

TRITICALE (*× Triticosecale* Wittmack): RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN UN AMBIENTE SEMIÁRIDO DE LA ARGENTINA

TRITICALE (*× Triticosecale* Wittmack): YIELD AND YIELD COMPONENTS IN A SEMIARID ENVIRONMENT OF ARGENTINA

Héctor Paccapelo¹, Víctor Ferreira^{2*}, Aurora Picca¹, Enzo Ferrari¹, Rodolfo Domínguez¹, Ezequiel Grassi², Analía Ferreira², Hernán di Santo², y Ernesto Castillo²

¹ Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Agronomía, RN 35 km 334. (CP 6300), Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

² Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Agronomía y Veterinaria, RN 36 km 601. (CP 5800), Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

* Autor para correspondencia E-mail: vferreira@ayv.unrc.edu.ar

RESUMEN

El rendimiento de grano por unidad de superficie y algunos de sus componentes de 18 líneas experimentales de triticales graníferos y tres cultivares doble propósito, se evaluaron durante 2009 a 2015 en Santa Rosa (36°37' S, 64°17' W), Provincia de La Pampa, Argentina, sobre un Paleoustol petrocálcico en condiciones naturales. La siembra se realizó bajo un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones y parcelas estándar. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) conjunto para los distintos caracteres analizados y se utilizaron las Diferencias Mínimas Significativas ($p \leq 0,05$) para separar promedios. Las interrelaciones entre caracteres se analizaron por medio de correlaciones fenotípicas, coeficiente de sendero (path analysis) y componentes principales. La variable dependiente fue el rendimiento de grano por unidad de superficie y los componentes del rendimiento considerados fueron: número de granos m^{-2} , número de espigas m^{-2} , número de granos por espiga y peso de 1000 granos. La fuente de variación Años explicó más de 70% de la variancia total, mientras que los Genotipos explicaron menos del 10%. La interacción genotipo \times año resultó significativa para peso de 1000 granos. Las líneas en conjunto rindieron 9% más que los testigos; las cuatro mejores rindieron más de 3.000 $kg\ ha^{-1}$, superando a los testigos en 25%. El rendimiento por unidad de superficie estuvo correlacionado en forma positiva y significativa con el peso de 1000 granos ($r = 0,49^{****}$) y el número de espigas m^{-2} ($r = 0,25^{**}$).

Palabras clave: Triticale, correlaciones fenotípicas, coeficientes de sendero, componentes principales.

ABSTRACT

Grain yield per unit area and some yield components of eighteen experimental strains and three dual-purpose cultivars of triticale were evaluated from 2009 to 2015 in Santa Rosa (36°37' S, 64°17' W), Province of La Pampa, Argentina, on a petrocalcic Paleoustol soil under natural conditions. The trial was conducted using a randomized complete block design with three replications and standard plots. ANOVA was used to analyze the variables studied, while comparisons between means were made using least significant differences ($p \leq 0.05$). Interrelationships between traits were analyzed using phenotypic correlations, path coefficients analysis and principal components. Grain yield per

unit area was the dependent variable. The yield components considered were: number of grains m^{-2} , number of spikes m^{-2} , number of grains per spike, and 1000-grain weight. The source of variation 'years' explained more than 70% of the total variation, whereas 'genotypes' accounted for less than 10%. Genotype \times year interaction was significant for 1000-grain weight. Experimental strains yielded 9% more than the checks. The four best strains yielded up $3,000 \text{ kg ha}^{-1}$, which represented 25% more than the checks. Grain yield per unit area of experimental triticale strains was positively and significantly correlated with the 1000-grain weight ($r = 0.49^{***}$) and the number of spikes m^{-2} ($r = 0.25^{**}$).

Key words: Triticale, phenotypic correlations, path coefficients, principal components.

INTRODUCCIÓN

El triticale (\times *Triticosecale* Wittmack) es un cereal que permite obtener cultivares adaptados a diferentes ambientes (Mergoum et al., 2004) y tiene múltiples usos en alimentación humana y animal (Peña, 2004). El cultivo ha tenido mayor desarrollo para alimento animal, dado la buena calidad del grano y los favorables rendimientos de materia seca comparados con otros cultivos de grano fino (Myer y Lozano del Río, 2004). El triticale se emplea en Argentina para pastura estacional de invierno y para doble propósito (pasto y grano forrajero), objetivos a los que tradicionalmente se ha dirigido el mejoramiento genético. La selección y producción de grano forrajero registra variados antecedentes (Grassi et al., 2003, 2004; Cardozo et al., 2005; Fernández, 2008; Donaire et al., 2011; Ferreira et al., 2015).

Los triticales graníferos actuales tienen, comparando con el trigo, buen potencial de rendimiento en ambientes sujetos a déficit hídrico y/o nutricional. Los progresos logrados en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) se debieron principalmente al aumento del índice de cosecha, de los granos m^{-2} , del número de espigas m^{-2} , del peso hectolítrico y a la disminución de la altura de planta (Mergoum et al., 2004).

La utilidad de las harinas para fabricar galletitas dulces y tortas está probada (Oliete et al., 2010). Se considera que para extender el uso del triticale a la alimentación humana se debe aumentar los rendimientos del cultivo y la calidad de las harinas. En nuestro país, la selección de genotipos de triticale con aptitud granífera para molienda se incorporó en forma relativamente reciente en programas de mejoramiento de las Universidades Nacionales de La Pampa y Río Cuarto (Castro et al., 2011; Castaño et al., 2015a, b; Ferreira et al., 2015).

En la Argentina aún no se dispone de líneas graníferas de buena calidad industrial, debiéndose mejorar la textura del endospermo, el arrugamiento de los granos, el peso hectolítrico y contenido de gluten. El peso hectolítrico y

el tamaño de los granos tiene influencia en el rendimiento potencial de las harinas, mientras que el crecimiento deficitario del cultivo aumenta el grado de arrugamiento del grano y decrece el rendimiento de harina debido a una menor proporción de endospermo respecto al salvado (Aguirre et al., 2002). La calidad industrial del grano ha sido motivo de intensos trabajos de mejoramiento en el CIMMYT y algunos cultivares alcanzaban al principio del siglo XXI los 80 kg hL^{-1} bajo condiciones experimentales favorables (Mergoum et al., 2004).

La identificación de atributos simples relacionados al rendimiento de grano permitiría agregar elementos contribuyentes a la selección de genotipos en un programa de mejora genética de los cultivos. El rendimiento de grano por unidad de superficie en triticale puede ser explicado por un modelo simple analizando sus componentes numéricos, como son el número de granos por metro cuadrado (y sus subcomponentes: número de espigas por metro cuadrado multiplicado por el número de granos por espiga) y el peso final de los mismos, producto de la tasa y duración del llenado (Slafer et al., 2004).

Numerosos estudios en trigo incluyen correlaciones entre el rendimiento y sus componentes, pero son escasos los referidos a triticale (Paccapelo et al., 2004; Gulmezoglu et al., 2010; Castro et al., 2011). Tales estudios, si bien ayudan a identificar aquellos de mayor influencia en el rendimiento, no siempre resultan informativos de la relación funcional entre componentes de diferente jerarquía y el producto final, ya que pueden estar interrelacionados entre sí en forma diversa, y producir compensaciones durante el desarrollo de la planta (Mariotti y Collavino, 2014).

Desde el punto de vista predictivo de la selección, es importante conocer si al seleccionar una característica se modifica otra que esté correlacionada con ella. Estas correlaciones, especialmente las negativas, pueden neutralizar los esfuerzos del mejorador. Las correlaciones simples no siempre resultan informativas de la relación funcional entre componentes de

diferente jerarquía y el producto final (Mariotti y Collavino, 2014). Estas consideraciones se han observado en cereales, donde los componentes del rendimiento ocurren en un orden sucesivo y pueden interactuar en forma compensatoria durante el desarrollo de la planta.

