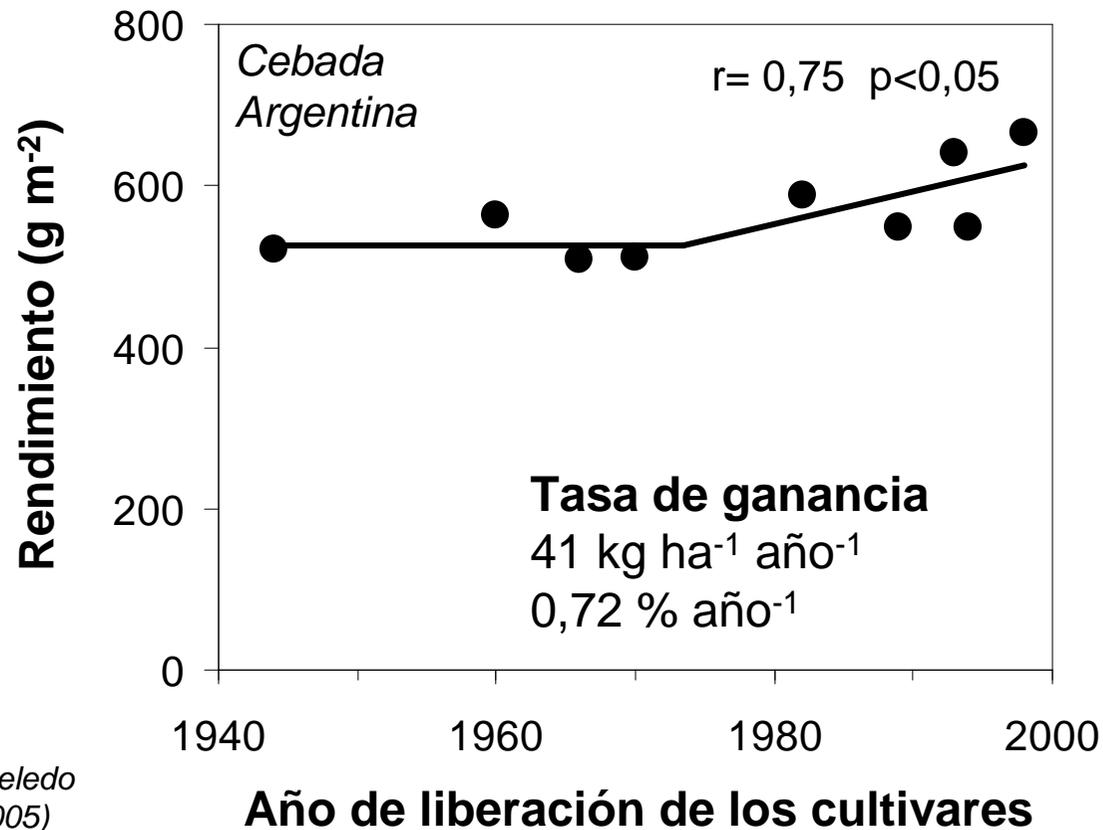
- Estimación del impacto de la brecha entre rendimientos alcanzables y potenciales

4) Combinación de la estimación de la ganancia total y de la ganancia genética

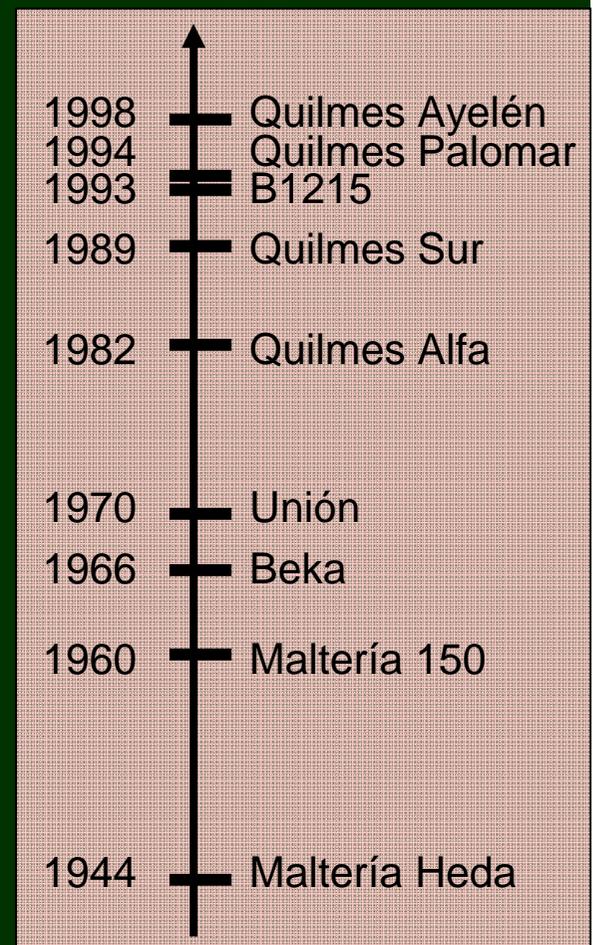


- Estimación de la proporción de ganancia total correspondiente a la ganancia genética

Efecto del mejoramiento genético sobre el rendimiento potencial de cebada: caso tipo



Abeledo
(2005)

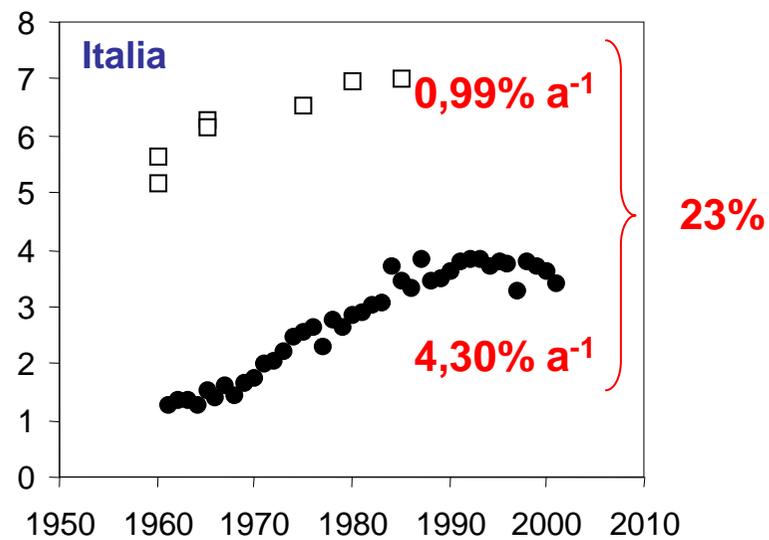
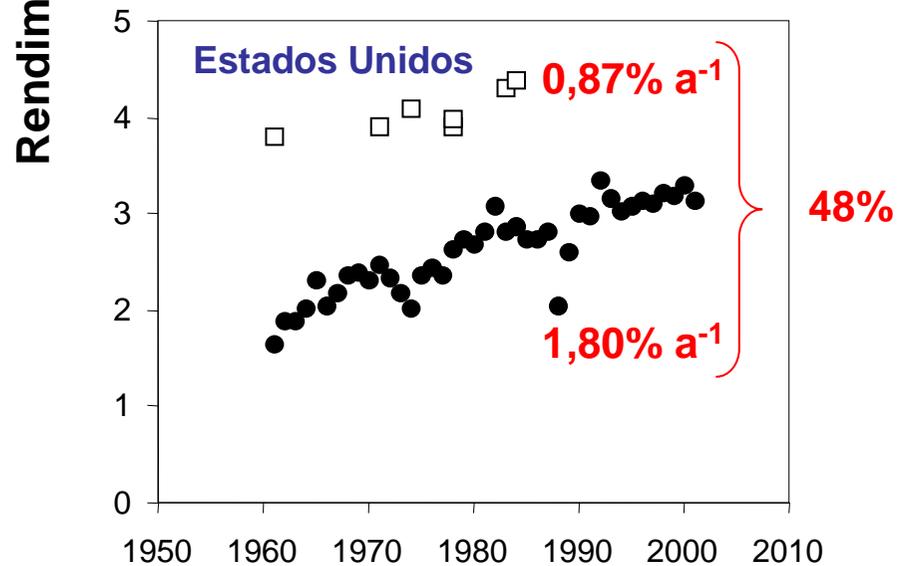
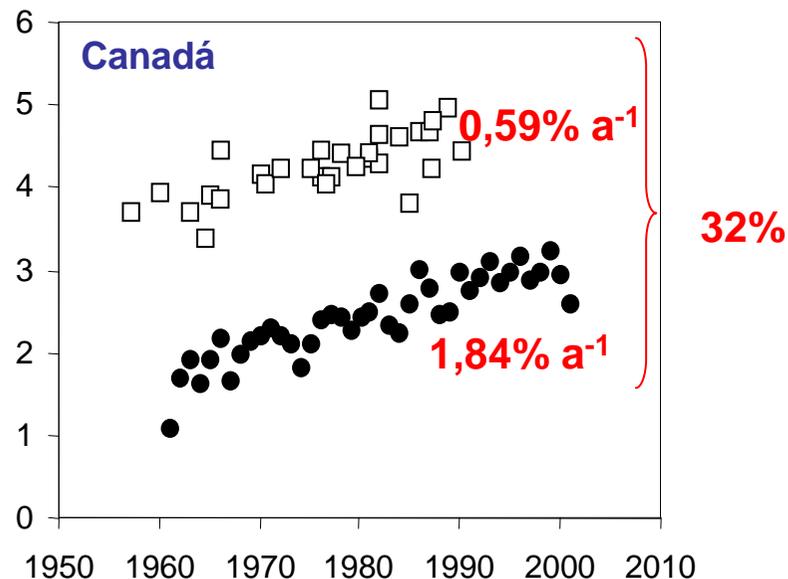
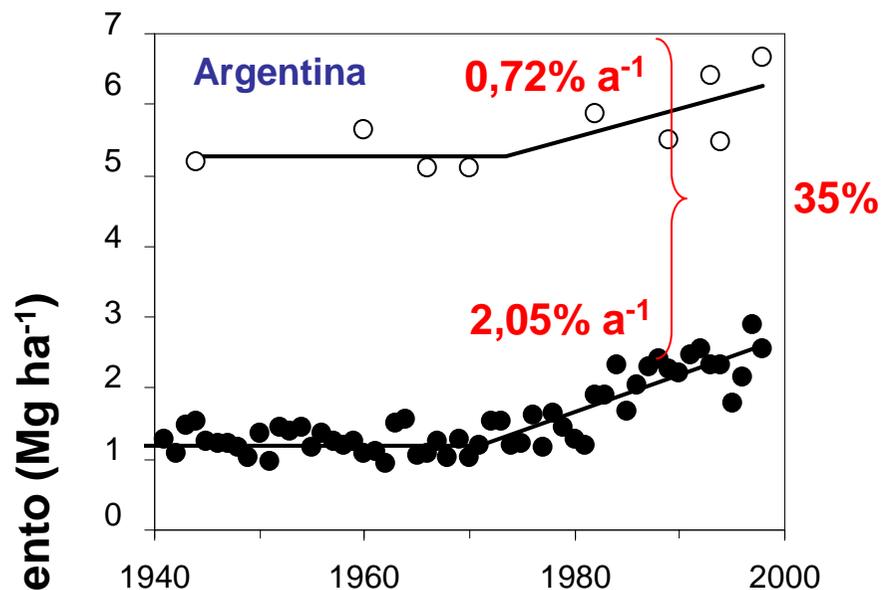


