

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero
Agrónomo

Modalidad: Proyecto

CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN POR APTITUD
GRANÍFERA EN LÍNEAS DE TRITICALE

Alumno: Federico ARTERO

DNI: 34968132

Director: Ezequiel M. GRASSI

Co-Director: Ernesto A. CASTILLO

Río Cuarto – Córdoba

Abril / 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN POR
APTITUD GRANÍFERA EN LÍNEAS DE TRITICALE

Autor: Federico ARTERO
DNI: 34.968.132

Director: Ezequiel M. GRASSI
Co-Director: Ernesto A. CASTILLO

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión
Evaluadora:

Fecha de Presentación: ____/____/____

Secretario Académico

ÍNDICE GENERAL

Índice de cuadros, tablas y figuras	III
Resumen	IV
Summary	V
Introducción	1
Hipótesis.....	4
Objetivos	4
Materiales y Métodos.....	5
Resultados y Discusión	7
Conclusiones	17
Bibliografía	18

ÍNDICE DE CUADROS, TABLAS Y FIGURAS

Cuadro 1. Líneas de triticale y testigos evaluados en Río Cuarto, 2012	5
Figura 1. Valores de temperaturas medias (TM) y precipitaciones (P) mensuales del año 2012 para la localidad de Río Cuarto	7
Tabla 1. Valores medios, desvíos estándar (DE), coeficientes de variación (CV), valor de F y significación para los caracteres medidos en líneas de triticale, Río Cuarto, Córdoba, 2012.....	8
Figura 2. Correlación entre rendimiento y número de granos/espiga en líneas de triticale. Río Cuarto, 2012	12
Figura 3. Correlación entre rendimiento y número de espigas/m ² en líneas de triticale. Río Cuarto, 2012	12
Figura 4. Correlación entre rendimiento y número de granos/m ² en líneas de triticale. Río Cuarto, 2012	12
Figura 5. Correlación entre rendimiento y peso hectolítrico en líneas de triticale. Río Cuarto, 2012	13
Figura 6. Correlación entre rendimiento y peso de mil semillas en líneas de triticale. Río Cuarto, 2012	13
Tabla 2. Análisis de sendero para el Rendimiento y sus componentes en líneas de triticale. Río Cuarto, 2012	14
Figura 7. Análisis de conglomerado de líneas de triticale. Río Cuarto, 2012	16

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue la evaluación de 31 líneas homocigotas seleccionadas por su adaptación a la región subhúmeda pampeana, ciclo de vida, tolerancia a estrés invernal y rendimiento en grano. Las líneas provenían de un total de 120 líneas experimentales obtenidas en la FAyV de la UNRC en F9, y de 151 introducciones en el 2003 y 2005, recibidas a través de la cooperación con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). La siembra se realizó el 31 de Mayo de 2012 utilizando un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones y 5 testigos. Se analizó el rendimiento y otras 14 variables, mediante ANAVA y análisis de sendero. La media general de rendimiento fue $371,87 \pm 125,39$ g/m². El análisis de sendero reveló una correlación directa y significativa del rendimiento con el número de granos/m² ($r=0,91$) y peso de mil semillas ($r=0,34$). Los demás componentes del rendimiento se correlacionaron positivamente pero de manera indirecta con el mismo. De las 31 líneas estudiadas, 10 mostraron un destacado rendimiento en grano, siendo 4 de ellas (Cim 05 IT/830, Cim 03 IT/15, Cim 03 IT/8 y Cim 03 IT/18), líneas promisorias para continuar con la evaluación de su aptitud y potencial granífero. Futuras investigaciones en distintas condiciones agroclimáticas serían necesarias para confirmar estos resultados, teniendo en cuenta que el presente ensayo se realizó en una sola localidad, durante una sola campaña y bajo riego suplementario.

Palabras clave: líneas de triticale; potencial granífero; componentes de rendimiento

SUMMARY

The aim of this study was the evaluation of thirty-one homozygous lines selected based adaptation, growth cycle, stress tolerance and grain yield. Strains were selected from 120 F9 experimental lines obtained in FAYV, UNRC, and 151 introductions 2003 and 2005, received through the cooperation with the International Center for Maize and Wheat Improvement (CIMMYT). Sowing date was May 31st (2012) and a randomized complete block design with three replications and five checks were used. Yield and other fourteen variables were analyzed by ANOVA and path analysis. The yield was $371.87 \pm 125.39 \text{ g/m}^2$. Path analysis revealed a significant direct correlation between grain yield vs number of grains/m² ($r = 0.91$) and thousand seed weight ($r = 0.34$). Other yield components were positively but indirectly correlated with it. Ten of the thirty-one lines studied had a high grain yield. Four of them (05 IT/830 Cim, Cim 03 IT/15, Cim IT 03 /8 and 03 IT/18 Cim), are promising lines to continue their evaluation. Future research in different agro-climatic conditions would be needed to confirm these results, being that this study was conducted at a single location during a single campaign and under supplementary irrigation.