El método de análisis de sendero (path analysis) permite descomponer las correlaciones entre dos variables (X e Y), en una suma del efecto directo de X sobre Y, y los efectos indirectos de X sobre Y vía las otras variables independientes. El análisis tiene por objetivo identificar las posibles explicaciones causales de las correlaciones observadas entre una variable respuesta (dependiente) y una serie de variables predictoras (independientes) (Cruz y Carneiro, 2006).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento de grano de líneas experimentales de triticales graníferos en comparación con triticales de doble propósito, elucidar la importancia de algunos componentes de rendimiento a través de la metodología del coeficiente de sendero al analizar las interrelaciones entre los componentes y detectar líneas con posibilidades de ser inscritas en el Registro Nacional de Cultivares.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa, Argentina, ubicado en la localidad de Santa Rosa, provincia de La Pampa (36°46' S; 64°17' O, a 210 msnm), durante los años 2009 a 2015. El suelo se clasificó como Paleustol petrocálcico (Soil Survey Staff, 1999), con escasa pendiente superficial, valores promedio de pH = 6,1, nitratos = 11,2 mg kg⁻¹, fósforo = 10,8 mg kg⁻¹ y 1,42% de materia orgánica, y un manto cálcico en el subsuelo a una profundidad que varió entre 1,0 y 1,2 m. Se analizó el rendimiento en grano y sus componentes de 18 líneas experimentales de triticales graníferos y tres cultivares testigo inscritos en el Registro Nacional de Cultivares como de doble propósito (pasto y grano forrajero) (Tabla 1). Siete líneas experimentales corresponden a germoplasma de tipo facultativo y 11 a germoplasma de tipo primaveral introducido desde el CIMMYT, mientras que los cultivares inscritos corresponden a triticales facultativos. Casi todos los materiales empleados tienen diferente genealogía, salvo las entradas 15, 16 y 17 que son líneas derivadas del mismo cruzamiento. Los ensayos se efectuaron sin la aplicación de fertilizantes y riego suplementario.

Las fechas de siembra, usuales para la producción de grano en la región de referencia, fueron: 17/06/2009, 09/06/2010, 08/06/2011, 12/06/2012, 01/07/2013, 19/06/2014 y 17/06/2015,

con humedad edáfica suficiente para el establecimiento del cultivo en los siete años de evaluación. Las precipitaciones de octubre y noviembre fueron elevadas favoreciendo la floración y llenado del grano, excepto en octubre de 2009 (Fig. 1). Las temperaturas medias fueron acordes con los valores históricos, pero se registraron valores anormales en agosto de 2009 (24,0% superior), septiembre de 2011 (13,2% superior) y octubre de 2015 (19,2% inferior).

La siembra del ensayo se realizó bajo un diseño estadístico de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las parcelas comprendieron siete surcos separados a 20 cm y 5 metros de largo; la densidad de siembra fue de 250 semillas m⁻². Los datos de antesis fueron registrados cuando al menos la mitad de las espigas principales de cada parcela alcanzó el estadio Z65 (Zadoks et al., 1974). La fecha de madurez fisiológica fue tomada el día que las espigas perdieron su color verde por completo. La duración del llenado de grano se calculó como la diferencia entre el número de días a antesis y el número de días a madurez fisiológica.

A la madurez se recogió una muestra de plantas contenidas en un metro lineal del centro de la parcela. De esta muestra se obtuvo el número de espigas m⁻² (NEMC) y sobre una muestra de cinco espigas se determinó el número de granos por espiga (NGE). El número de granos metro⁻² (NGMC) se determinó como el producto del número de espigas m⁻² por el número de granos por espiga (NEMC x NGE). Las parcelas fueron cosechadas a madurez comercial y se registró el rendimiento de grano por unidad de superficie (RG) sobre una muestra de cinco m⁻². El peso de los granos (g) se calculó sobre una muestra de 200 granos y se convirtió a peso de 1000 granos (P1000).

El rendimiento y sus componentes fueron analizados mediante ANAVA conjunto, considerando los años y genotipos como efectos fijos. Cuando los niveles de significancia fueron p ≤ 0,05, se calcularon los promedios y se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS).

Las correlaciones fenotípicas (r) entre las variables se calcularon utilizando el coeficiente de correlación de Pearson, y se efectuó el análisis de coeficientes de sendero, considerando el rendimiento de grano como variable dependiente y los componentes del rendimiento como variables independientes. El coeficiente de determinación (R²) del carácter rendimiento se calculó como la sumatoria del producto del efecto directo por el coeficiente de correlación de la variable dependiente y la variable componente. Además, se realizó un análisis de componentes principales graficando el biplot correspondiente a los dos prime-

Tabla 1. Origen y duración del ciclo de vida de las líneas experimentales de triticale y testigos cultivados durante 2009 a 2015 en Santa Rosa, La Pampa, Argentina.**Table 1. Origin and length of the life cycle of the experimental triticale strains and cultivars tested during 2009-2015 in Santa Rosa, La Pampa, Argentina.**

Genotipo	Procedencia	Ciclo del cultivo (días)	
		Emergencia-Floración	Floración-Madurez fisiológica
Líneas experimentales			
1- LF 53 X LF37/12	UNRC (Córdoba)	122	46
2- T 60 X Tehuelche X LF65/6	UNRC (Córdoba)	128	38
3- LF 97 X T 312/11	UNRC (Córdoba)	129	41
4- CIM 03 FW/61	CIMMYT (México)	128	36
5- CIM 03 FW/64	CIMMYT (México)	119	39
6- CIM 03 FW/75	CIMMYT (México)	124	44
7- CIM 03 FW/77	CIMMYT (México)	121	42
8- CIM 03 IT/8	CIMMYT (México)	116	42
9- CIM 03 IT/12	CIMMYT (México)	118	40
10- CIM 05 IT/809	CIMMYT (México)	115	43
11- CIM 05 IT/810	CIMMYT (México)	117	42
12- CIM 05 IT/826	CIMMYT (México)	117	42
13- CIM 05 IT/829	CIMMYT (México)	113	39
14- CIM 05 IT/830	CIMMYT (México)	113	40
15- CIM 05 IT/832	CIMMYT (México)	114	41
16- CIM 05 IT/834	CIMMYT (México)	114	43
17- CIM 05 IT/835	CIMMYT (México)	115	42
18- Eronga 83	CIMMYT (México)	117	43
Cultivares			
19- Don Santiago INTA	EEA (INTA) G. Covas	125	41
20- Tizné-UNRC	UNRC (Córdoba)	125	38
21- Quiñé-UNRC	UNRC (Córdoba)	120	41

CIMMYT: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México.

UNRC: Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

EEA Guillermo Covas. INTA, Anguil, La Pampa, Argentina.

ros componentes. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de grano y sus componentes

En las regiones semiáridas, como la pampeana sur de la Argentina, se observa empíricamente que los rindes de los cultivos graníferos invernales son más dependientes de las precipitaciones que de los genotipos y otros factores ambientales. La disponibilidad de agua tiene un importante efecto sobre la productividad del cultivo y está determinada tanto por la cantidad y distribución de las lluvias como por la capacidad de retención de agua del suelo. Santa Rosa de La Pampa se ubica en una región semiárida caracterizada

por inviernos secos y fríos y un régimen de precipitaciones muy variable según el año, distribuidas entre primavera e inicios del otoño, con promedio histórico 1921-2011 de 640 mm.