País	Período	Ganancia genética		Fuente
		Absoluta ($\text{g m}^{-2} \text{ a}^{-1}$)	Relativa (% a^{-1})	
Canadá	1910-1988	1,8	0,43	Bulman <i>et al.</i> (1993)
	1910-1987	2,0	0,48	Jedel y Helm (1994a)
Italia	1960-1980's	7,4	1,10	Martiniello <i>et al.</i> (1987)
Noruega	1960-1992	2,8	(#)	Strand (1994)
España	1937-1993	4,1	0,76	Muñoz <i>et al.</i> (1998)
Gran Bretaña	1880-1980	1,9	0,39	Riggs <i>et al.</i> (1981)
Estados Unidos	1920-1978	2,7	0,87	Wych y Rasmusson (1983)
	1920-1984	1,6	0,40	Boukerrou y Rasmusson (1990)

El proceso de mejoramiento produjo un incremento en los rendimientos, con un efecto variable sobre la magnitud dependiendo del cultivo y la época analizada.

El rendimiento potencial (○) y el productivo (●)

Adaptado de Wych y Rasmusson, 1983; Martiniello et al., 1987; Boukerrou y Rasmusson, 1990; Bulman et al., 1993; Jedel y Helm, 1994a; FAO, 2002



La brecha que existe entre los potenciales de producción y los rendimientos medios evidencia la necesidad de ajustar los paquetes tecnológicos, de manera de reducir esas diferencias y alcanzar una agricultura más eficiente y racional.

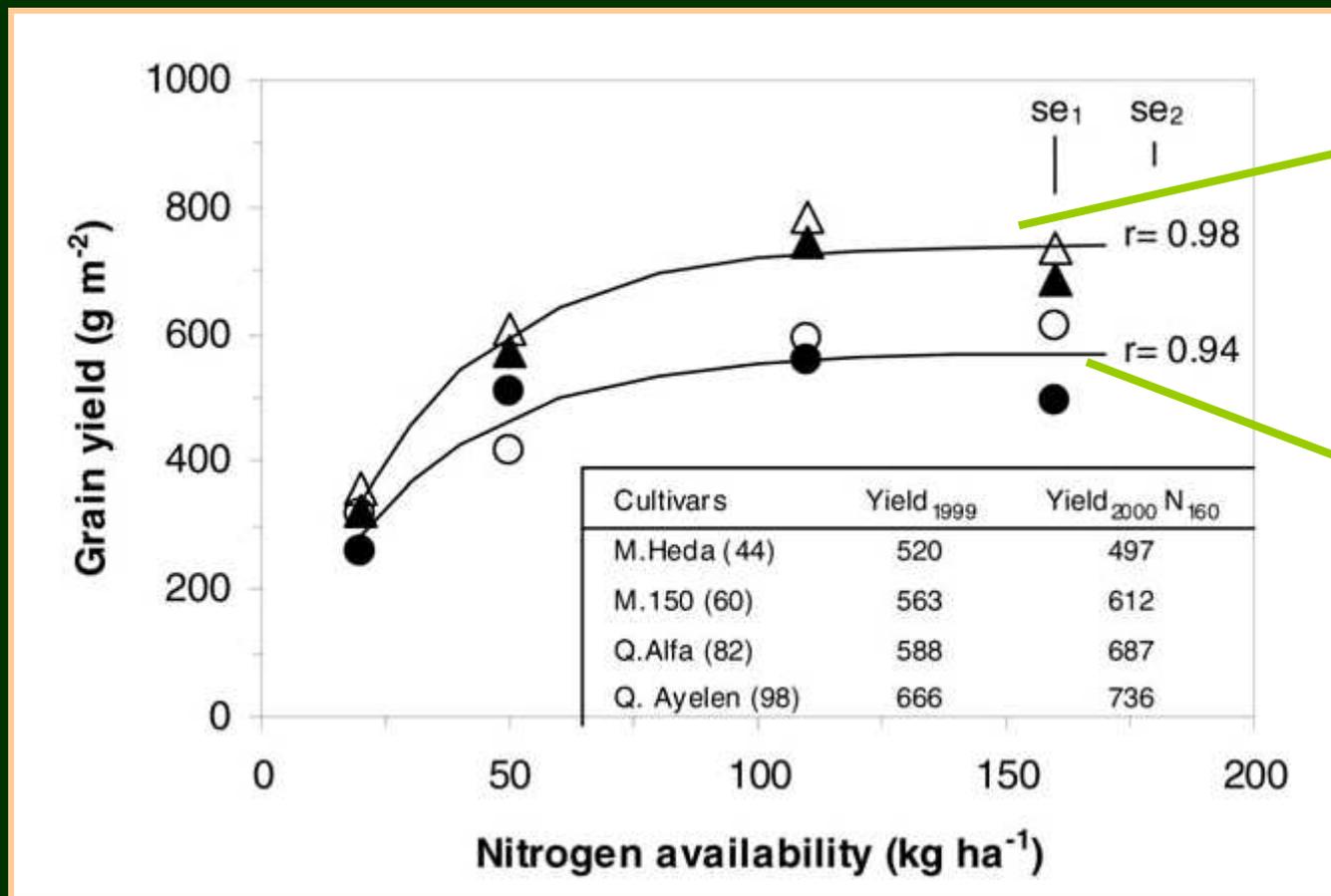
En cultivos como trigo y cebada, la contribución del mejoramiento genético al aumento del rendimiento a nivel productivo ha sido a razón de un tercio a la mitad

(II). Impacto del mejoramiento genético sobre la economía de N del cultivo

- El rendimiento de un cultivo es el resultado de una serie de procesos morfológicos y fisiológicos, siendo el **nitrógeno** uno de los principales elementos reguladores de su crecimiento.
- La **productividad de un cultivo** puede entonces modificarse por medio de:
 - (i) cambios en el ambiente o
 - (ii) cambios en los genotipos y su respuesta.
- Los **programas de mejoramiento** de los cultivos han sido los responsables de generar los reemplazos de un cultivar por otro a lo largo de los años y modificar con ello la productividad de los cultivos.
- **¿Qué impacto tuvo el proceso de mejoramiento genético sobre la EUN?**