Key words: triticale lines; potential yield; yield components

INTRODUCCIÓN

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack) es un notogénero de Tritíceas logrado a partir de la hibridación intergenérica entre *Triticum* L. y *Secale* L., en sentido amplio. El primer híbrido estéril documentado entre trigo pan hexaploide $2n = 42$ (*Triticum aestivum* L.) y centeno diploide $2n = 14$ (*Secale cereale* L.) fue obtenido por Wilson en 1875 y comunicado en 1876 en la Sociedad de Botánica de Edimburgo, Escocia. Algunos años más tarde, en 1888 Rimpau obtuvo en Alemania el primer triticale verdadero (Varughese *et al.*, 1987). Su condición de anfiploide $2n=8x=56$ permaneció desconocida durante más de 40 años hasta que fue descubierta por Müntzing en 1936 (Gupta y Priyadarshan, 1982). Estos triticales fueron durante muchos años una curiosidad biológica por no ser agronómicamente útiles debido a su bajo vigor y fertilidad. Los triticales más exitosos a nivel mundial son los hexaploides, que se obtuvieron mediante la duplicación cromosómica de los híbridos entre *Triticum turgidum* (4x) y centeno (2x).

A nivel mundial, el cultivo de triticale está en continua expansión; según estadísticas de la FAO, en el año 2001 el área cosechada fue de 2,8 millones de hectáreas y la producción de 10,8 millones de toneladas; mientras que en 2011 dichos valores alcanzaron 3,8 millones de hectáreas y 13,5 millones de toneladas, respectivamente. Los principales países productores son Polonia, China, Alemania, Australia, Bielorrusia y Francia. La difusión comercial en la Argentina comenzó en la década del setenta con variedades introducidas. Los únicos datos oficiales sobre superficie sembrada son de la Encuesta Nacional Agropecuaria del año 2001 (INDEC, 2002), que arrojó un área destinada al cultivo de triticale cercana a las 35.000 hectáreas. No existen datos oficiales más actuales acerca de dicho valor, pero la producción de semilla fiscalizada, tomada como indicador de su adopción, pasó de 196 tn en 2002/03 a 1.040 tn en 2010 (INASE, 2003, 2010).

Por su parte, los usos del triticale son diversos. La idea original fue obtener un cultivo de buena calidad como el trigo y rústico como el centeno para ampliar la zona productora de un grano harinero hacia ambientes adversos; sin embargo, en la mayoría de los países se lo emplea como grano forrajero o para consumo de planta entera en la alimentación animal, principalmente monogástricos (Boros, 1998; Estevez Leyte *et al.*, 1999; Myer y Lozano del Río, 2004) y sólo en países como México, algunos mediterráneos y Bielorrusia se destina parte de lo producido al consumo humano (Juskiw, 1998).

Respecto a la alimentación humana, el triticale tiene calidad industrial comparable con los trigos blandos, por lo que es útil para la fabricación de pan integral y alimentos que no requieran harinas leudantes (Varughese *et al.*, 1987). Tanto en el extranjero como en el país ha sido exitoso su empleo en la fabricación de galletitas (León *et al.*, 1996; León, 2007; Oliete *et al.*, 2010). También se ha probado en panificación empleando no más de 25 o 30% en mezcla con harina de trigo duro de alta calidad, según pruebas realizadas en la UN La Plata, EEA INTA Marcos Juárez y

la Cámara Arbitral de Bahía Blanca (no publicadas), y en la elaboración de tortas, sustituyendo a la harina de trigo en un 50% (Gómez *et al.*, 2009). Hay que destacar, que el grano de triticale y su harina son una excelente fuente alternativa de vitaminas y minerales (Lorenz *et al.*, 1974), con una concentración proteica similar a la del trigo y un mayor nivel de lisina (Villegas *et al.*, 1970).

También es posible la obtención de maltas y bebidas estimulantes y se han propuesto otros usos para el triticale tales como la obtención de etanol, de combustible con reemplazo de las cenizas como fertilizante y productos alternativos al plástico para el envasado de productos comestibles (Karpenstein-Machan y Scheffer, 1998; McLeod *et al.*, 1998; Cabaniglia *et al.*, 2004).

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) pone énfasis en la mejora de la calidad panadera, realizando mejora por sustitución de los cromosomas 1R y 6R del centeno por los correspondientes del genoma D del trigo (Varughese *et al.*, 1987). Posteriormente se ha demostrado la fuerte asociación de los cromosomas del grupo 1 del trigo con la calidad panadera (Mergoum *et al.*, 1998).