La cantidad y distribución de las lluvias durante los años de prueba (2009 a 2015), fue contrastante tanto en el monto de precipitaciones anuales como de meses dentro de años. Así, los años 2009, 2010 y 2013 se caracterizaron por muy escasas precipitaciones durante el periodo de crecimiento vegetativo invernal del cultivo, o sea durante los meses de junio a agosto (Fig. 1), mientras que 2011 presentó precipitaciones muy escasas en septiembre y estas fueron anormalmente altas en agosto de 2012.

La Tabla 2 resume los cuadrados medios del ANAVA conjunto. La fuente de variación Años explicó más de 70% de la variancia total, con un

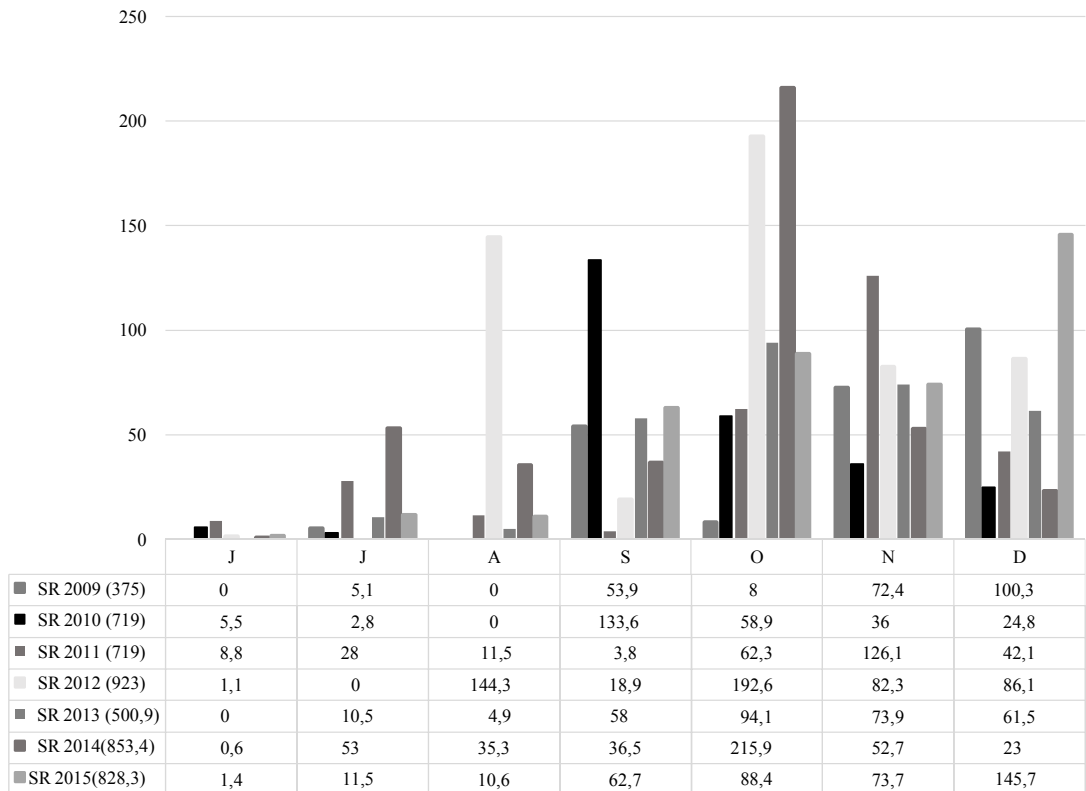


Fig. 1. Precipitaciones durante 2009-2015 en Santa Rosa (SR), La Pampa, Argentina. Fuente: Agroclimatología, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, Argentina.

Fig. 1. Rainfall during 2009-2015 in Santa Rosa (SR), La Pampa, Argentina. Source: Agroclimatology, Faculty of Agriculture, National University of La Pampa, Argentina.

Tabla 2. Cuadrados medios del rendimiento de grano y sus componentes de los triticales probados durante 2009-2015 en Santa Rosa, La Pampa, Argentina. Entre paréntesis se indica el porcentaje de contribución de cada componente.

Table 2. Mean square values of grain yield and yield components of the triticales tested during 2009-2015 in Santa Rosa, La Pampa, Argentina. Contribution of each component (%) is given in brackets.

Carácter	Genotipos (G)	Años (A)	Interacción (GxA)
Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	2348,0 (6,5) ($< 0,000$)	100240,0 (83,3) ($< 0,000$)	615,0 (10,2) ($< 0,162$)
Nº espigas m ⁻² (NEMC)	11125,0 (9,1) ($< 0,000$)	294397,0 (72,3) ($< 0,000$)	3648,0 (17,9) ($< 0,080$)
Nº granos por espiga (NGE)	3189,0 (7,1) ($< 0,000$)	5480,0 (73,0) ($< 0,000$)	77,6 (19,5) ($< 0,213$)
Nº de granos m ⁻² (NGMC)	13835,0 (2,8) ($< 0,081$)	1457124,0 (88,6) ($< 0,000$)	7031,0 (8,6) ($< 0,444$)
Peso 1000 granos (g)	127,9 (8,0) ($< 0,000$)	4244,3 (80,0) ($< 0,000$)	31,3 (11,8) ($< 0,000$)

mínimo de 72,3% para NEMC y un máximo de 88,6% para NGMC, resultando éste el componente del rendimiento de mayor contribución a la fuente Años. La fuente de variación Genotipo explicó menos del 10% de la variación total. Los valores de probabilidad fueron altamente significativos para todos los caracteres en ambas fuentes de variación, excepto para NGMC en Años.

La variación debida a la interacción genotipo x año (G x A) sólo resultó significativa para el P1000 y el PH. Resulta llamativo que la interacción G x A no resulte significativa para el rendimiento y varios de sus componentes, dado la gran variación interanual de las condiciones ambientales, particularmente las precipitaciones. Esto hace suponer que el grupo de genotipos probados es relativamente homogéneo en la respuesta ambiental, situación ya observada con otro grupo de líneas probadas durante cuatro años en las localidades Santa Rosa, La Pampa y Río Cuarto, Córdoba, Argentina (Ferreira et al., 2015).

Los valores promedio, máximos, mínimos y los coeficientes de variación de los caracteres analizados en cada año se presentan en la Tabla 3. Las diferencias estadísticas fueron significativas para el promedio de todos ellos; esto probablemente se deba más a las condiciones ambientales de cada año antes que a las diferencias genotípicas entre las líneas probadas. El principal factor ambiental lo constituye la diferencia en las precipitaciones de cada año de ensayo, las cuales, durante el periodo septiembre-octubre, variaron entre un mínimo de 61,9 mm en 2009 y un máximo de 252,4 mm en 2014, frente al promedio histórico para esos dos meses de 111,6 mm. Durante estos meses se cumple la mayor parte de las etapas de encañazón, espigazón y anthesis, señaladas como críticas para la determinación del rendimiento en cereales de fenología similar, como trigo y cebada, ya que durante ese periodo se determina el número de granos por unidad de área y el peso potencial de los granos (Miralles et al., 2014).

Los coeficientes de variación (CV) resultaron normales para trabajos de campo sujetos a las variaciones climáticas, siendo los del año 2009 los que resultaron más elevados para todos los caracteres. Ese año fue el de menores precipitaciones, sólo 375 mm en total frente a un promedio histórico de 640 mm, con muy fuerte estrés hídrico invernal y tan solo 61,9 mm durante septiembre-octubre (Fig. 1); esto se vio reflejado tanto en el rendimiento como en todos sus componentes.

