

ISSN 2469-164X · Vol. 12. N° 44, Abril 2024 | Pergamino, Bs. As., Argentina

# RTA

REVISTA DE  
**TECNOLOGÍA**  
AGROPECUARIA

TEC  
NO  
LO  
GÍ  
A  
GRO  
PE  
CUA  
RIA



**INTA** // Ediciones

## STAFF

### Director EEA Pergamino:

Dr. (MSci) Ing. Agr. Horacio A. Acciaresi

### Editor Responsable:

Dr. (MSci) Ing. Agr. Juan Mattera

### Comité Editor:

Dra. (MSci) Ing. Agr. Silvina B. Restovich

Dra. (MSci) Ing. Agr. Raquel Defacio

Dra. (MSci) Ing. Agr. Silvina M. Cabrini

Méd. Vet. (MSci) Virginia Fain Binda

Méd. Vet. (MSci) María Suárez del Cerro

Ing. Agr. (MSci) Javier Elisei

Ing. Agr. (MSci) José A. Llovet

Dr. (MSci) Ing. Agr. Horacio Acciaresi

Ing. Agr. (MSci) Ignacio Terrile

### Diseño y Edición:

Lic. DG. Georgina Giannon

### Colaboración Fotográfica de Portada:

Ing. Agr. (MSci) Gustavo N. Ferraris

### Colaboradora de Edición:

Lic. Mónica Coronel

### DATOS EDITORIALES

Vol. 12. N° 44

Abril 2024.

Pergamino, Bs. As., Argentina

ISSN Digital 2469-164X

Estación Experimental Agropecuaria

INTA Pergamino - Buenos Aires

Av. Frondizi (Ruta Prov. 32) km. 4,5

2700 - Pergamino

Tel.: 02477 439000

<http://argentina.gob.ar/inta>

[eeapergamino.rta@inta.gob.ar](mailto:eeapergamino.rta@inta.gob.ar)



Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria

Secretaría de Agricultura,  
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía  
Argentina

Esta publicación es propiedad del Instituto Nacional  
de Tecnología Agropecuaria. RP 32, km. 4,5.  
Pergamino. Buenos Aires, Argentina.

## SUMARIO

# 4

### **Análisis descriptivo sobre perfiles de resistencia a la penetración vertical del suelo**

*Javier Elisei.*

# 9

### **Evaluación de fuentes nitrógeno - azufradas en Carinata**

*Fernando Jecke, Fernando Mousegne, Gonzalo Santia y Gustavo N. Ferraris.*

# 15

### **Productividad en soja Enlist y su relación con distintos tratamientos herbicidas y costo económico**

*David Melián, María V. Buratovich y Horacio A. Acciaresi.*

# 22

### **Arveja: generación de rendimiento y componentes asociados en distintas variedades**

*José Andrés Llovet, Gabriel M. Prieto y Braian Gaset.*

# 29

### **Efecto del mejoramiento de trigo en Argentina sobre la eficiencia del uso de los recursos**

*Facundo Curin, María E. Otegui y Fernanda González*

# 36

### **Fuentes fosforadas en *Brassica Carinata***

*Gustavo N. Ferraris, Fernando Jecke, Fernando Mousegne, Orlando Vellaz y Gonzalo Santia.*

# 42

### **Intensificación tecnológica en un nuevo cultivo invernal. Respuesta a la fertilización en *Camelina sativa***

*Gustavo N. Ferraris y Ana P. Canu.*

# 48

### **Estudio de la competencia entre tordillo (*Tordylium maximum* L.) y cultivos de invierno**

*Gabriel Picapietra y Horacio A. Acciaresi.*

# 54

### **Respuesta a la altura de pastoreo de festuca alta defoliada según la vida media foliar**

*Esteban Medina, Ezequiel Pacente, María José Beribe y Ómar Scheneiter*

# Editorial

*Pergamino, abril de 2024*

Estimados Lectores:

Un nuevo número de nuestra Revista de Tecnología Agropecuaria está en marcha, resultando ello de sumo valor para nuestra Estación Experimental.