INTERACCIÓN MEJORAMIENTO x N

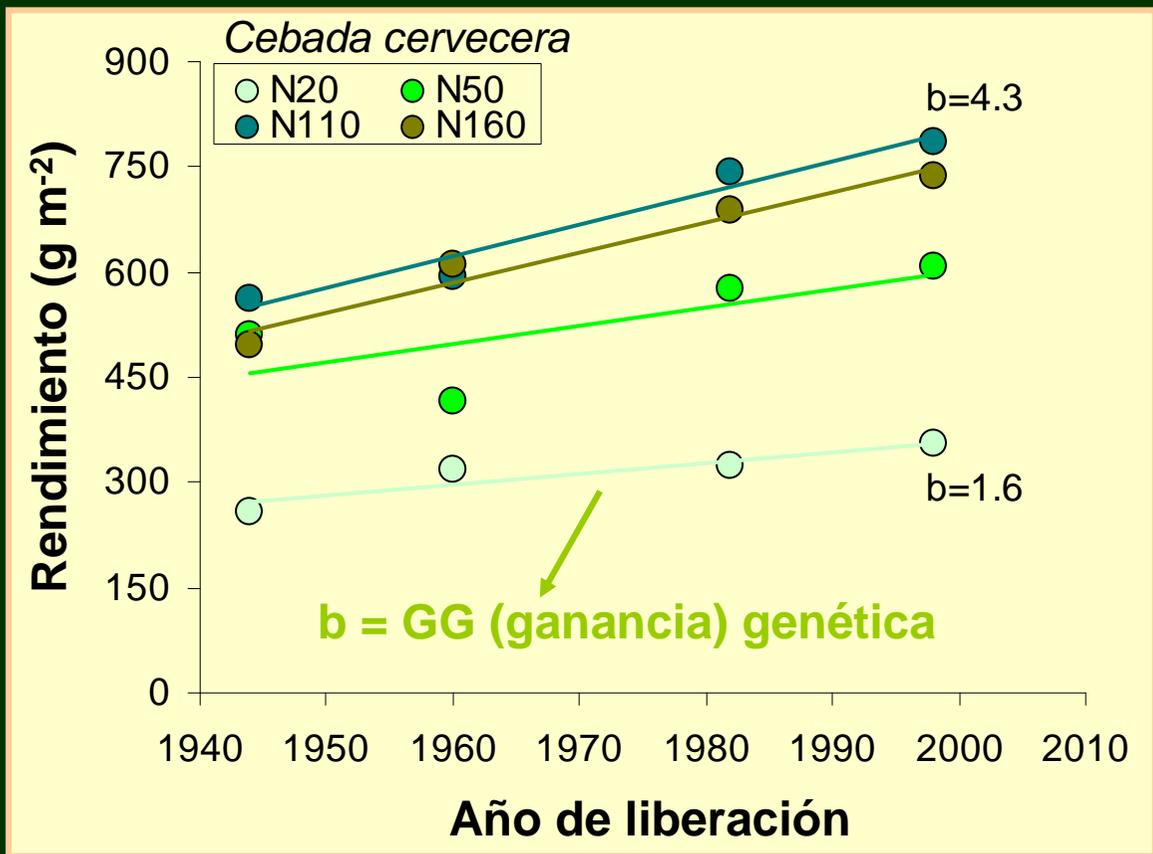
Cebada cervecera



Cultivares modernos
740 g m⁻²
85 kg kg_N⁻¹

Cultivares tradicionales
565 g m⁻²
60 kg kg_N⁻¹

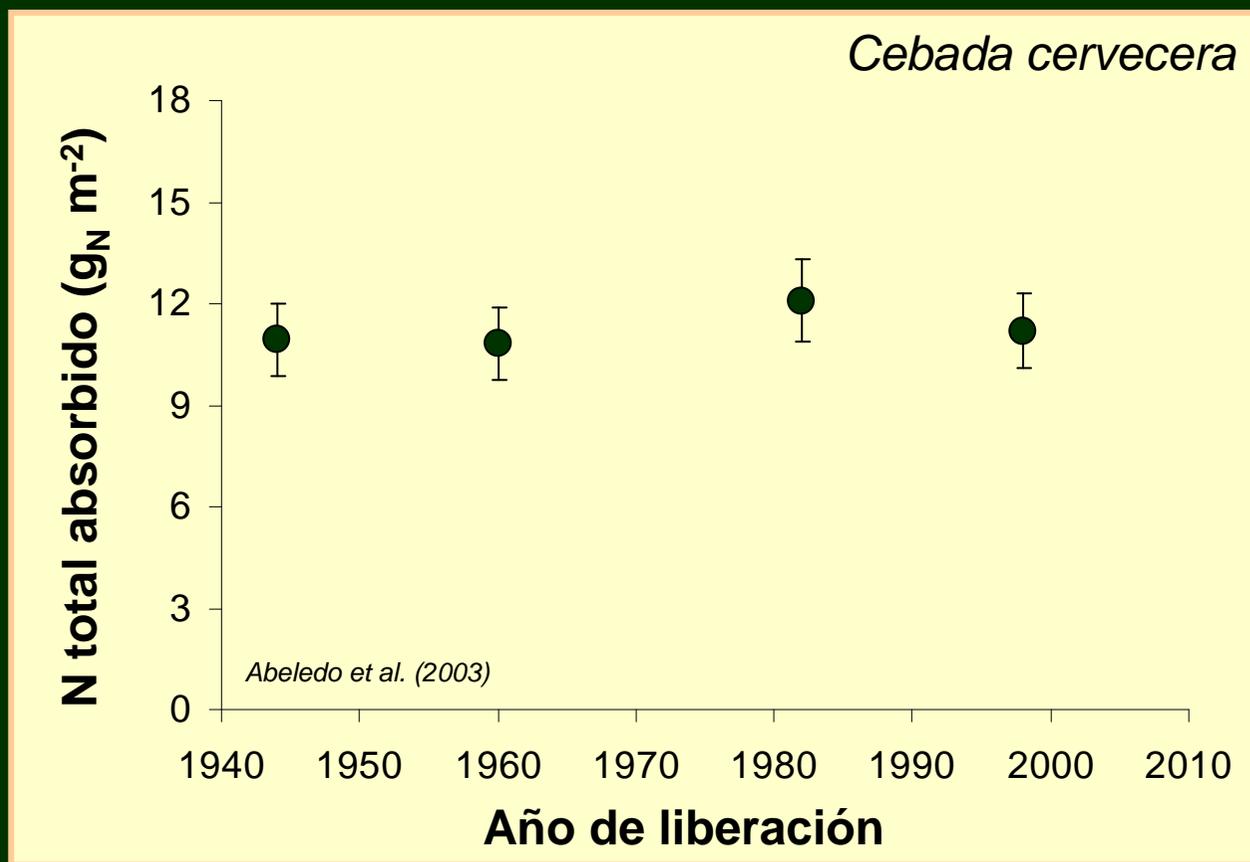
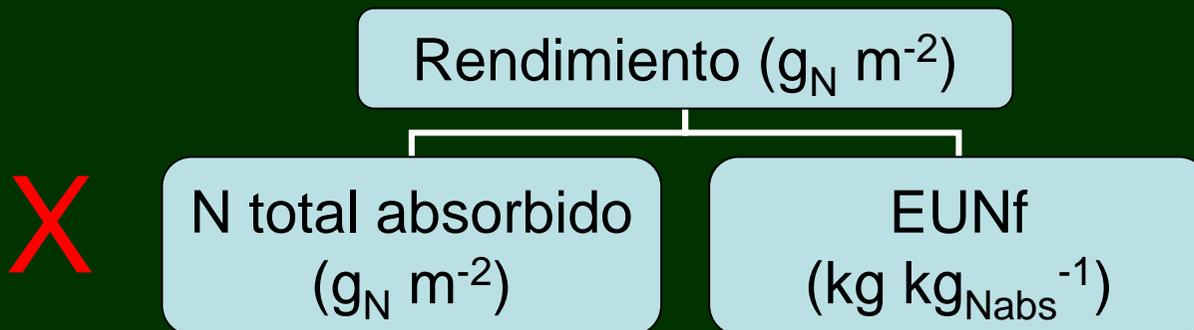
El rendimiento de los cultivares modernos fue superior al de los cultivares tradicionales independientemente de la disponibilidad de N