Por otro lado, el año de rendimiento más alto fue 2010, lo cual se explica por los altos valores de NGE, NEMC y NGMC favorecidos por las lluvias primaverales, que acumularon

192,5 mm en setiembre-octubre (Fig. 1). Sin embargo, en 2012 y 2014 se registran mayores precipitaciones durante esos meses, 211,5 mm y 252,4 mm respectivamente, lo cual resulta contradictorio con los rendimientos obtenidos en 2010. La comparación de esos años y meses sugiere que en el lugar de prueba, septiembre es el mes clave para determinar el rendimiento y sus componentes, ya que en 2010 se registraron 133,6 mm frente a 18 y 36,5 mm de 2012 y 2014, años en los que las precipitaciones abundantes recién ocurrieron durante el mes de octubre.

Los registros térmicos, tanto de temperaturas medias como de heladas indican que ambos factores tienen menor importancia en la determinación del rendimiento que las precipitaciones de inicio de la primavera. Como ya se comentara, las temperaturas medias, salvo casos de algunos meses durante los 7 años de ensayo, se mantuvieron acordes con los promedios históricos variando en $\pm 10\%$; por otro lado, las heladas meteorológicas tampoco parecen tener alta influencia dado que el promedio histórico es de 50 heladas y durante los años de ensayo variaron de 41 a 50 con un solo caso durante 2013, año en que se registraron 59 heladas. Además se consigna que las últimas heladas ocurrieron previo a la floración del cultivo.

Los promedios de todos los caracteres de cada línea probada y los testigos se presentan en la Tabla 4. El rendimiento de grano de las líneas experimentales fue 9,15% superior a los cultivares testigos registrados como de doble propósito. Los porcentajes de superioridad de los componentes del rendimiento fueron: NGE 2,5%, NEMC 8,9%, NGMC 6,1% y P1000 4%. Las líneas experimentales rindieron en promedio 240 kg ha⁻¹ más que los testigos. Este valor sube a 380 kg ha⁻¹ si se excluyen del cálculo a las líneas facultativas 1 a 4 que tuvieron baja aptitud agronómica y rendimiento inferior a la media de los testigos.

Las líneas experimentales primaverales 9, 13, 14 y 17 fueron las de mayores rendimientos promedio para los 7 años de prueba: 3.096, 3.172, 3.329 y 3.408 kg ha⁻¹ respectivamente; todas ellas son introducciones efectuadas por la Universidad Nacional de Río Cuarto a través de la cooperación con el CIMMYT y provienen del Vivero Internacional de Rendimiento (ITYN). Considerando un cálculo similar al del párrafo anterior, si se consideraran solo estas cuatro líneas, su rendimiento promedio fue 3.251 kg ha⁻¹, lo cual significa 25% más que los testigos e implica casi 650 kg ha⁻¹. Esto último permite calificarlas como promisorias para su registro como nuevos cultivares.

La superioridad de las líneas 17 y 14 a lo largo de los años de prueba, resulta del alto NGE (34,8)

Tabla 3. Rendimiento y sus componentes de los triticales experimentales y cultivares testigo probados durante 2009-2015 en Santa Rosa, La Pampa, Argentina. Medias, valores mínimos, máximos y coeficientes de variación.

Table 3. Yield and components of the experimental triticale strains and cultivar checks tested during 2009-2015 in Santa Rosa, La Pampa, Argentina. Means, minimum and maximum values, and coefficients of variation.

	Año	Media	Mínimo	Máximo	C.V. (%)
Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	2009	596,8 e	302,5	931,6	30,6
	2010	4420,6 a	2783,3	5712,5	19,1
	2011	2624,6 c	1600,0	3466,6	17,7
	2012	3414,0 b	2533,6	4262,0	13,6
	2013	1904,9 d	1114,1	2366,6	18,8
	2014	2839,5 c	1840,2	3869,1	21,8
	2015	3724,1 b	1451,2	5050,0	13,5
N° espigas m ⁻² (NEMC)	2009	191,6 d	123,3	291,6	26,0
	2010	322,8 ab	193,3	451,6	18,5
	2011	256,6 b	191,6	312,5	14,2
	2012	232,6 c	179,9	299,9	12,5
	2013	272,0 b	214,1	315,0	10,3
	2014	198,7 d	160,0	268,3	12,8
	2015	383,8 a	265,0	545,0	13,5
N° de granos por espiga (NGE)	2009	19,1 d	9,9	32,1	27,0
	2010	39,9 b	30,4	54,5	15,9
	2011	38,5 b	28,5	53,0	17,0
	2012	26,6 c	19,1	39,6	18,4
	2013	30,1 b	25,3	35,3	10,6
	2014	26,8 c	20,5	34,0	12,6
	2015	44,8 a	26,5	68,0	12,5
N° de granos m ⁻² (NGMC)	2009	3400,2 e	665,0	6863,0	40,4
	2010	12650,6 ab	4746,0	23035,0	25,3
	2011	9902,5 b	3780,0	22100,0	36,7
	2012	6136,8 d	2654,0	11400,0	29,7
	2013	8175,4 c	4781,0	14300,0	23,1
	2014	5324,9 d	2678,0	9375,0	30,8
	2015	17071 a	10360,0	30247,0	22,1
Peso 1000 granos (g)	2009	21,2 f	13,5	27,4	17,4
	2010	39,9 c	30,9	46,0	10,7
	2011	38,5 d	33,6	43,4	6,6
	2012	41,5 b	35,3	46,0	7,4
	2013	28,8 e	22,6	34,0	10,1
	2014	44,8 a	39,0	55,3	11,5
	2015	38,6 d	25,0	51,2	9,6

y P1000 (39,1 g) de la primera, y del P1000 (39,6 g) y el NEMC (301,6) de la segunda. Además, resultaron entre 7 y 12 días más precoces que los testigos y de muy buen comportamiento agronómico en el ambiente subhúmedo seco de Río Cuarto, Córdoba (Grassi, E. 2015. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Comunicación personal).

Adicionalmente, a los efectos de su posible

registro como cultivares, se consideró el peso hectolítrico de los granos como componente de la calidad molinera. El promedio de las líneas para los 7 años fue 67,4 kg hL⁻¹ (rango de variación 60,1 - 72,9 kg hL⁻¹). Las entradas 17 y 14 tuvieron promedio de 69,0 y 68,3 kg hL⁻¹ respectivamente, valores que las clasifica como aceptables para este parámetro de calidad molinera.

Ensayos anteriores realizados en la Argentina

Tabla 4. Valores promedio del rendimiento y sus componentes de líneas graníferas de triticale y testigos cultivados durante 2009-2015 en Santa Rosa, La Pampa, Argentina.**Table 4. Yield mean values and components of grain triticale strains and cultivated checks tested during 2009-2015 in Santa Rosa, La Pampa, Argentina.**