A lo largo de los años la Revista ha sido un medio de interacción y articulación con el Territorio aportando al desarrollo del sistema agropecuario, agroalimentario y agrobiointustrial de la Región y la sustentabilidad territorial.

El contar con este espacio vigente sin dudas muestra a las claras el involucramiento de nuestra Experimental y sus Agencias de Extensión integrantes, con las diferentes problemáticas que atraviesan al Territorio, aportando a la sustentabilidad del mismo.

De ese modo, la Estación Experimental y sus agencias de extensión poseen en la Revista un canal de interacción e intercambio y donde a través de las actividades de los equipos de trabajo se hace evidente el aporte a la innovación tecnológica y organizacional del Territorio, aportando a la equidad social y de sustentabilidad ambiental, viabilizando de manera concreta la misión institucional.

Es oportuno en esta instancia entonces agradecer a los equipos de trabajo de la Estación Experimental y de las Agencias de Extensión por el compromiso con el desarrollo Regional y con el cuidado del ambiente del que nuestra Revista da cuenta.

**Dr. (MSci.) Horacio Acciaresi**

*Director | EEA Inta Pergamino*

# 05

## Efecto del mejoramiento de trigo en Argentina sobre la eficiencia del uso de los recursos

**FACUNDO CURIN<sup>1,\*</sup>**

**MARÍA E. OTEGUI<sup>2,3</sup> Y**

**FERNANDA GONZÁLEZ<sup>1,4</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones y Transferencias del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (CITNOBA-CONICET-UNNOBA-UNSA), Argentina.

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Centro Regional Buenos Aires Norte. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. (Argentina).

<sup>3</sup>Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

<sup>4</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. (Argentina).

\* curin.facundo@inta.gob.ar

El mejoramiento genético de trigo en Argentina ha incrementado el rendimiento producto de mejoras de las eficiencias del uso del agua y la radiación acompañadas por una mayor partición de biomasa a grano y una mayor producción de biomasa en cultivares de ciclo largo y corto, respectivamente, sin modificar sustancialmente la captura de agua y radiación.

**Palabras clave:** Evapotranspiración, Radiación Interceptada, Mejoramiento, Ciclo Largos, Ciclo Cortos.

## Introducción

Los efectos indirectos del mejoramiento genético sobre la captura y eficiencia en el uso del agua han variado entre épocas y regiones del mundo. En Australia, el mejoramiento temprano (*i.e.* desde principio del siglo XX hasta promediar la década de 1980) produjo un aumento del rendimiento a través de una mejora de la eficiencia en el uso del agua evapotranspirada ( $EUA_{R-G,ETC}$ ) sin cambios en la cantidad de agua evapotranspirada por el cultivo a lo largo de su ciclo ( $ET_C$ ), ni la biomasa total producida a madurez fisiológica ( $BT_{MF}$ ) (Siddique *et al.*, 1990). Mientras que, en otras regiones como México, la mejora del rendimiento estuvo asociada a la selección de cultivares con una mayor producción de  $BT_{MF}$  y una mayor  $ET_C$ . Sin embargo, trabajos recientes

en Australia (*i.e.*, desde mediados de siglo XX hasta promediar la década de 2000) registraron que el mejoramiento genético enfocado al rendimiento había traccionado la generación de cultivares de trigo con mayor  $BT_{MF}$  e igual captura de agua que sus antecesores (Sadras y Lawson 2013).