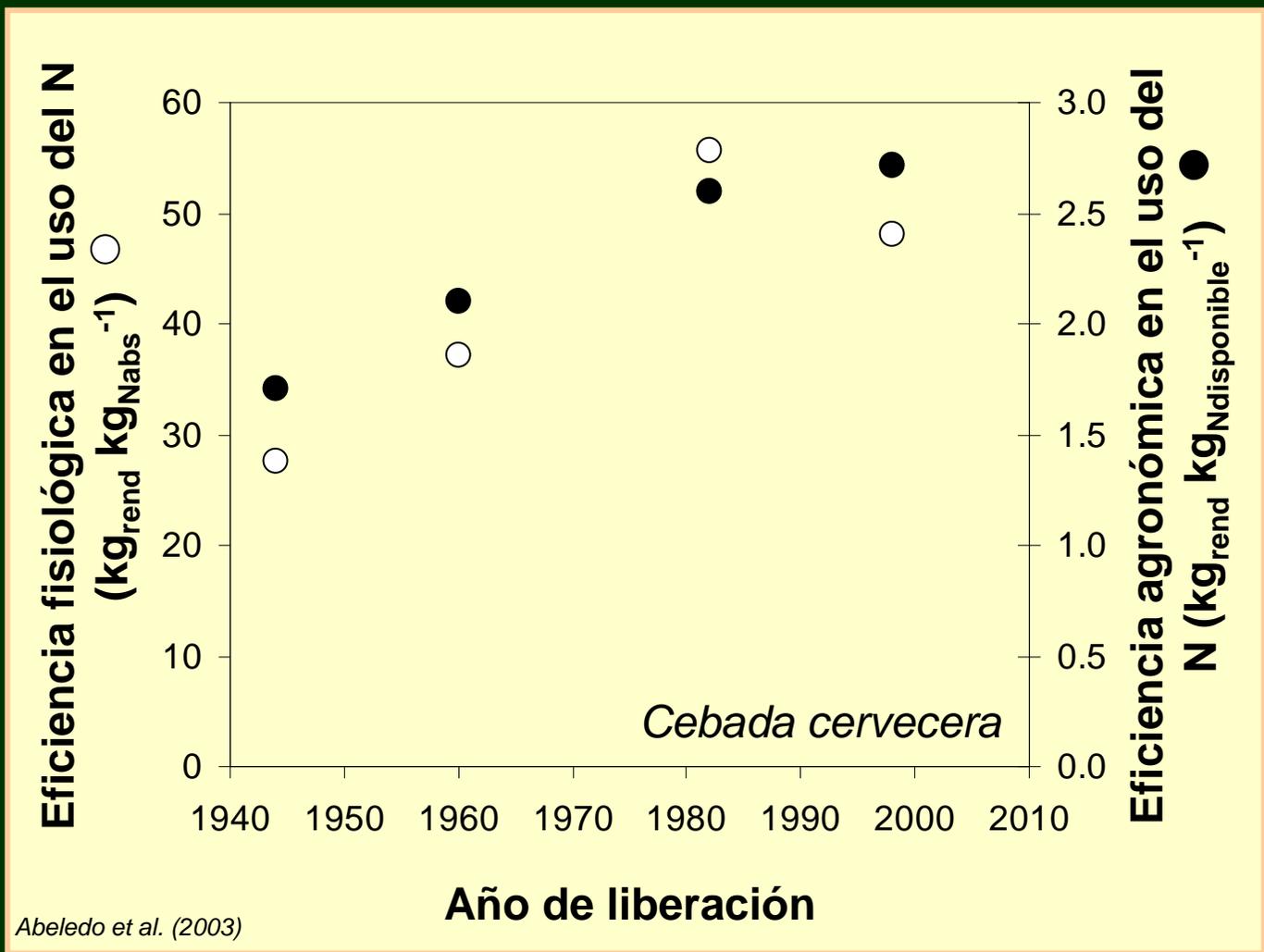


Cuanto mayor la disponibilidad nitrogenada, mayor la brecha absoluta de rendimiento entre cultivares antiguos y modernos.

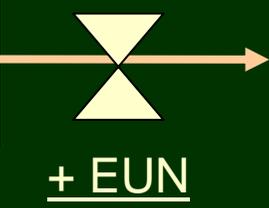
INTERACCIÓN MEJORAMIENTO x N

Factores asociados al aumento de rendimiento





Mejoramiento genético



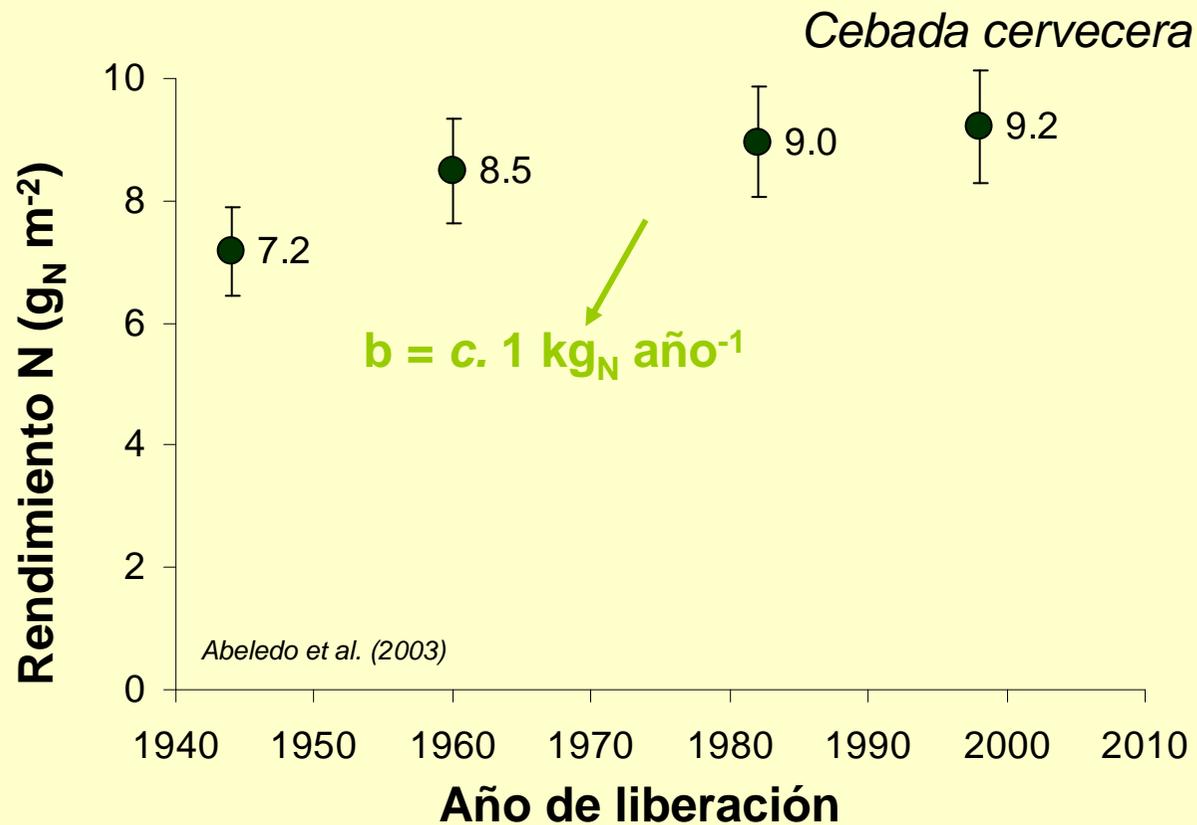
+ Rendimiento

Trigo (Calderini et al., 1995; Cox et al., 1997; Guarda et al., 2004)
Cebada (Abeledo et al., 2003)

Rendimiento N ($\text{g}_N \text{m}^{-2}$)

N total absorbido
($\text{g}_N \text{m}^{-2}$)