Genotipo	Rendimiento	N° de espigas m ⁻²		N° de granos por espiga		N° de granos m ⁻²		Peso 1000 granos		
		kg ha ⁻¹	-----	N°	-----	-----	-----	g		
1- LF 53 x LF37/12	2539,0	efghi	235,2	fg	36,4	ab	8979,9	bcdefg	33,6	ij
2- T 60 x Tehu x LF65/6	2316,0	hi	240,1	fg	33,2	bcde	8351,4	efg	33,2	j
3- LF 97 x T 312/11	2136,6	i	258,1	cdefg	31,0	cdefg	8369,8	efg	33,8	hij
4- CIM 03 FW/61	2318,7	hi	280,3	bcd	32,4	bcdef	9501,2	abcdef	32,5	j
5- CIM 03 FW/64	2974,2	abcde	276,2	bcde	31,6	cdefg	9124,6	abcdefg	34,1	ghij
6- CIM 03 FW/75	2765,2	cdefg	279,8	bcd	28,5	fg	8489,0	defg	36,1	def
7- CIM 03 FW/77	2895,4	bcdef	266,3	cdefg	30,2	defg	8723,7	cdefg	37,7	bdce
8- CIM 03 IT/8	2991,8	abcd	300,4	ab	27,9	g	8556,0	defg	39,1	ab
9- CIM 03 IT/12	3095,7	abc	314,8	a	32,5	bcdef	10704,8	a	33,8	hij
10- CIM 05 IT/809	2914,5	bcdef	265,2	cdef	36,6	ab	10334,3	ab	38,0	bcd
11- CIM 05 IT/810	2984,6	abcd	243,7	efg	34,8	abc	8903,5	bcdefg	37,1	cdef
12- CIM 05 IT/826	2875,1	cdef	240,0	fg	34,2	bcd	8601,5	defg	39,3	ab
13- CIM 05 IT/829	3172,3	abc	289,6	abc	32,9	bcd	10073,1	abcd	35,8	efg
14- CIM 05 IT/830	3329,2	ab	301,6	ab	29,2	efg	9286,9	abcdefg	39,6	ab
15- CIM 05 IT/832	2778,2	cdefg	265,3	cdef	31,8	cdefg	8725,7	cdefg	40,2	a
16- CIM 05 IT/834	2774,5	cdefg	253,5	defg	29,7	efg	8073,5	efg	38,4	abc
17- CIM 05 IT/835	3407,7	a	260,9	cdefg	34,8	abc	9617,4	abcde	39,1	ab
18- Eronga 83	2633,5	defgh	261,4	cdefg	38,6	a	10317,8	abc	34,1	ghij
Promedio ± D.E.	2827,9 ± 342,5		268,5 ± 22,8		32,6 ± 3,0		9151,9 ± 780,1		36,4 ± 2,6	
19- Don Santiago INTA	2831,8	cdefg	261,6	cdefg	31,8	cdefg	8876,4	bcdefg	35,6	fgh
20- Tizné-UNRC	2519,6	fghi	230,8	g	33,0	bcde	7921,7	fg	35,2	fghi
21- Quiñé-UNRC	2413,9	ghi	246,0	efg	30,8	cdefg	7883,4	g	34,0	ghij
Promedio ± D.E.	2588,5 ± 217,3		246,1 ± 15,4		31,8 ± 1,1		8619,5 ± 2193,3		35,0 ± 8,6	

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas DMS ($p \leq 0,05$).

muestran la gran variación del rendimiento según genotipos y ambientes. En Río Cuarto, provincia de Córdoba, se encontraron valores extremos de 1.055 kg ha⁻¹ y 400 kg ha⁻¹ empleando cultivares de doble propósito (Cardozo et al., 2005), pero en años anteriores, con mejoras agronómicas, los mismos cultivares habían rendido entre 2.000 y 3.000 kg ha⁻¹ (Grassi et al., 2003; 2004). En Marcos Juárez, Córdoba, el rendimiento promedio de 11 variedades facultativas fue de 1.149 kg ha⁻¹ en 2010, mientras que en Santa Rosa, provincia de La Pampa, evaluaciones de líneas experimentales del mismo tipo durante 2008 a 2010, dieron un promedio de 1.945 kg ha⁻¹ (Castro et al., 2011).

Los rendimientos que se mencionan en otros países son mayores a los obtenidos en Argentina, pero normalmente se logran con estándares tecnológicos muy superiores, particularmente de fertilización nitrogenada, y en ambientes diferentes. Así, Goyal et al. (2011) en Alberta, Canadá, obtienen un rendimiento promedio de 5.680 kg ha⁻¹ de 20 genotipos 6x durante 2005-2008,

mientras que en países europeos los promedios 2008-2012 de variedades invernales, tuvieron valores entre 6.732 kg ha⁻¹ en Bélgica y 5.394 kg ha⁻¹ en Francia (EMBRAPA TRIGO, 2014a).

Por otro lado, en el estado de México, con clima templado frío, precipitaciones totales de 800 a 1.300 mm al año, dos variedades modernas y alta fertilización nitrogenada fraccionada en distintos estados fenológicos (250 kg ha⁻¹) más P y K, Ballesteros Rodríguez et al. (2015) obtienen rendimientos máximos de 5.740 y 5.580 kg ha⁻¹ en un conjunto de ensayos realizados con riego y secano según la fecha de siembra empleada.

Más acorde con las condiciones de los ensayos aquí presentados, en Australia se verifica un promedio de grano de 2.500 kg ha⁻¹, con rango de variación desde 1.000 a 7.000 kg ha⁻¹ según zona y año (Cooper et al., 2004), mientras que en clima mediterráneo del sur de España los rendimientos promedio de variedades graníferas primaverales rondan los 2.300 kg ha⁻¹ (Royo et al., 2004).

Los resultados logrados en países del Cono

Sur de América también son muy variables y sin excepción se utiliza fertilización nitrogenada y fosfatada acorde a las carencias de los suelos. En el estado de Río Grande do Sul, uno de los mayores productores de triticale de Brasil, con clima templado-subtropical y precipitaciones anuales promedio superiores a 1.160 mm, se registra rendimiento medio durante 2010-2013 de 5.531 kg ha⁻¹ (EMBRAPA TRIGO, 2014b). En Uruguay, durante 2014, en condiciones experimentales, con temperaturas julio-noviembre superiores al promedio y precipitaciones muy superiores a la media histórica (1.117 mm durante mayo-noviembre), los triticales graníferos rindieron en promedio 5.278 kg ha⁻¹ (INASE-INIA ROU, 2014), mientras que en Chile, donde los triticales se cultivan, al igual que trigo, con altas dosis de fertilización nitrogenada y fosfatada, el cv. de primavera Aguacero INIA liberado en 2005, rindió entre 7,0 y 12,0 toneladas de grano por hectárea según región de prueba (Mellado et al., 2005; 2008).

El mejoramiento con destino esencialmente forrajero dado al triticale en la Argentina pudo haber limitado su potencial granífero. A nivel mundial es común que se comparen los rendimientos de triticale con los de trigo pan, registrándose rendimientos similares o levemente superiores en casi todos los casos. En la Argentina prácticamente todas las evaluaciones comparativas entre triticale y trigo se realizaron en la provincia de La Pampa. Así, Fernández (2008) en pruebas efectuadas en Santa Rosa, encontró que el triticale granífero Eronga 83, originario del CIMMYT, superó al trigo pan Buck Guaraní en 27,3% y al trigo candeal Buck Cristal en 28,8%, ambos producto del programa de mejoramiento del Criadero Buck Semillas S.A. Otro antecedente se registra en la Estación

Experimental Agropecuaria Anguil (INTA), de ubicación muy cercana a Santa Rosa, donde el promedio de rendimiento de trigo durante 2005-2008 fue de 1.327 kg ha⁻¹ (Romano et al., 2010), esto es, más de 50% inferior al de las líneas experimentales analizadas en estos ensayos.

Las correlaciones fenotípicas entre las variables se calcularon utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Tales correlaciones constituyen una medida de la magnitud de la asociación lineal entre dos variables, sin considerar causa-efecto entre ellas independientemente de sus unidades.

Los valores de las correlaciones simples obtenidas entre pares de caracteres se resumen en la Tabla 5. Las correlaciones entre el RG y sus componentes fueron todas positivas y altamente significativas. Castro et al. (2011), en evaluaciones de triticale realizadas en el mismo ambiente que los ensayos aquí analizados, también encontraron altas y significativas correlaciones del RG con sus componentes, destacándose en este caso la relativa al P1000 granos.

Con respecto a las correlaciones entre los diferentes componentes (Tabla 5), el NEMC tuvo una alta correlación positiva con los granos m² y los granos por espiga, resultando no significativa la correlación con el peso de mil granos. En forma coincidente, Castro et al. (2011) en la misma localidad encontraron correlación significativa, pero algo menor con los granos m² y altamente significativa con el peso de mil granos (0,63**), a diferencia del presente estudio donde resultó no significativa.