Diversos trabajos han reportado mejoras en cultivares modernos asociadas a una mayor eficiencia en el uso de la radiación para producir biomasa ( $EUR_{BT}$ ) en lugar de cambios en su captura. En Argentina en particular, un trabajo previo identificó mejoras de  $EUR_{BT}$  durante el llenado de grano, asociadas principalmente a aumentos en el tamaño de los destinos, producto de un mayor número de granos, que generaron mejoras en la fuente de fotoasimilados (*i.e.*, capacidad fotosintética del canopeo, Calderini *et al.*, 1995). Sin embargo, esta mayor  $EUR_{BT}$ , y consecuentemente mayor producción de biomasa durante el llenado de grano, no tuvo efectos sobre la  $BT_{MF}$  debido a que solamente lograron compensar las reducciones en la producción de biomasa en el periodo pre-floración registradas en los cultivares modernos. Seguidamente, trabajos realizados en Australia reportaron mejoras en la  $EUR$  durante pre-floración en los genotipos modernos que resultaron en mayor producción de biomasa pre-floración y en consecuencia mayor  $BT_{MF}$  (Sadras y Lawson, 2011).

En Argentina, en un estudio previo dentro del grupo de trabajo se identificaron los efectos indirectos de la mejora genética en dos grandes grupos de cultivares: ciclo largo-CL, y ciclo corto-CC. La mejora del rendimiento estuvo acompañada de una mayor partición de la biomasa a granos (*i.e.*, mayor índice de cosecha-IC) en cultivares de CL y de mayor producción de biomasa, principalmente en etapas previas a la floración, en cultivares de CC. Por lo tanto, es posible especular que en ambos grupos hubo un aumento en  $EUA_{RG,ETc}$  producto de (i) un aumento del IC sin cambios en la producción de biomasa y captura de recursos entre los cultivares de CL y (ii) una mayor producción de  $BT_{MF}$  en los cultivares de CC, generada en la etapa prefloración, que mejora la  $EUA_{BT,ETc}$  debido a mayores  $EUR_{BT}$ . El objetivo del trabajo fue estudiar el efecto del mejoramiento genético reciente (últimos 50 años) sobre la eficiencia y captura de agua y radiación en un amplio rango de condiciones ambientales.

## Materiales y Métodos

Durante las campañas 2016 y 2017 en el campo experimental de INTA Pergamino, 10 cultivares de trigo pan liberados al mercado durante 1971 y 2011 agrupados en cultivares de ciclo largo (CL) y cultivares

de ciclo corto (CC) fueron evaluados en diferentes condiciones ambientales generadas por la combinación no factorial de diferentes niveles disponibilidad hídrica. Dos regímenes hídricos (R: riego y S: seco)

en 2016 y tres en 2017 (R, S y RH: restricción hídrica), se establecieron para explorar un amplio rango de condiciones ambientales (Tabla 1). Las parcelas recibieron fertilización nitrogenada en macollaje e inicio de encañazón con el objetivo de alcanzar los 200 kg/ha de nitrógeno disponible entre lo aportado por el suelo a la siembra y el fertilizante.

Entre las mediciones realizadas se encuentran:

- La evolución de la captura de la radiación a través de mediciones instantáneas de la fracción de la radiación fotosintéticamente activa interceptada incidente ( $fRFA_i$ ) y así mediante interpolación de dichos valores y los valores de  $RFA_i$  diarios estimar la  $RFA_i$  acumulada ( $IRFA_i$ ) durante el ciclo de acuerdo con la ecuación 1.

$$1. IRFA_c = \sum_{Z_{10}}^{Z_{91}} fRFA_i \times RFA_i$$

- El contenido de agua en el suelo mediante el uso de sonda de neutrones cada 15 – 20 días hasta 1,5 m de profundidad para la estimación de la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ) mediante balances hídricos de acuerdo con la ecuación 2 donde la escorrentía se estimó siguiendo la metodología propuesta por Andriani et al. (2016).

$$2. ET_c = \Delta AguaAlmacenada + Lluvia + Riesgos - Escorrentía$$

- Finalmente, a madurez fisiológica, en cada unidad experimental se determinó el rendimiento y sus determinantes fisiológicos. Esto permitió el cálculo de la  $EUA_{RG,ET_c}$  (cociente entre el rendimiento y  $ET_c$ ), la  $EUA_{BT,ET_c}$  (cociente entre  $BT_{MF}$  y  $ET_c$ ) y la EUR (cociente entre  $BT_{MF}$  e IRFAC).