ICN

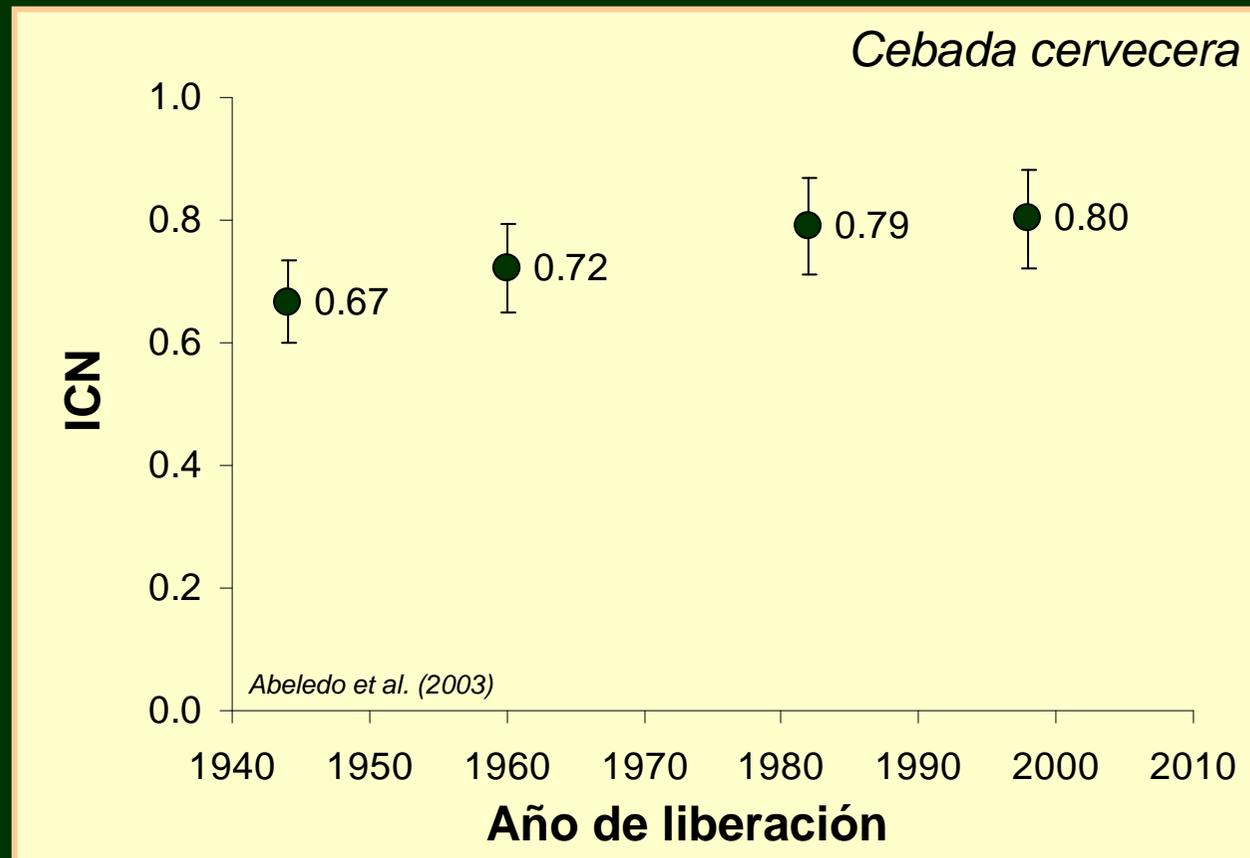


El proceso de mejoramiento tendió a incrementar en los cereales la cantidad absoluta de nitrógeno total cosechado.

Rendimiento N ($g_N m^{-2}$)

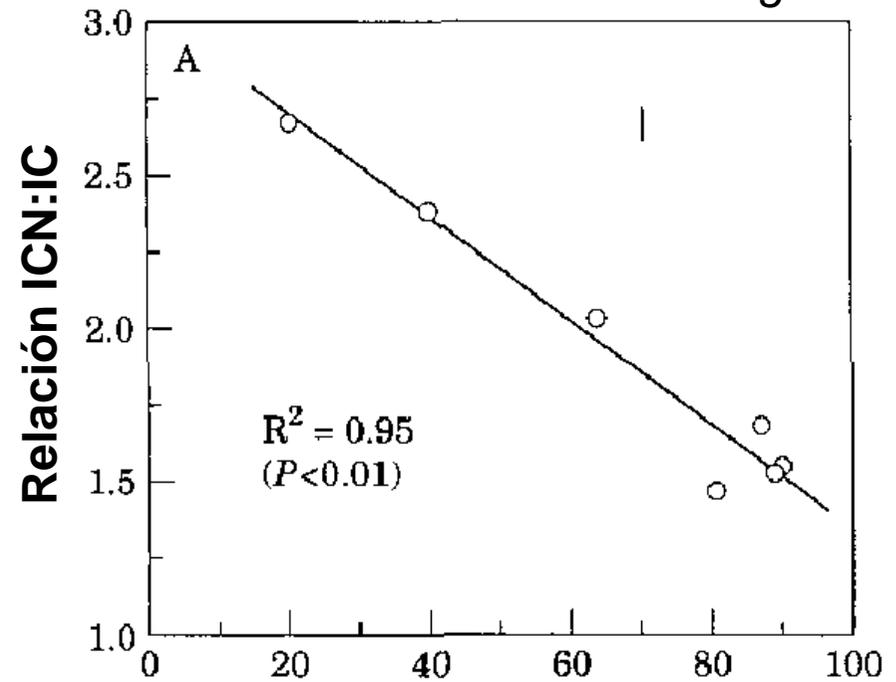
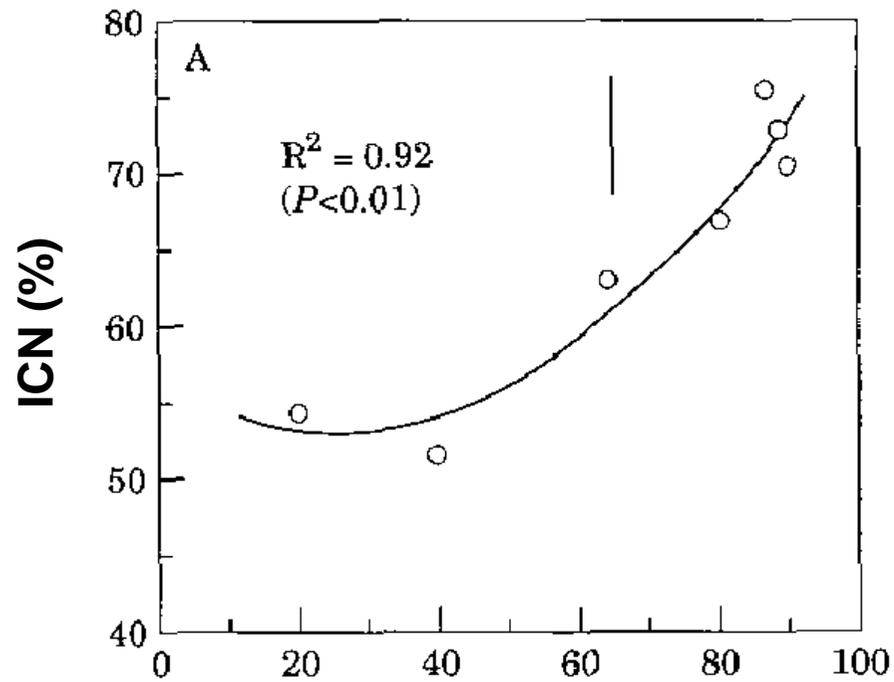
N total absorbido
($g_N m^{-2}$)

ICN



El aumento en los rendimientos nitrogenados estuvo asociado a una mayor partición de N hacia los granos.