El NGE de las líneas probadas presentó alta asociación positiva con el número de granos m², y en menor medida, aunque también positiva y significativa, con el peso de mil granos. Otros

Tabla 5. Grado de asociación entre el rendimiento de grano y sus componentes en líneas experimentales de triticales graníferos probados durante 2009-2015 en Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

Table 5. Degree of association between yield and yield components in experimental grain strains of triticale tested during 2009-2015 in Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

	NEMC	NGE	NGMC	Peso 1000
RG	0,56 ***	0,58***	0,62****	0,76****
NEMC	1	0,58***	0,87****	0,13
NGE		1	0,88****	0,37**
NGMC			1	0,26**
Peso 1000				1

RG = rendimiento en grano; NEMC = N° de espigas m²; NGE = N° de granos por espiga; NGMC = N° de granos m²; Peso 1000 = peso de mil granos.

*(p ≤ 0,05); ***(p < 0,01); ****(p < 0,001); *****(p < 0,0001).

trabajos en la misma localidad mostraron asociaciones similares entre estos caracteres (Castro et al., 2011; Castaño et al. 2015b).

Análisis del coeficiente de sendero

El análisis de sendero provee posibles explicaciones causales de las correlaciones observadas entre una variable respuesta (dependiente) y una serie de variables predictoras (independientes), separando los efectos directos de una variable sobre otra y los efectos indirectos de una variable sobre otra vía una o más variables independientes (Di Rienzo et al., 2015).

El sistema incluye cuatro componentes: número de espigas m², número de granos por espiga, número de granos m² y peso de mil granos. Estos componentes dieron un coeficiente de determinación total (R²) que explicó el 80,2% de la variación fenotípica para el rendimiento

de grano (Tabla 6). La inclusión de nuevos componentes al sistema podría mejorar el grado de determinación. A pesar del significativo grado de correlación entre el RG y NGE ($r = 0,50$, $p \leq 0,0001$) y entre el RG y el NGMC ($r = 0,59$; $p \leq 0,0001$), las mismas pierden significancia cuando se determinan sus efectos directos sobre la variable dependiente (rendimiento de granos).

El peso de 1000 granos tuvo un efecto directo positivo y muy altamente significativo sobre el rendimiento por unidad de superficie, mientras que el efecto del número de espigas m² resultó positivo y significativo al 1% (Tabla 6).

Por otra parte, se destacan los efectos indirectos sobre el rendimiento, positivos y significativos del número de granos por espiga vía peso de 1000 granos, significativo al 5% y de los granos m² vía espigas m², significativo al 1%; (Tabla 6).

Tabla 6. Efectos directos e indirectos de los componentes del rendimiento sobre el rendimiento por unidad de superficie de las líneas experimentales de triticale granífero probadas durante 2009-2015 en Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

Table 6. Direct and indirect effects of yield components on yield per unit area in triticale experimental strains tested during 2009-2015 in Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

	Directo	Indirecto	Total
NEMC vs RG			
Efecto directo	0,35**		
Efecto indirecto vía NGE		0,04	
Efecto indirecto vía NGMC		0,05	
Efecto indirecto vía Peso 1000		0,07	
Correlación total			0,51****
NGE vs RG			
Efecto directo	0,11		
Efecto indirecto vía NEMC		0,14	
Efecto indirecto vía NGMC		0,05	
Efecto indirecto vía Peso 1000		0,20*	
Correlación total			0,50****
NGMC vs RG			
Efecto directo	0,06		
Efecto indirecto vía NEMC		0,28**	
Efecto indirecto vía NGE		0,09	
Efecto indirecto vía Peso 1000		0,15	
Correlación total			0,59****
Peso 1000 vs RG			
Efecto directo	0,61****		
Efecto indirecto vía NEMC		0,04	
Efecto indirecto vía NGE		0,04	
Efecto indirecto vía NGMC		0,02	
Correlación total			0,70****

RG = rendimiento en grano; NEMC = N° de espigas m²; NGE = N° de granos por espiga; NGMC = N° de granos m²; Peso 1000 = peso de mil granos.

*($p \leq 0,05$); **($p < 0,01$); ***($p < 0,001$); ****($p < 0,0001$).

Castro et al. (2011) en dos años de evaluación de líneas experimentales de triticales doble propósito en Santa Rosa, La Pampa, Argentina, señalan que rendimiento de grano por unidad de superficie tuvo como componentes significativos el peso de 1000 granos ($r = 0,50^{**}$) y el número de granos por espiga ($r = 0,37^*$). Gulmezoglu et al. (2010) encontraron en Turquía una correlación entre el rendimiento de grano por unidad de superficie y el peso de mil granos de $0,60^{***}$ en evaluaciones comparativas de triticales con otros cereales invernales.

Varios trabajos realizados en trigo, uno de los parentales del triticale, se han tomado como referencia dada la escasa información específica existente. En la Argentina se ha destacado la alta correlación positiva del número de granos por unidad de superficie con el rendimiento (Fraschina et al., 2004; García et al., 2013). Sin embargo, la extensa región triguera argentina comprende ambientes de producción semiáridos, subhúmedos y húmedos, que permitirían una expresión distinta sobre el llenado de los granos (Fraschina et al., 2004), carácter del que se menciona plasticidad y variación importante (García et al., 2013). Las mismas particularidades son dables de esperar en el cultivo de triticale, cuya área de cultivo potencial es similar a la triguera. Los progresos logrados por el CIMMYT en trigos primaverales entre 1966 y 2008 cultivados en condiciones de alta tecnología, resultan más asociados con mejoras en el peso de los granos que con incrementos en el número de granos por unidad de superficie (Aisawi et al., 2015).

En el caso del trigo, a diferencia del número de granos, el componente peso final de los granos se define en una etapa acotada del ciclo y está determinado por la tasa de acumulación de materia seca y la duración del periodo de llenado (Slafer et al., 2004). Otros estudios en trigo determinaron que el periodo previo a la antesis (p. ej. 10 días previos) resulta relevante para la definición del peso potencial de los granos, porque está vinculado con el crecimiento de los futuros granos que ocurre entre los estadios de vaina engrosada y antesis (Calderini et al., 1999a). Las condiciones ambientales durante esta fase resultan críticas para el peso final de los granos (Calderini et al., 1999b).

El tiempo promedio de emergencia a floración de las líneas experimentales fue de 119 días, con un rango de variación de 113 a 129 días (Tabla 1). De acuerdo a la fecha de siembra promedio, la floración plena ocurrió a mediados de octubre, comenzando el desarrollo del grano que llegó a madurez fisiológica 41-42 días después, o sea a fines de noviembre. La correlación entre el peso de 1000 granos y las lluvias de octubre

fue positiva y significativa ($r = 0,64^{**}$). Durante ese mes, tomando al trigo como referencia, ocurre la fase lenta de acumulación de materia seca y el inicio de la fase lineal, donde hay una marcada acumulación de biomasa en el grano y se definen aquellos componentes que lo hacen comercialmente valioso (Calderini et al., 1999b).

El componente número de espigas m^{-2} depende del macollaje y de la supervivencia de los macollos. El inicio de macollaje da comienzo a un periodo de generación de vástagos que alcanzan su número máximo coincidiendo aproximadamente con el inicio de encañazón, luego del cual, se produce la mortalidad de los estériles y se establece el número final de vástagos fértiles (Slafer et al., 2004). Teniendo en cuenta las fechas promedio de los ensayos, el macollaje se inició a mediados de julio y finalizó a mediados de septiembre. Considerando las precipitaciones del período se encontró una correlación positiva y altamente significativa entre el NEMC y las registradas durante septiembre ($r = 0,51^{**}$), mes en el que ocurre la encañazón del cultivo.