En la Argentina, la zona de uso actual se encuentra en el O de la provincia de Buenos Aires, E de La Pampa, S de Córdoba y E de San Luis. Esta región está delimitada por las isohietas de 700 mm al este y de 400 mm hacia el oeste, es climáticamente muy inestable y presenta precipitaciones máximas en primavera-verano y mínimas en otoño-invierno, con frecuentes sequías. La topografía es ondulada a suavemente ondulada y predominan los suelos de textura franco a arenosa. El balance hídrico es negativo, con deficiencias que van de 100 a 400 mm. Las temperaturas extremas oscilan entre $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ en junio-julio y más de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ en enero. La zona productora potencial abarca toda la región pampeana subhúmeda seca y semiárida, y en menor medida el Chaco y la pampa subhúmeda. Entre los factores que restringen la difusión, se encuentran la falta de estándar de comercialización, cotización de precios, mercado seguro y posible utilización industrial del grano (López y Garbini, 1985).

El mejoramiento genético de triticale en Argentina, es llevado a cabo principalmente por el sector público, el cual obtuvo 20 de los 23 cultivares registrados (INASE, 2011). La selección de genotipos de triticale con aptitud granífera está casi inexplorada en nuestro país. Las principales investigaciones sobre la producción de grano de triticale se han realizado en la región semiárida central. Cardozo *et al.* (2005) registraron el rendimiento de 39 introducciones de triticale y seis testigos en Río Cuarto (Córdoba). La proyección del testigo de mayor rendimiento fue de 1055 kg ha^{-1} mientras que el de menor rendimiento fue de 400 kg ha^{-1} . En ensayos previos, estos cultivares rindieron entre 2000 y 3000 kg ha^{-1} (Grassi *et al.*, 2003, 2004).

Ramacciotti *et al.* (2010) en Córdoba, obtuvieron un rendimiento promedio de grano en triticales forrajeros de 1551 kg ha^{-1} y 2508 kg ha^{-1} para triticales con uso granífero. Denaro *et al.* (2010) analizaron en Río Cuarto la producción de grano y estabilidad de 23 líneas experimentales

de triticale durante 2004, 2007, 2008 y 2009 conjuntamente con Santa Rosa (La Pampa) en 2006, 2008 y 2009. El promedio fue de 918,9 kg ha⁻¹.

La selección de genotipos de triticale con aptitud granífera se incorporó en 2005 en la línea de investigación que se desarrolla en la UNRC (Pérez *et al.*, 2006; Ganum Gorriz *et al.*, 2009; Bramuzzi *et al.*, 2010; Denaro *et al.*, 2010, Castillo *et al.*, 2011). Se trabaja con el objetivo de obtener mediante un programa de evaluación y selección de líneas avanzadas, materiales de triticale con buena aptitud granífera, adaptadas a la zona subhúmeda seca, tolerantes a las principales enfermedades fúngicas y con buen potencial de rendimiento. Esto garantizaría que las líneas seleccionadas puedan ser utilizadas en la región como una alternativa más en los cultivos de invierno, diversificando de esta manera la producción de grano con destino a la molienda.

El programa de mejora de triticale que se desarrolla en la UNRC cuenta con materiales en distinto grado de avance respecto a la evaluación y selección. Las líneas introducidas desde el CIMMYT, mediante cooperación internacional, son evaluadas en viveros de introducción donde se analiza su adaptación al ambiente subhúmedo-semiárido central de la Argentina. Las líneas selectas de las introducciones 1992-1995 se encuentran en condiciones de ser inscriptas en el Instituto Nacional de Semillas, mientras que las selectas de las introducciones 2004-2010 forman parte de ensayos de líneas avanzadas que se desarrollan durante 3-4 años para evaluar su producción y estabilidad.

HIPÓTESIS

Es posible seleccionar líneas de triticale con alto potencial de rendimiento en grano, adaptados al ambiente ecológico subhúmedo-semiárido pampeano.

OBJETIVOS

- Caracterizar líneas estabilizadas de triticale
- Evaluar la producción de grano forrajero
- Seleccionar líneas de triticale con aptitud granífera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron 36 líneas homocigotas (5 testigos) mediante un ensayo comparativo llevado a cabo en Río Cuarto, Córdoba. Las líneas fueron seleccionadas en campañas anteriores en base a adaptación, ciclo vegetativo, tolerancia al estrés y rendimiento en grano, a partir de un total de 120 líneas experimentales obtenidas en la FAyV de la UNRC en F9, 151 introducciones 2003 y 2005 de los ensayos internacionales de triticale (FWTCL: ensayo de triticales facultativos y de invierno e ITYN: ensayo de rendimiento) recibidas a través de la cooperación con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Las líneas y testigos utilizados se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Líneas de triticale y testigos evaluados en Río Cuarto, 2012.