**Tabla 1.** Descripción de los ambientes evaluados. Valores promedios de contenido de agua disponible en el suelo para el cultivo hasta 1,5 m (ADC), lluvias acumuladas, riego aplicado e índice ambiental.

Ambientes	ADC <sup>a</sup> (mm)	Lluvias (mm)	Riego (mm)	índice Ambiental <sup>b</sup> (g m <sup>2</sup> )
2016 Riego	281-301	302-258	60	602
2017 Riego	283-278	302-284	67	552
2016 Secano	281-301	302-258	---	522
2017 Secano	283-278	309-291	---	492
2017 Restricción hídrica	283-278	42-25	---	252

a) Los primeros valores corresponden a los cultivares de CL mientras que los segundos a los de CC.

b) Índice ambiental calculado como el promedio de todos los cultivares evaluados en un ambiente en particular.

Los efectos de los tratamientos y la interacción de ellos para cada uno de los rasgos evaluados a nivel de cultivo fueron analizados mediante un ANOVA utilizando el programa estadístico INFOSTAT. El mismo fue realizado combinando AMBIENTE y CULTIVARES como variables de efectos fijos. Finalmente, los valores de cada rasgo evaluado fueron estandarizados de acuerdo con la ecuación 3 y mediante regresiones lineales de dichos valores estandarizados para cada cultivar y su año de liberación al mercado (ALM) se estimó el progreso genético calculado como la

pendiente de dicha regresión, el cual fue expresado en términos porcentuales.

$$3. Desvio Relativo = (Media Cultivar - Índice Ambiental) / Índice Ambiental^1$$

donde el Índice Ambiental corresponde al promedio de todos los cultivares en cada uno de los ambientes de evaluación.

# Resultados y Discusión

La mayoría de las variables analizadas presentaron efectos significativos del AMBIENTE y de CULTIVAR, con excepción de  $EUA_{RG,ETC}$  que solo presentó efectos significativos del CULTIVAR, mientras que efectos significativos de la interacción AMBIENTE  $\times$  CULTIVAR fueron detectados en la mayoría de los

caracteres evaluados con excepción de  $EUR_{BT}$  (Tabla 2). Entre los ambientes, las variaciones en la captura de recursos fueron de 137 y 200 % para  $IRFA_C$  y  $ET_C$  respectivamente, mientras que para la generación de biomasa y su partición a granos (*i.e.* IC) fue de 225 y 123 % respectivamente. Finalmente, la combinación

**Tabla 2.** Promedio de los ambientes y cultivares y resultado del ANOVA para la biomasa total a madurez fisiológica ( $BT_{MF}$ ), el rendimiento en grano (**RG**), el índice de cosecha (**IC**), la evapotranspiración del cultivo (**ETC**), la radiación fotosintéticamente activa interceptada acumulada ( $IRFA_C$ ), las eficiencias en el uso del agua para producir grano y biomasa ( $EUA_{RG,ETC}$ ,  $EUA_{BT,ETC}$ ) en base a evapotranspiración del cultivo y la eficiencia en el uso de la radiación ( $EUR_{BT}$ )