Otro componente ambiental de importancia es la temperatura y las correlaciones reflejan su efecto sobre el rendimiento y sus componentes. De acuerdo al comportamiento de las líneas probadas, las temperaturas medias relativamente altas en el mes de agosto, aceleraron el inicio de la encañazón en detrimento del RG ($r = -0,56^{***}$) y los componentes NGE ($r = -0,48^{***}$) y P1000 ($r = -0,46^{***}$). Por su parte, temperaturas más elevadas en octubre, mes durante el cual se inició el desarrollo del grano, afectaron negativamente el NGE ($r = -0,6^{**}$), el NEMC ($r = -0,67^{**}$) y por ende en el NGMC ($r = -0,76^{***}$).

Análisis de componentes principales

La Fig. 2 muestra el análisis de componentes principales para los caracteres en estudio. Se utilizaron los dos primeros componentes, que explicaron el 75,2% de la variabilidad total. Los componentes principales 1 (CP1) y 2 (CP2) describieron respectivamente 43,3% y 31,9% de la variación; el CP1 fue explicado por los caracteres rendimiento de grano, y número de espigas m^{-2} , todas proyectadas en el eje positivo del CP1.

En esta región del gráfico se destacaron los cuatro genotipos de mayor rendimiento: 9 (CIM 03 IT/12), 13 (CIM 05 IT/829), 14 (CIM 05 IT/830) y 17 (CIM 05 IT/835); estos dos últimos ya fueron mencionados como posibles nuevos cultivares. La CP2 fue explicada por el número de granos por espiga y número de granos m^{-2} . El genotipo 18 (Eronga 83) se destacó en estos caracteres, por ser de tipo granífero. Los cultivares registrados como de doble propósito forrajero Don Santiago INTA (19), Tizné-UNRC (20) y Quiñé-UNRC (21)

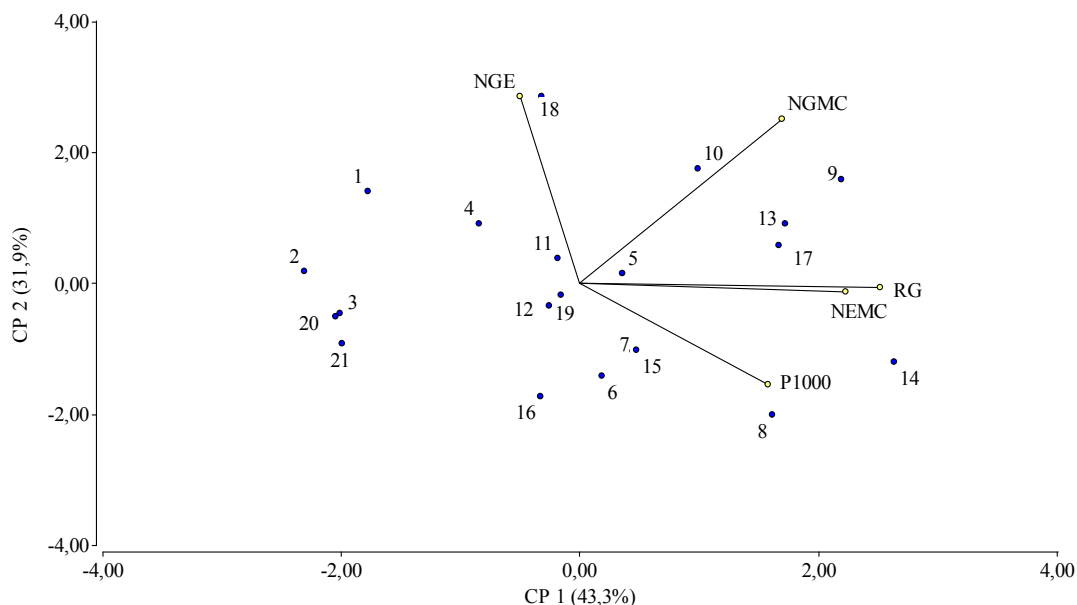


Fig. 2. Biplot conformado por las dos primeras componentes principales (CP1 y CP2) del rendimiento de grano y sus componentes en 21 genotipos de triticale probados durante 2009 a 2015 en Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

Fig. 2. Biplot according the first two principal components (PC1 and PC2) of grain yield and yield components in 21 triticale genotypes tested during 2009-2015 in Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

RG = rendimiento en grano; NEMC = N° de espigas m^{-2} ; NGE = N° de granos por espiga; NGMC = N° de granos m^{-2} ; Peso 1000 = peso de mil granos.

no presentaron asociación con ningún carácter, es decir no se destacaron por su rendimiento ni por los componentes del mismo, probablemente debido a que son cultivares facultativos producto de la mejora para doble propósito

La asociación fue positiva entre los caracteres rendimiento en grano y número de espigas por m^{-2} , ya que sus vectores se orientan en la misma dirección y forman ángulos agudos entre los correspondientes caracteres. El número de granos por espiga y el número de espigas m^{-2} forman un ángulo casi recto indicando falta de correlación entre estos caracteres, situación que también se observa entre el número de granos m^{-2} y peso de 1000 granos.

CONCLUSIONES

El peso de mil granos y el número de espigas m^{-2} fueron los determinantes directos del rendimiento de grano por unidad de superficie de triticales con aptitud granífera en el ambiente semiárido donde fueron probados, sin detectarse variables indirectas sobre los mismos. El coeficiente de sendero resultó una metodología

útil para dilucidar las interrelaciones entre las variables determinantes del rendimiento de grano y mejoran la información que brindan los coeficientes de correlación simple y el análisis de componente principales, ya que estos, como un medio de analizar el grado de asociación entre los caracteres, modifican los valores de los efectos de los componentes sobre el rendimiento. Los ensayos repetidos durante varios años y los análisis efectuados permitieron identificar dos líneas posibles de registrar como nuevos cultivares graníferos.

LITERATURA CITADA

- Aguirre A., O. Badiali, M. Cantarero, A. León, P. Ribotta, and O. Rubiolo. 2002. Relationship of test weight and kernel properties to milling and baking quality in argentine triticales. *Cereal Res. Communications* 30(1/2):203-208.
- Aisawi, K., M. Reynolds, R. Singh, and M. Foulkes. 2015. The physiological basis of the genetic progress in yield potential of CIMMYT spring wheat cultivars from 1966 to 2009. *Crop Sci.* 55(4):1749-1764.