Origen	Genotipos	
Líneas propias en F16	LF53 x LF37 /12	
	T60 x LF72 /11	
	(T60 x Tehuelche) x LF65 /6	
	LF97 x T312 /11	
Líneas CIMMYT 2003	FWTCL	Cim 03 /40
	FWTCL	Cim 03 /42
	FWTCL	Cim 03 /61
	FWTCL	Cim 03 /64
	FWTCL	Cim 03 /71
	FWTCL	Cim 03 /75
	FWTCL	Cim 03 /77
	ITYN	Cim 03 /5
	ITYN	Cim 03 /7
	ITYN	Cim 03 /8
	ITYN	Cim 03 /12
	ITYN	Cim 03 /13
	ITYN	Cim 03 /15
	ITYN	Cim 03 /18
	ITYN	Cim 03 /19
	ITYN	Cim 03 /21
ITYN	Cim 03 /25	
Líneas CIMMYT 2005	ITYN	Cim 05 /809
	ITYN	Cim 05 /810
	ITYN	Cim 05 /821
	ITYN	Cim 05 /826
	ITYN	Cim 05 /829
	ITYN	Cim 05 /830
	ITYN	Cim 05 /832
	ITYN	Cim 05 /834
	ITYN	Cim 05 /835
	ITYN	Cim 05 /840
Testigos	Eronga	
	Don Santiago-INTA	
	Tizné-UNRC	
	Quiñé-UNRC	
	Centeno del Sur	

El diseño del experimento fue en bloques completos al azar con tres repeticiones y cinco testigos. Las unidades experimentales consistieron de parcelas de siete surcos de 4,5 metros de largo separados a 20 cm implantados con sembradora experimental el 31 de Mayo de 2012. La densidad de siembra fue de 100 Kg semilla/hectárea. La cantidad de semilla utilizada fue la necesaria para asegurar al menos 250 plantas/m² El ensayo se realizó bajo riego suplementario, siendo las fechas de riego: 29/07 (20 mm), 23/08 (20 mm), 12/09 (20 mm).

Se consideraron los siguientes caracteres (analizando los cinco surcos centrales de cada parcela, respetando los extremos como bordes):

- altura total en floración,
- altura total en precosecha,
- número de macollos/m² en floración,
- biomasa seca acumulada/m², a través de corte y pesado de las plantas enteras en floración,
- número de macollos/m², mediante conteo previo a cosecha,
- número de espigas/m², mediante conteo previo a cosecha,
- porcentaje de macollos fértiles, relacionando el número de espigas/número de macollos,
- biomasa seca total/m², a través de corte y pesado de las plantas enteras previo a cosecha,
- peso seco de espigas/m², a través de corte y pesado de las espigas del muestreo de biomasa,
- rendimiento en grano/m², trillando el grano producido en el muestreo de biomasa,
- índice de cosecha, relacionando rendimiento en grano/biomasa seca total,
- peso de mil granos, mediante conteo de tres muestras de 100 semillas,
- peso hectolítrico: pesado de tres muestras de 100 cm³ de grano,
- número de granos/m², relacionando rendimiento y peso de mil semillas y
- número de granos/espiga, relacionando número de granos/m² y número de espigas/m².

El análisis estadístico se realizó mediante ANAVA y prueba de Duncan (Steel y Torrie, 1988), correlaciones simples de Pearson, análisis de sendero y análisis de conglomerados mediante el programa estadístico INFOGEN (Balzarini y Di Rienzo, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se detallan los valores de temperatura media y precipitaciones registrados durante el año 2012.