Trigo

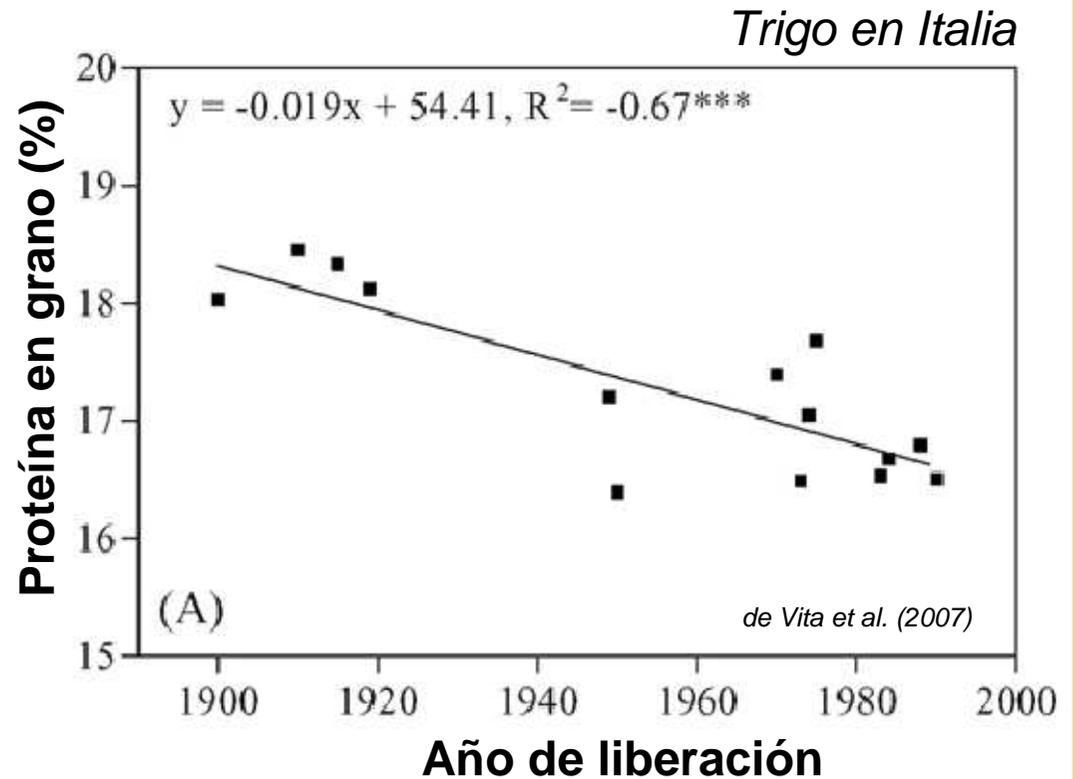
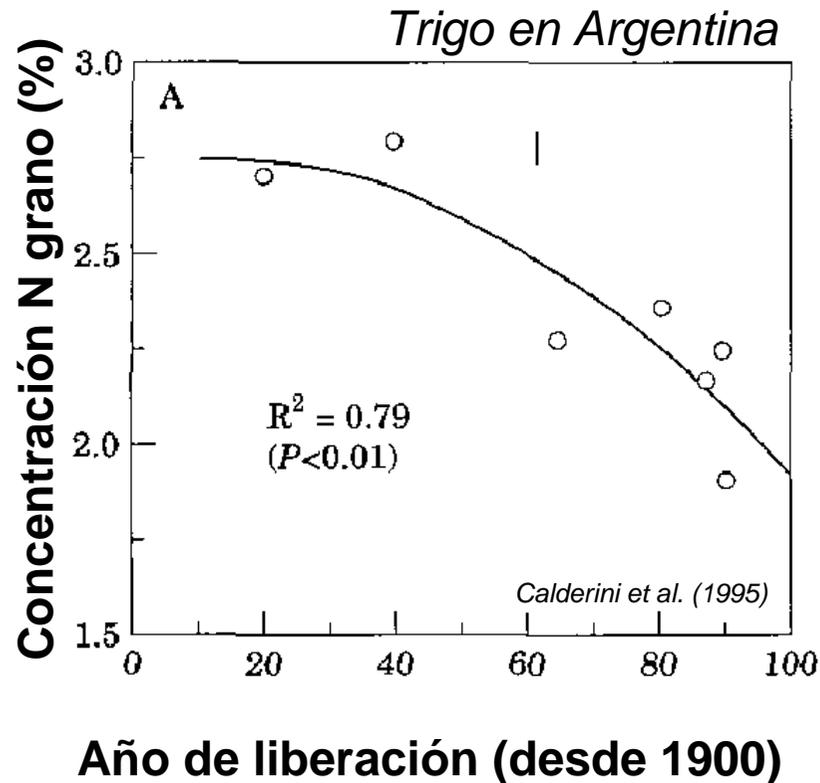


Año de liberación (desde 1900)

Calderini et al. (1995)

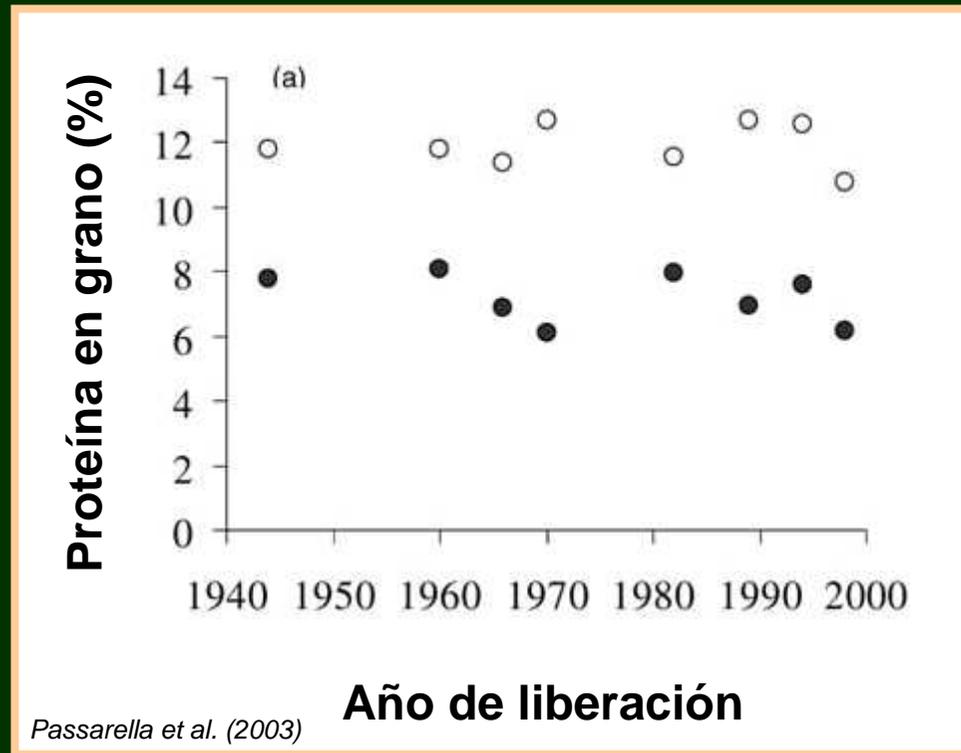
Sin embargo, la proporción de N derivada hacia los granos fue proporcionalmente menor a la cantidad de biomasa particionada (IC).

Calidad = N en grano (%)



Con los años disminuyó la concentración de N en grano
→ patrón universal en cultivos como trigo, donde no era un target primario dentro de los programas de mejoramiento

Cebada cervecera



Sin embargo, en cultivos como cebada cervecera el contenido de N en grano tendió a permanecer inalterable a lo largo de los años (asociado a la falta de variaciones en P1000)

→ mantener el contenido de proteína dentro de un rango acotado constituye uno de los ejes del cultivo de cebada cervecera

RESUMEN

La productividad
y el N

Consumo de
fertilizantes

+

Fracción de
recuperación

=

El mejoramiento,
el N y el
rendimiento

N total
absorbido

=

EUNabs

+

ICN

+

=

El mejoramiento,
el N y la calidad

ICN:IC

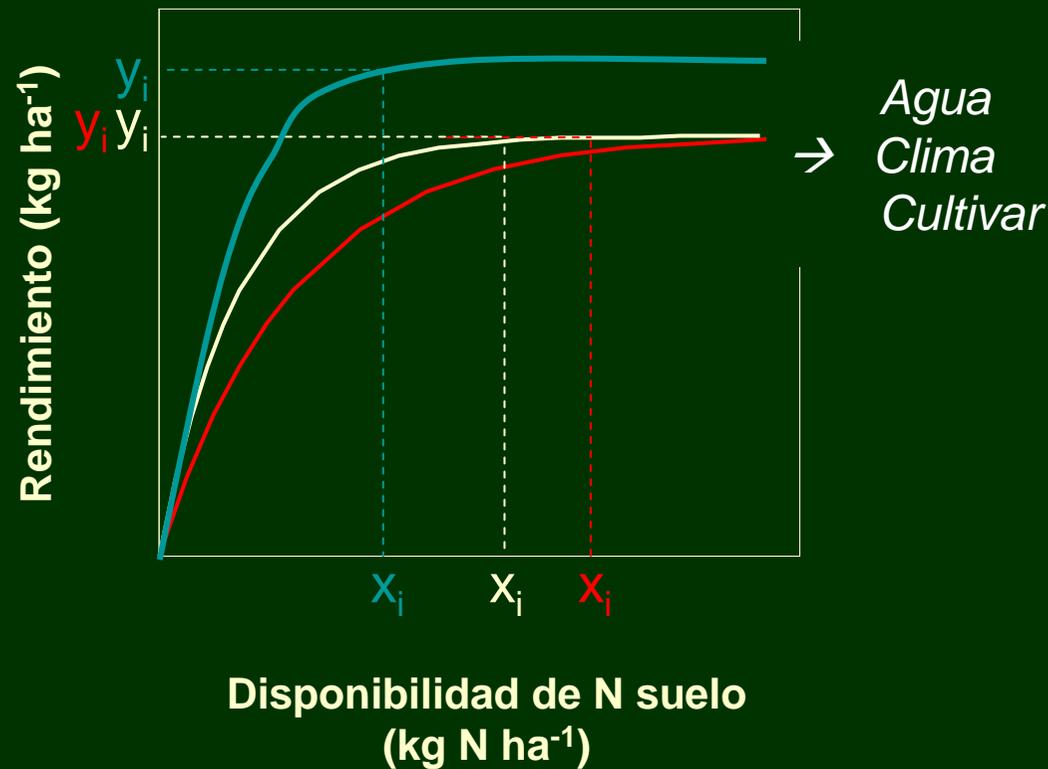
- =

N grano (%)

- =

(III). El cultivo es un sistema complejo

Respuesta del rendimiento a la disponibilidad de N en suelo



El uso de modelos de simulación agronómica constituye una herramienta para analizar las interacciones existentes entre suelo, clima, manejo y cultivar