- Ballesteros Rodríguez, E., E. Morales Rosales, O. Mora, E. Cuevas, G. Astrada Campuzano, y F. Gutiérrez Rodríguez. 2015. Manejo de la fertilización nitrogenada sobre los componentes del rendimiento en triticale. *Rev. Mexicana Cienc. Agríc.* 6(4):721-733.
- Calderini, D., L. Abeledo, R. Savin, and G. Slafer. 1999a. Carpel size and temperature in pre-anthesis modify potential grain weight in wheat. *J. Agric.Sci.* 132(4):453-459.
- Calderini, D., L. Abeledo, R. Savin, and G. Slafer. 1999b. Final grain weight in wheat as affected by short periods of high temperature during pre- and post-anthesis under field conditions. *Aust. J. Plant Physiol.* 26(5):453-458.
- Cardozo M., E. Grassi, B. Szpiniak, y V. Ferreira. 2005. Selección de introducciones de triticale para doble propósito. *Rev. Univ. Nac. Río Cuarto* 25(2):109-123.
- Castañó, M., P. Ribotta, V. Ferreira, E. Grassi, A. Ferreira, H. di Santo, et al. 2015a. Aptitud de las harinas integrales de triticales (*x Triticosecale* Wittmack) para la elaboración de galletitas. *Rev. Facultad de Agronomía, Univ. Nacional La Pampa* 25(1):25-39.
- Castañó, M., P. Ribotta, V. Ferreira, E. Grassi, A. Ferreira, H. di Santo, et al. 2015b. Análisis del perfil fisicoquímico de las harinas de triticales (*x Triticosecale* Wittmack) y su relación con la elaboración de galletitas de calidad. *Rev. SENASA* 1(9):1-14.
- Castro, N., R. Domínguez, y H. Paccapelo. 2011. Análisis del rendimiento de grano y sus componentes en cereales sintéticos (trícepiros y triticales). *Rev. Facultad de Agronomía, Univ. Nac. La Pampa* 22:13-21.
- Cooper, K., R. Jessop, and N. Darvey. 2004. Triticale in Australia. p. 87-92. In Mergoum, M., and H. Gómez Macpherson (eds.) *Triticale Improvement and Production. Plant Production and Protection Paper 179.* FAO, Rome, Italy.
- Cruz, C.D., e P.C.S. Carneiro. 2006. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. v. 2, 585 p. 2ª ed. Viçosa, MG, Editora UFV, Brasil.
- Di Rienzo, J., F. Casanoves, M. Balzarini, L. González, M. Tablada, y C. Robledo. 2015. *InfoStat versión 2015.* Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Donaire, G., C. Bainotti, B. Masiero, C. Gutiérrez, B. Conde, J. Salines, et al. 2011. Evaluación de cultivares de triticale doble propósito. Actualización Trigo 2011. Informe de Actualización Técnica N° 18:53-55. EEA Marcos Juárez, INTA, Córdoba, Argentina.
- EMBRAPA TRIGO. 2014a. O triticale no mundo. Documentos on line 150. Passo Fundo, RS, Brasil. http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do150_3.htm (Consulta 08 abril 2016).
- EMBRAPA TRIGO. 2014b. O triticale no Brasil. Documentos on line 150. Passo Fundo, RS, Brasil. http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do150_4.htm. (Consulta 8 de abril 2016).
- Fernández, M. 2008. Efecto de la época de siembra y la fertilidad sobre el rendimiento y sus componentes de tres especies graníferas invernales en la región de las planicies con tosca de la provincia de La Pampa. *Rev. Facultad de Agronomía, Univ. Nac. La Pampa* 19:41-62.
- Ferreira, V., E. Grassi, A. Ferreira, H. di Santo, E. Castillo, y H. Paccapelo. 2015. Triticales y trícepiros: interacción genotipo-ambiente y estabilidad del rendimiento de grano. *Chilean J. Agric. Anim. Sci.* 31(2):93-104.
- Fraschina, J., B. Formica, y B. Masiero. 2004. Caracterización del crecimiento del grano de trigo. *Cereales. Publicaciones Nacionales del INTA, Buenos Aires, Argentina.* IDIA XXI(6):40-42.
- García, G., A. Hasan, L. Puhl, M. Reynolds, D. Calderini, and D. Miralles. 2013. Grain yield potential strategies in an elite wheat double-haploid population grown in contrasting environments. *Crop Sci.* 53(6):2577-2587.
- Goyal, A., B. Beres, H. Ranchawa, A. Navabi, D. Salmon, and F. Eudes. 2011. Yield stability analysis of broadly adaptative triticale germplasm in southern and central Alberta, Canada, for industrial end-use suitability. *Can. J. Plant Sci.* 91(1):125-135.
- Grassi, E., L. Reynoso, A. Odorizzi, B. Szpiniak, y V. Ferreira. 2003. Producción de semilla en triticales forrajeros con riego suplementario en Río Cuarto, Córdoba. *Rev. Univ. Nac. Río Cuarto* 23(1-2):49-57.
- Grassi, E., A. Odorizzi, L. Reynoso, B. Szpiniak, y V. Ferreira. 2004. Producción de semilla en triticales forrajeros. Efecto de diferentes prácticas agronómicas. *Rev. Univ. Nac. de Río Cuarto* 24(1-2):43-56.
- Gulmezoglu, N., O. Alpu, and E. Ozer. 2010. Comparative performance of triticale and wheat grains by using path analysis. *Bulgarian J. of Agric. Sci.* 16(4):443-453.
- INASE-INIA. 2014. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de triticale y trigo doble propósito. 8 p. Período 2014. Ed. Inst. Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA La Estanzuela, Colonia, R. O. del Uruguay.

- Mariotti, J., y N. Collavino. 2014. Los caracteres cuantitativos en la mejora genética de los cultivos. 352 p. Cap. 6. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires, Argentina.
- Mellado, M., R. Madariaga, e I. Matus. 2005. Aguacero INIA, nuevo cultivar de primavera para Chile. *Agric. Téc. (Chile)* 65(1):90-95.
- Mellado, M., I. Matus, y R. Madariaga. 2008. Antecedentes sobre el triticale, en Chile y otros países. 74 p. Boletín INIA N° 183. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile.
- Mergoum M., W. Pfeiffer, R. Peña, K. Ammar, and S. Rajaram. 2004. Triticale Crop Improvement: The CIMMYT Programme. p. 11-22. In Mergoum, M. and H. Gómez Macpherson (eds.) *Triticale Improvement and Production*. Plant Production and Protection Paper 179. FAO, Rome, Italy.
- Miralles, D., F. González, L. Abeledo, R. Serrago, I. Alzueta, G. García, et al. 2014. Manual de trigo y cebada para el Cono Sur: procesos fisiológicos y bases de manejo. 56 p. Orientación Gráfica, Buenos Aires, Argentina.
- Myer, R., and A. Lozano Del Río. 2004. Triticale as animal feed. p. 49-58. In Mergoum, M., and H. Gómez-Macpherson (eds.) *Triticale improvement and production*. Plant Production and Protection Paper 179. FAO, Rome, Italy.
- Oliete, B., G. Pérez, M. Gómez, P. Ribotta, M. Moiraghi, and A. León. 2010. Use of wheat, triticale and rye flours in layer cake production. *J. Food Sci. and Tech.* 45(4):697-706.
- Paccapelo, H., D. Funaro, T. Mac Cormick, y O. Melis. 2004. Rendimiento de grano y sus componentes en cereales sintéticos (tricepiros y triticales). *Rev. Facultad de Agronomía, Univ. Nac. La Pampa* 15(1/2):3-8.
- Peña, R. 2004. Food uses of triticale. p. 37-48. In Mergoum, M., and H. Gómez-Macpherson (eds.) *Triticale improvement and production*. Plant Production and Protection Paper 179. FAO, Rome, Italy.
- Romano N., I. Frasier, y J. Montoya. 2010. Ensayos comparativos de trigo pan en la región semiárida pampeana. p. 33-40. En Bono, A., A. Quiroga, e I. Frasier (eds.). *El cultivo de trigo en la región semiárida y subhúmeda pampeana*. Centro Regional La Pampa-San Luis, Inst. Nac. de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina.
- Royo, C., D. Villegas, and L. García del Moral. 2004. Triticale in Spain. p. 139-148. In Mergoum, M., and H. Gómez-Macpherson (eds.) *Triticale improvement and production*. Plant Production and Protection Paper 179. FAO, Rome, Italy.
- Slafer, G., J. Miralles, R. Savin, E. Whitchurch, y F. González. 2004. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo. En Satorre, E.H. et al. (eds.) *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. 783 p. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Soil Survey Staff. 1999. *Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. 869 p. *Agric. Handbook*. 2nd ed. Vol. 436. USDA, Washington DC, USA.
- Zadoks, J., T. Chang, and C. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14:415-421.