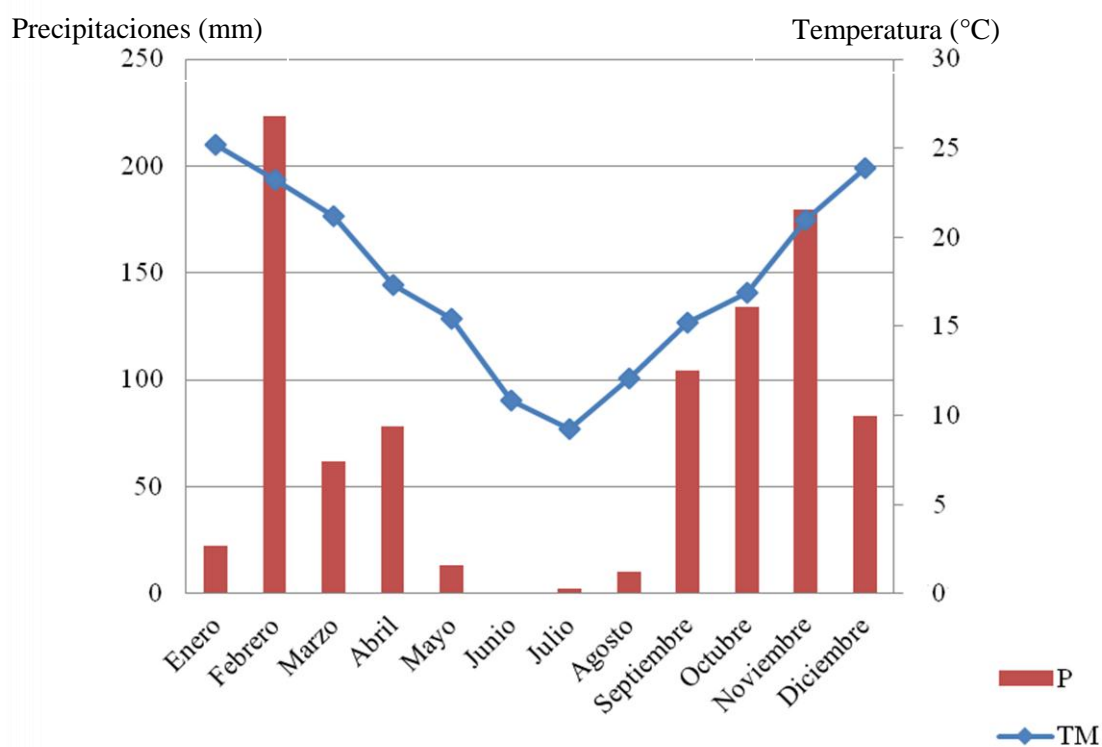


Figura 1. Valores de temperaturas medias (TM) y precipitaciones (P) mensuales del año 2012 para la localidad de Río Cuarto. Fuente: www.mundomanz.com

Caracterizando específicamente al período del ensayo, la precipitación acumulada fue de 512,7 milímetros, y las temperaturas mínima y máxima absolutas de -5 °C y $37,6\text{ °C}$; en los meses de Julio y Diciembre respectivamente.

Considerando dichos parámetros, se puede decir que las condiciones ambientales durante el ensayo fueron propicias para el normal desarrollo fenológico del cultivo ya que la temperatura mínima de germinación del triticale es de 4 °C , y su temperatura óptima de crecimiento entre 10 °C y 24 °C . Por su parte, las temperaturas mínimas y máximas absolutas del período no afectaron al cultivo, ya que la mínima se dio en etapa de macollaje donde el umbral del triticale es de -10 °C ; y la máxima ocurrió en los últimos días de Diciembre, cuando el cultivo ya se encontraba en madurez fisiológica.

A su vez, como el ensayo se realizó bajo riego suplementario, la disponibilidad de agua no fue una limitante.

A continuación, en la Tabla 1, se detallan los resultados correspondientes a los caracteres observados, para los cuales se calculó sus valores medio, máximo y mínimo, su desvío estándar y su coeficiente de variación.

Tabla 1. Valores medios, desvíos estándar (DE), coeficientes de variación (CV), valor de F y significación para los caracteres medidos en líneas de triticale, Río Cuarto, Córdoba, 2012.

Caracteres	Media	DE	CV	Mínimo	Máximo	Valor F y sign.
Altura en floración (cm)	106,3	14,83	13,95	70	150	5,89***
Nº macollos/m ² en floración	490,28	103,54	21,12	270	810	0,67ns
Biomasa (g MS/m ²)	1002,1	216,26	21,58	577,83	1691,43	1,31ns
Altura (cm) en precosecha	108,18	14,3	13,22	85	150	15,16***
Nº macollos/m ² en precosecha	395,37	106,03	26,82	190	720	1,43*
Nº espigas/m ²	363,03	95,2	26,22	180	662	1,26ns
Macollos fértiles	0,92	0,03	3,59	0,77	1	1ns
Biomasa total (g/m ²)	1376	379,53	27,58	731	2550	1,42*
Peso seco espigas (g/m ²)	615,11	187,89	30,55	231	1180	2,27**
Rendimiento (g/m ²)	371,87	125,39	33,72	119	709	3,16***
Índice de cosecha	0,27	0,06	21,82	0,12	0,37	Sd ns
Nº granos/m ²	9397,8	3004	31,96	4117	18012	2,04**
Nº granos/espiga	26,33	6,46	24,52	12	40	25,16***
Peso de mil granos (g)	39,66	5,37	13,55	26,8	50,8	11,49***
Peso hectolítrico (g/100 ml)	68,21	2,61	3,82	59,69	73,37	18,47***

Ref.: sd: sin diferencias; ns: no significativo; (*): significativo al 10%; (**): significativo al 5%; (***) : significativo al 1%.