Estructura general de los modelos de simulación



INPUT (datos de entrada)
Información climática (campaña, serie)
Información edáfica
Información del genotipo
Condiciones de manejo

Modelos (software)
Funciones de respuesta del cultivos a las condiciones ambientales

OUTPUT (datos de salida)
Respuesta por campaña
Respuestas probabilísticas

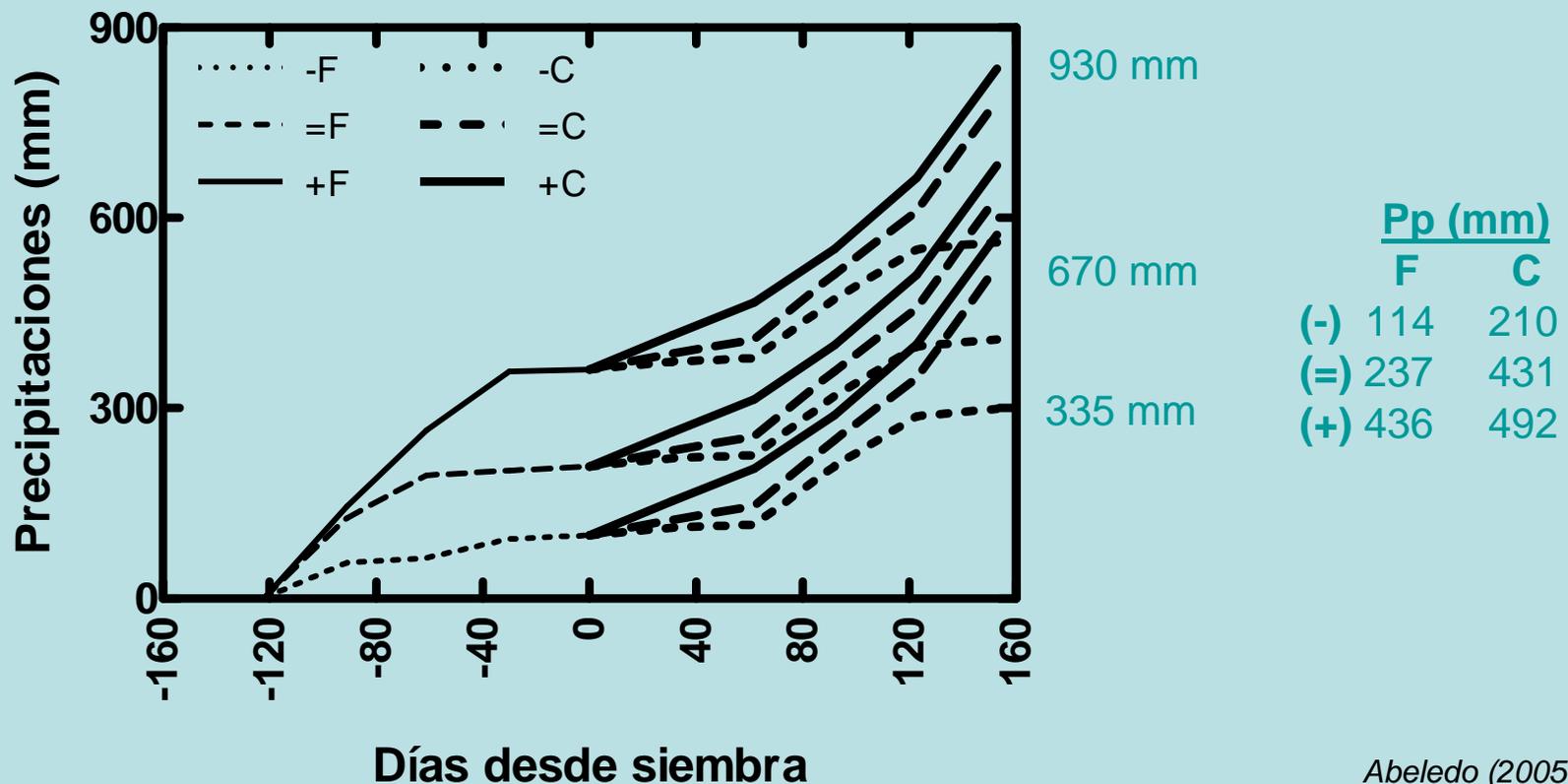
VALIDACIÓN DEL MODELO

→ Análisis del grado de confiabilidad del modelo

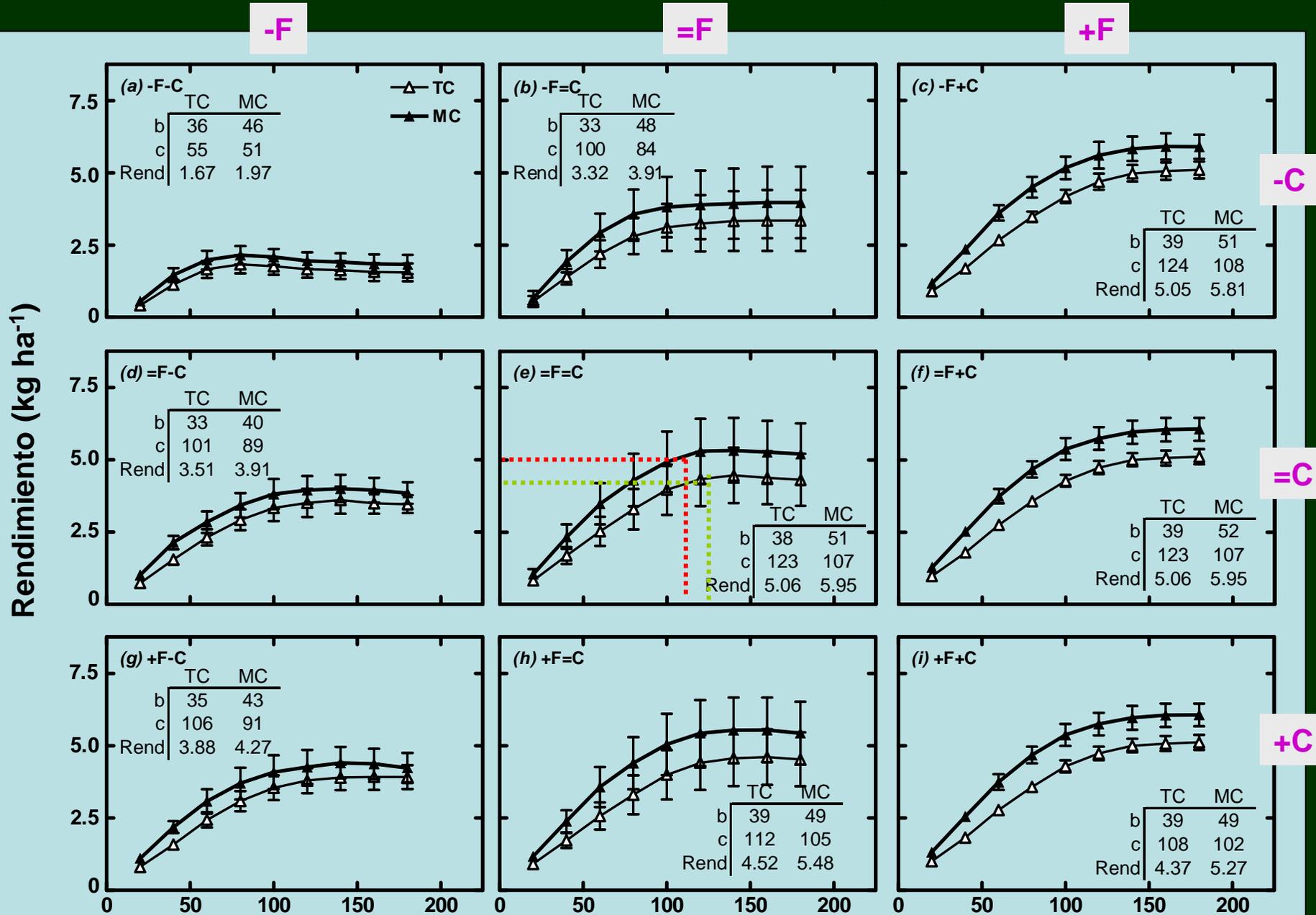
(IV). El cultivar y la respuesta del rendimiento a la interacción agua x N: uso de un MSA

- CERES-Barley

- **Cultivar:** tradicional (TC), moderno (MC)
- **Disponibilidad de N:** 20 a 180 kg N ha⁻¹
- **Disponibilidad hídrica:** alta (+), media (=), baja (-) en el barbecho (F) o el ciclo del cultivo (C)