		TRATAMIENTOS	$BT_{MF}$	RG	IC	$ET_C$	$IRFA_C$	$EUA_{RG,ETC}$	$EUA_{BT,ETC}$	$EUR_{BT}$
AMBIENTE	2016	Riego	1450	602	0,41	470	590	3,09	1,28	2,51
		Secano	1238	522	0,42	426	546	2,91	1,23	2,29
	2017	Riego	1612	552	0,34	434	749	3,72	1,28	2,18
		Secano	1454	492	0,34	382	687	3,79	1,29	2,12
		RH	717	252	0,36	236	558	3,02	1,07	1,30
	CULTIVAR	Ciclo Largo	BP (1980)	1281	395	0,31	401	722	3,19	0,98
KC (1991)			1504	512	0,33	411	750	3,64	1,22	2,01
KP (1997)			1521	500	0,33	407	749	3,71	1,21	2,01
BP11 (2004)			1319	516	0,40	398	659	3,32	1,29	1,98
B601 (2011)			1407	589	0,41	392	664	3,56	1,47	2,14
<b>Media</b>			<b>1406</b>	<b>502</b>	<b>0,36</b>	<b>402</b>	<b>709</b>	<b>3,48</b>	<b>1,23</b>	<b>1,98</b>
Ciclo Corto		MJI (1971)	1096	433	0,40	379	520	2,87	1,13	2,09
		PIF (1990)	1173	431	0,37	364	532	3,22	1,18	2,20
		PIG (2000)	1139	481	0,42	451	506	2,51	1,06	2,24
		ACR (2005)	1154	494	0,43	373	509	3,07	1,31	2,26
		BSY (2010)	1274	520	0,41	378	554	3,38	1,38	2,32
		<b>Media</b>	<b>1167</b>	<b>472</b>	<b>0,41</b>	<b>389</b>	<b>524</b>	<b>3,01</b>	<b>1,21</b>	<b>2,22</b>
SIGNIFICANCIA		Ambiente		***		***	***	***	***	ns
	Cultivar		***	***	***	***	***	***	***	***
	Amb $\times$ Cul		***	***	*	***	***	***	***	ns

**Nota:** \*\*\*, \*\*, \* t significancia al  $P < 0,001$ ,  $P < 0,05$  y  $P < 0,10$ , y ns:  $P > 0,10$  no significativo.

de ambientes generaron una variación de 120, 130, y 193 % para la  $EUA_{RG,ET_c}$ ,  $EUA_{BT,ET_c}$  y  $EUR_{BT}$  (Tabla 2). En general, los menores valores de las variables analizadas se registraron en el ambiente de menor disponibilidad hídrica de la campaña 2017 (*i.e.*, 2017-RH). En relación a los cultivares, es importante destacar que no se registraron diferencias en rendimiento entre ciclos largos y cortos pero sí hubo diferencias en producción de biomasa e IC (considerando todos los ambientes). Los cultivares de CL presentaron mayor  $BT_{MF}$  pero menor IC que los cultivares de CC. Esta mayor producción de biomasa no fue consecuencia de un mayor consumo de agua puesto que la  $ET_c$  entre ambos grupos no difirió marcadamente. En cambio, si se registraron diferencias en  $IRFA_c$  entre grupos de cultivares siendo mayor en los de CL. Por otro lado, los cultivares de CL registraron una  $EUA_{RG,ET_c}$  y  $EUA_{BT,ET_c}$  entre un 2 y 14 % mayor, mientras que la EUR fue 12% menor que los cultivares de CC en promedio a través de todos los ambientes (Tabla 2).

Finalmente, los efectos significativos de la interacción AMBIENTE x CULTIVAR en el rendimiento y la producción de biomasa ( $P < 0,01$ , Tabla 2) fueron evidentes debido a las mayores reducciones registradas en los cultivares de CC en estos dos caracteres en los ambientes más restrictivos (datos no mostrados). En lo que respecta a la captura de recursos, en general los cultivares de CC presentaron las mayores reducciones en la captura de radiación y agua (13 y 25 % para  $IRFA_c$  y  $ET_c$ ) en los ambientes de máxima restricción hídrica que los de CL (2 y 7 % para  $IRFA_c$  y  $ET_c$  respectivamente). Finalmente, para las EUAs en general los cultivares de CC fueron los