El carácter altura en floración presentó diferencias estadísticamente significativas entre las líneas con un valor promedio de $106,30 \pm 14,83$ cm, destacándose el testigo Centeno del Sur, con una altura media de 143,33 cm, seguida de la línea Cim 03 IT/25 con una altura media de 136,67 cm. Ambas superaron al testigo Tizné-UNRC (126,67 cm), aunque las diferencias no fueron significativas entre éste y Cim 03 IT/25. Por otro lado, diez líneas no superaron una altura media de 100 cm, siendo el valor mínimo de 83,33 cm, observado en la línea Cim 03 IT/19.

Con respecto a la altura precosecha se observó que las líneas Centeno del Sur y Cim 03 IT/25 mantuvieron la mayor altura media (136,67 y 131,67 cm, respectivamente) junto a otras cuatro líneas (T60 x Teh) x LF65 /6, T60 x LF72 /11, LF97 x T312 /11 y Cim 03 FW/61. Por otro lado, la línea Cim 03 IT/19 presentó el menor valor de altura media (86,67 cm). Valores algo menores fueron encontrados en ensayos realizados en Baja California Sur, México, por Murillo *et al.* (2001) quienes observaron una altura media de 95,34 cm en ciento sesenta líneas de triticales de primavera doble propósito, de 62,8 cm en cuarenta y cinco líneas de triticale forrajero de invierno y de 80,6 cm en doscientas cinco líneas de triticales facultativos doble propósito. En cuanto a la relación

entre la altura de las plantas y el rendimiento en grano, una forma empleada por los fitogenetistas del CIMMYT para aumentar el rendimiento de triticale consistió en disminuir la altura y aumentar la fortaleza de la paja (Varuguese *et al.*, 1987)

Para la variable número de macollos/m² precosecha, el valor medio fue de $395,37 \pm 106,03$ macollos/m², con un amplio rango de variación, siendo el testigo Tizné-UNRC el material con el mayor valor medio ($593,33$ macollos/m²). Si se comparan estos valores con los encontrados a inicios de floración, se estima una mortandad de macollos cercana al 20%.

El número de espigas/m², el porcentaje de macollos fértiles y el índice de cosecha no tuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los materiales. La media para número de espigas/m² fue de $363,03 \pm 95,20$, con un rango entre 180 y 662 espigas/m². En ensayos similares, llevados a cabo en el campo de experimentación y docencia de la UNRC en 2005-2006 (Pérez *et al.*, 2006), se evaluaron cultivares de triticale doble propósito en secano encontrándose un promedio de $133,96$ espigas/m², valor notablemente inferior al obtenido en este ensayo. Esta diferencia sería esperable ya que las líneas del presente ensayo fueron selectas con objetivos graníferos. A su vez, pueden haber influenciado las diferentes condiciones agroclimáticas entre ambas campañas; ya que en 2005-2006 el ensayo se realizó en secano y además hubo períodos de sequías temporarias, mientras que en la campaña 2012 se aplicó riego suplementario.

El porcentaje de macollos fértiles promedió el $92 \pm 3\%$, mientras que el índice de cosecha promedio para las líneas evaluadas fue de $0,27 \pm 0,06$, valor algo superior al encontrado en otro ensayo bajo condiciones de secano, donde se analizó el efecto del cultivar, densidad de siembra y fertilización nitrogenada y se obtuvo un índice de cosecha medio de $0,25 \pm 0,04$ (di Santo *et al.*, 2005).

Por otro lado, las líneas mostraron diferencias estadísticamente significativas para los siete caracteres restantes. La media general de rendimiento fue $371,87 \pm 125,39$ g/m². La línea Cim 05 IT/830 se destacó por sobre las demás con un rendimiento medio de $567,67$ g/m²; sin embargo, otros once materiales, dentro de los cuales se ubicó el testigo Eronga, mostraron un rendimiento medio similar, con un valor medio $\geq 424,67$ g/m². El testigo Centeno del Sur, con un rendimiento medio de 142 g/m², fue el material con el valor más bajo, no difiriendo su rendimiento con el testigo Don Santiago-INTA y las líneas Cim 03 FW/64, y Cim 05 IT/821.

Otros ensayos realizados en la misma localidad, informaron rendimientos en grano algo inferiores a los obtenidos en esta campaña 2012. Cardozo *et al.*, (2005), en una evaluación realizada sobre introducciones de triticales y testigos comerciales, indicó como resultado un rendimiento de $105,5$ g/m² para el mejor testigo. Con riego, los rendimientos en líneas forrajeras variaron de $271,1$ a 289 g/m² (Grassi *et al.*, 2003). Los resultados de rendimiento de otro ensayo sin limitantes hídricas, llevado a cabo en la UNRC, variaron entre 244 y $383,8$ g/m² (Grassi *et al.*, 2001).