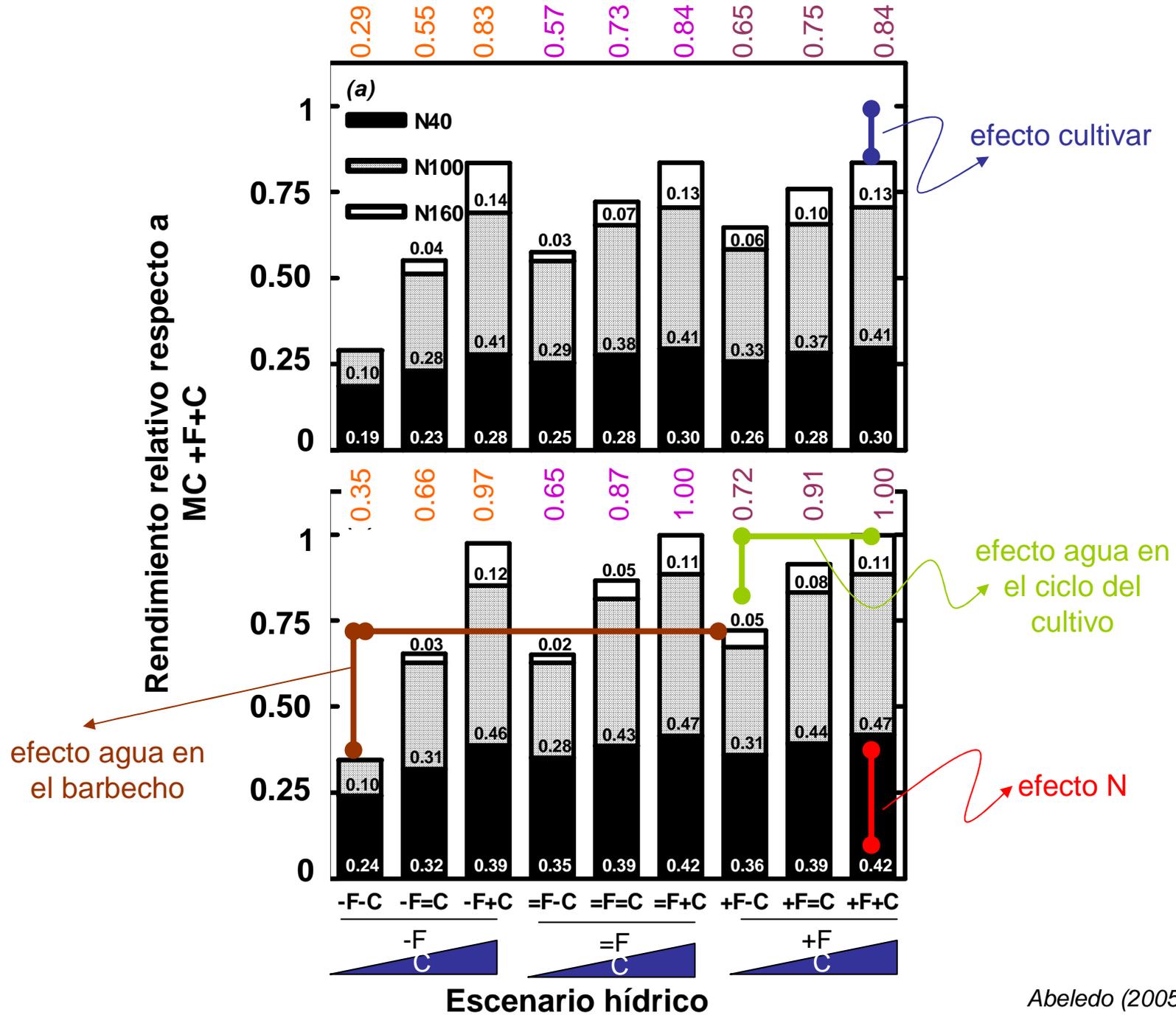
Respuesta del rendimiento: interacción cultivar x N x agua



$b = EUN (kg\ kg_N^{-1})$ // $c = kgN\ ha^{-1}$ plateau // $Rend = kg_{grano}\ ha^{-1}$ plateau

Disponibilidad de N a siembra (kg N ha⁻¹)

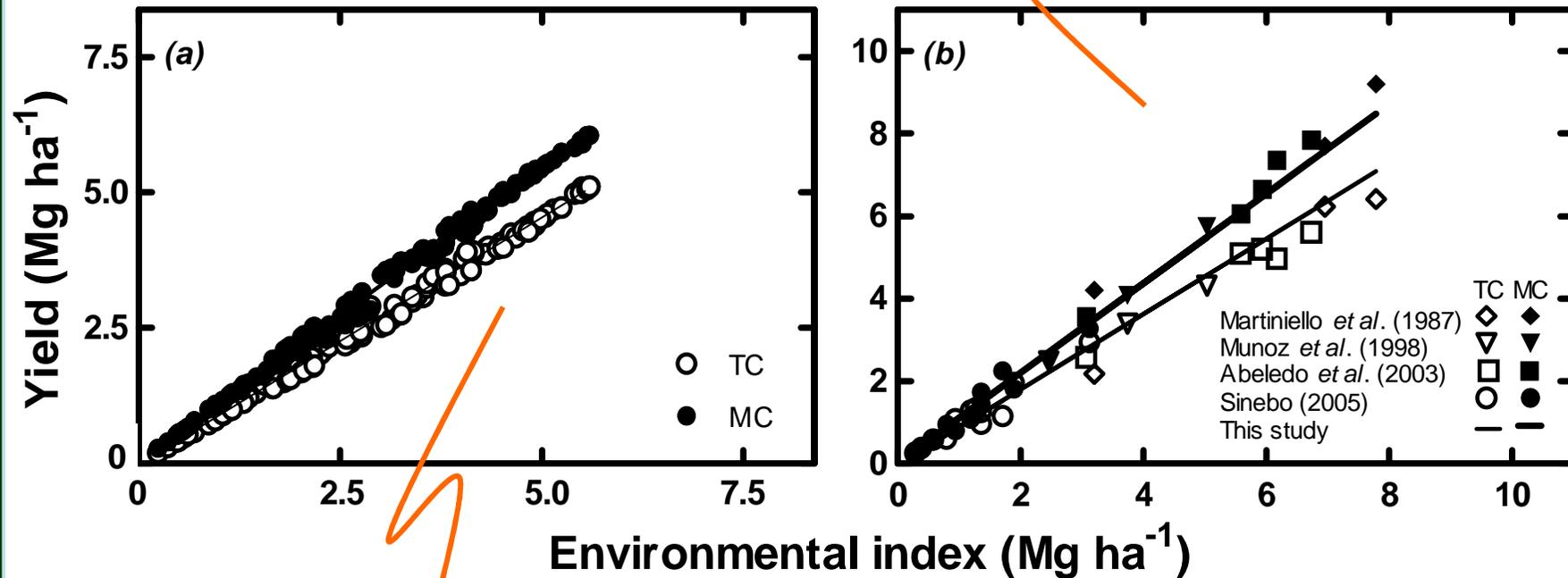
Abeledo (2005)



$$y_{TC} = 0.90x - 0.02 \quad (R^2 = 0.99, p < 0.001)$$

$$y_{MC} = 1.09x + 0.02 \quad (R^2 = 0.99, p < 0.001)$$

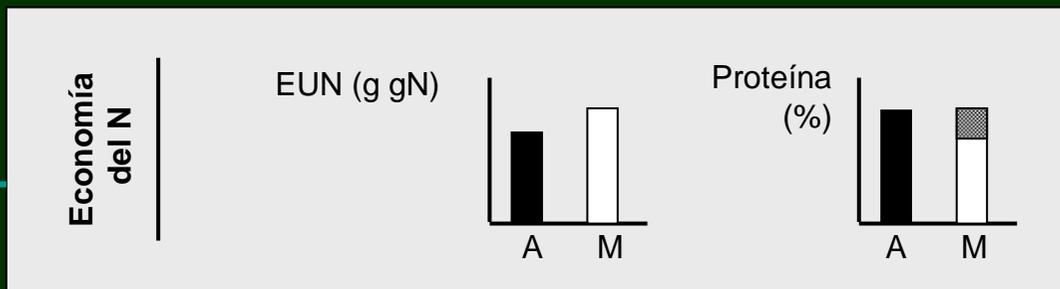
Respuesta general extensiva a otras condiciones observadas a campo usando cultivares distintos a los nuestros y en ambientes fuertemente contrastantes



Independientemente de la condición ambiental, el rendimiento del cultivar moderno tendió a ser superior al del cultivar tradicional. Las diferencias se magnificaron ante mejoras en el ambiente.

Los cambios en la condición ambiental estuvieron dados por diferentes combinaciones de tipo de suelo, años, precipitaciones, sitios, disponibilidades de N

En resumen



Muchas gracias

¿Preguntas? ¿Opiniones?