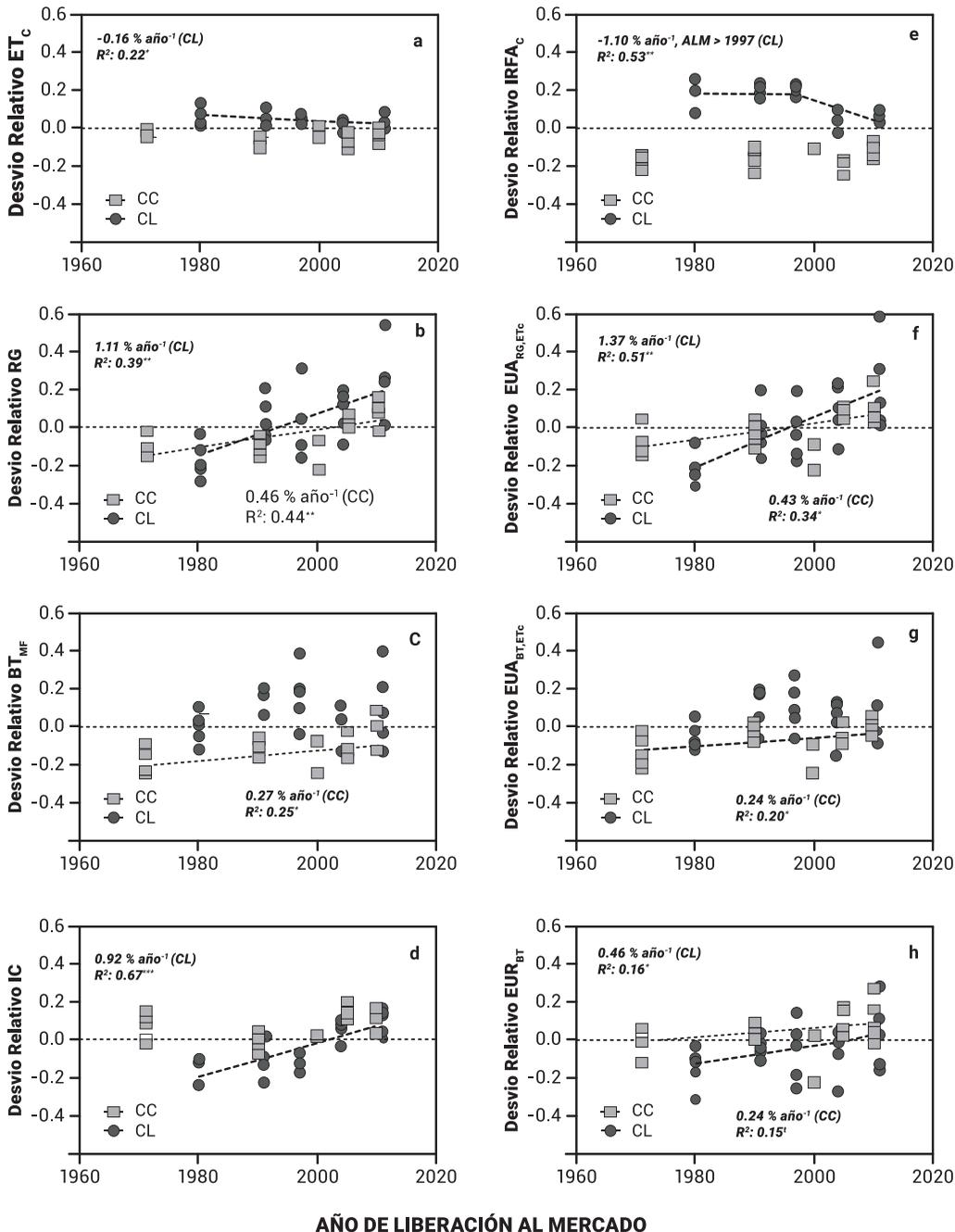
que mayores valores registraron bajo condiciones potenciales mientras que lo contrario sucedió bajo condiciones de restricciones hídricas (datos no mostrados). Cuando los efectos ambientales fueron eliminados mediante el empleo de los desvíos relativos, efectos significativos del proceso de mejora fueron detectados en el rendimiento en ambos grupos de cultivares. Los valores de progreso del rendimiento fueron de 1,11 y 0,46 %/año para los cultivares de CL y CC, respectivamente. Dicha mejora estuvo acompañada de un incremento del IC en los cultivares de CL y de la producción de biomasa en los cultivares de CC (Figura 1). Por otro lado, es importante destacar que no se observaron efectos significativos del mejoramiento en la captura de agua y radiación entre los cultivares de CC pero sí en los de CL. Una reducción del 0,16 %/año de la  $ET_c$  durante todo el periodo analizado y del 1,11 %/ año a partir de 1997 para  $IRFA_c$  fueron registrados entre los cultivares de CL (Figura 1). Esta reducción en la captura de agua coincide con lo observado en Australia desde principio de siglo XX hacia mediados de la década de los '80 (Siddique *et al.*, 1990). Esta reducción en  $ET_c$  registrada estaría asociado a una reducción de la longitud del ciclo en los cultivares modernos de CL que se registró en condiciones potenciales (Curin *et al.*, 2021). Es importante destacar que se registraron efectos significativos en las  $EUA_{RG,ET_c}$  y  $EUR_{BT}$  en ambos grupos de cultivares (para este último entre los cultivares de CC  $P < 0,10$ ). Finalmente se detectaron efectos significativos sobre de la  $EUA_{BT,ET_c}$  sólo entre los grupos de cultivares de CC (Figura 1) lo cual coincidiría con lo registrado en Australia recientemente (Sadras y Lawson, 2013).