Ensayos realizados en otros países tuvieron valores de rendimiento superiores al del presente ensayo. Cooper *et al.* (2004), en Australia, obtuvieron un promedio de rendimiento de triticale para

la variedad Tahara de 406 g/m² en la campaña 2001-2002. En Canadá, Goyal *et al.* (2011) reportan un promedio de 568 g/m² en el período 2005-2007 en el centro y sudeste de Alberta, mientras que Oetler (2004) obtuvo en Alemania un rendimiento promedio de triticales invernales de 640 g/m² en 2001, superando a los rendimientos de 500 g/m² de 1988. Por su parte, en Etiopía, Zerihum *et al.* (2013), evaluaron 20 introducciones del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, durante cuatro temporadas, bajo condiciones de secano, encontrando un rendimiento promedio de 468 g/m² con un rango entre 422,7 y 525,1 g/m².

Con respecto al número de granos/espiga, las líneas Cim 05 IT/809, Cim 05 IT/830, Cim 03 IT/15 y Cim 03 IT/5 mostraron los valores medios más altos, con 37,00, 36,67, 35,33 y 34,67 granos/espiga, respectivamente. Sin embargo, las dos últimas no difirieron significativamente con respecto a otras cinco líneas con un número de granos/espiga mínimamente inferior. Los testigos con mejor comportamiento en relación a esta variable fueron Eronga, con un valor medio de 29,67 granos/espiga y Quiñé-UNRC con una media de 26,67 granos/espiga. Por su parte, Centeno del Sur, con una media de 12,67 granos/espiga, fue la línea que arrojó el valor medio más bajo. En el sur de Chile, Quiroz Mercado (2010), en el cultivar Aguacero, destacó un promedio de 59 granos/espiga, superando los valores medios y máximos encontrados en este ensayo. Por su parte, en un ensayo bajo condiciones de secano realizado en Turquía, para determinar la influencia de distintos fertilizantes foliares sobre los componentes del rendimiento, se encontraron para el cultivar Tatlicak 97, valores promedios de 26,97 granos/espiga en la campaña 2000-2001 y 59,35 granos/espiga en la campaña 2001-2002. Dicha diferencia, se debió principalmente a la menor cantidad de precipitaciones durante la campaña 2000-2001 alrededor de la antesis del cultivo (Kinaci y Gulmezoglu, 2007).

Las líneas, también se diferenciaron en relación al peso de mil semillas (PMS). El material Cim 05 IT/835, con un valor medio de 48,27 gramos prevaleció sobre las demás líneas. Sin embargo, otras cuatro líneas mostraron un comportamiento estadísticamente similar, con valores medios superiores a los 46 gramos. Centeno del Sur, arrojó el valor medio mínimo con 27,87 gramos. Tizné-UNRC y Eronga fueron los testigos de mejor comportamiento, con valores medios de 40,47 y 39,13 gramos. En Kazajistán, Kozhahmetov y Abugalieva (2013), obtuvieron un peso de mil semillas de entre 48,1 y 50 gramos, para la línea de triticales invernal hexaploide “Taza”, de buena calidad panadera. Por su parte, Kinaci y Gulmezoglu (2007), obtuvieron en Turquía un peso de mil semillas promedio de 26,4 gramos en 2000-2001 y de 46,21 gramos en 2001-2002, recordando que en dicho ensayo conducido en condiciones de secano, las precipitaciones durante la campaña 2001-2002 superaron ampliamente a las de la campaña 2000-2001.

La línea homocigota Cim 05 IT/15, con una media de 72,98 g/100 ml, fue la de mayor peso hectolítrico, destacándose también la línea Cim 03 IT/18 y el testigo Eronga, con peso hectolítrico medio de 72,27 y 71,57 g/100 ml, respectivamente. Centeno del Sur, arrojó el valor medio mínimo para ésta variable, con 60,9 g/100 ml. La media encontrada en este ensayo (68,21 g/100 ml) superó

al peso hectolítrico medio obtenido en 2005-2006 (60,11 g/100 ml) en un ensayo similar con líneas doble propósito (Pérez *et al.*, 2006), probablemente porque las líneas utilizadas en el ensayo tratado en este trabajo tienen mayor aptitud granífera y por ende deberían tener un mayor peso hectolítrico.

Las diferencias entre líneas para las variables peso seco de espigas/m² y número de granos/m² fueron significativas al 5%. El material Cim 03 IT/15 con 923 g/m², presentó el mayor peso seco de espigas/m², destacándose junto a otros diez materiales con una media \geq 679 g/m², dentro de los cuales se ubicó el testigo Eronga. Centeno del Sur fue el material con el valor más bajo (267,33 g/m²), junto a otras cuatro líneas que no superaron los 490 g/m², al igual que el testigo Don Santiago-INTA. La línea Cim 03 IT/8 arrojó el máximo número de granos/m² (13473,33 granos/m²), aunque el 50% de los materiales no difirieron significativamente entre sí y todos superaron el valor medio de 9500 granos/m². Cim 05 IT/821 y Centeno del Sur registraron los valores más bajos para esta variable, con 5118,67 y 5125,33 granos/m², respectivamente.