## Conclusiones

El mejoramiento del trigo tuvo un efecto marcado en las EUAs, que no se pudo atribuir a variaciones en el consumo de agua de los cultivares (*i.e.*,  $ET_c$ )

y parecería estar exclusivamente relacionado con las variaciones registradas en EUR. Las mejoras observadas en las EUAs resultaron en mayor RG

sin cambios en la captura de agua, producto de una mayor partición de biomasa en los cultivares de CL y mayor producción de biomasa en los cultivares de CC. De esta forma validamos la hipótesis inicial planteada en la introducción de este trabajo.



**Figura 1.** Respuesta de los desvíos relativos al año de liberación de los cultivares. Los datos corresponden a (a) evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ), (b) rendimiento en grano (RG), (c) biomasa total a madurez fisiológica ( $BT_{MF}$ ), (d) índice de cosecha (IC), (e) radiación fotosintéticamente activa incidente acumulada ( $IRFA_c$ ), (f) eficiencia en el uso del agua para producir grano ( $EUA_{RG,ET_c}$ ), (g) eficiencia en el uso del agua para producir biomasa ( $EUA_{BT,ET_c}$ ), (h) eficiencia en el uso de la radiación ( $EUR_{BT}$ ). Los círculos y cuadrados representan a los cultivares de ciclo largo y ciclo corto respectivamente, Las líneas cortadas representan los modelos lineales significativos ajustados para los cultivares de CL y las líneas punteadas para los cultivares de CC

# Bibliografía

Andriani, J. M.; Magnano, L.; Sanmartí, N. 2016. *Modelo "cuanti-cualitativo" de escurrimiento superficial del agua en suelos agrícolas de la Región Pampeana Argentina*. En: Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo 34 : 293–301.

Calderini, D. F.; Dreccer, M. F.; Slafer, G. A. 1997. *Consequences of breeding on biomass, radiation interception and radiation-use efficiency in wheat*. En: Field Crops Research. 52, 271–281.

Sadras, V. O.; Lawson, C. 2011. *Genetic gain in yield and associated changes in phenotype, trait plasticity and competitive ability of South Australian wheat varieties released between 1958 and 2007*. En: Crop Pasture Sci 62 : 533–549.

Sadras, V. O.; Lawson, C. 2013. *Nitrogen and water-use efficiency of Australian wheat varieties released between 1958 and 2007*. En: European Journal of Agronomy 46: 34–41.

Siddique, K. H. M.; Tennant, D.; Perry, M. W.; Belford, R. K. 1990. *Water use and water use efficiency of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean-type environment*. En: Australian Journal Agricultural Research 41: 431–447.