El análisis de correlación simple entre la variable rendimiento y sus componentes determinó las siguientes correlaciones positivas significativas (Figuras 2 a 6):

- vs. número de granos/espiga ($r=0,62^{**}$),
- vs. número de espigas/m² ($r=0,50^{**}$),
- vs. número de granos/m² ($r=0,91^{**}$),
- vs. peso hectolítrico ($r=0,36^{**}$),
- vs. peso de 1000 semillas ($r=0,34^{**}$).

Estos resultados son similares a los reportados por Castro *et al.* (2011), quienes analizaron en La Pampa los componentes del rendimiento en líneas de cereales sintéticos (triticale y tricepiro), y observaron que el rendimiento en grano se encuentra alta y significativamente asociado con el número de espigas/m² ($r=0,70$), el número de granos/espiga ($r=0,77$), el peso de mil semillas ($r=0,83$) y con el peso hectolítrico ($r=0,68$). Yagbasanlar y Ozkan (1995), encontraron en condiciones mediterráneas de Turquía, una correlación alta y significativa del peso de los granos ($r=0,78$) y del número de espigas/planta ($r=0,68$) en la determinación del rendimiento.

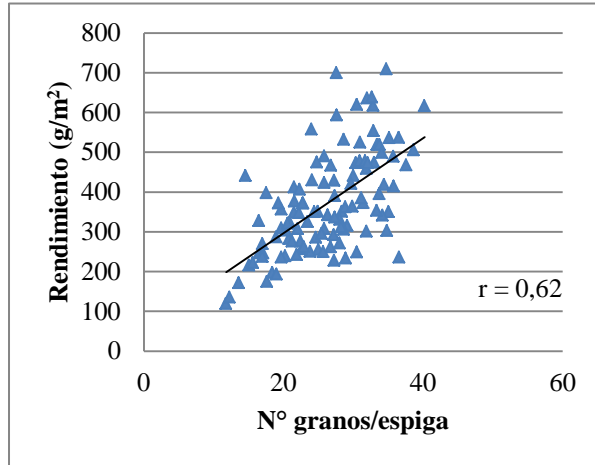


Figura 2. Correlación entre rendimiento y número de granos/espiga en líneas de triticale. Río Cuarto, 2012.

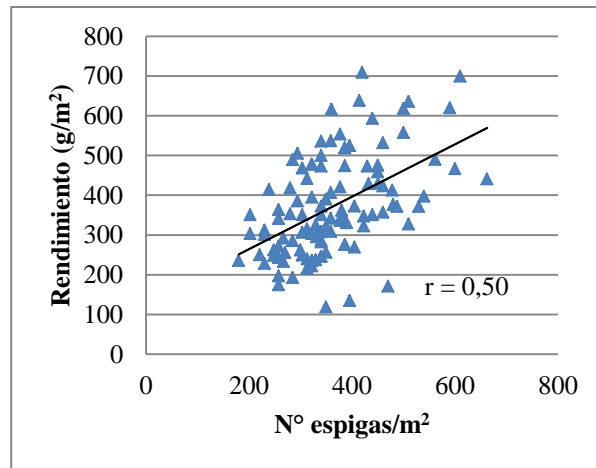


Figura 3. Correlación entre rendimiento y número de espigas/m² en líneas de triticale. Río Cuarto, 2012.

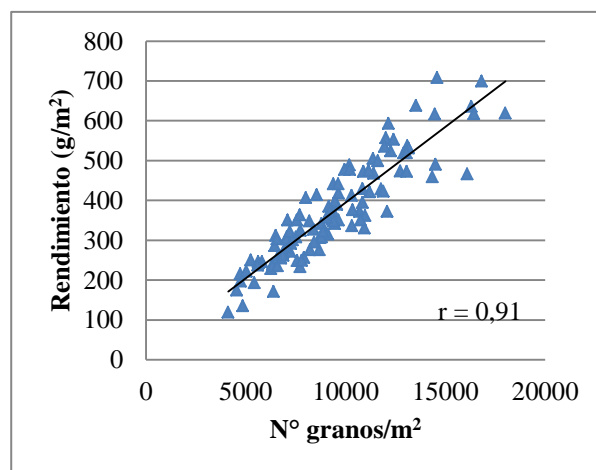


Figura 4. Correlación entre rendimiento y número de granos/m² en líneas de triticale. Río Cuarto, 2012.

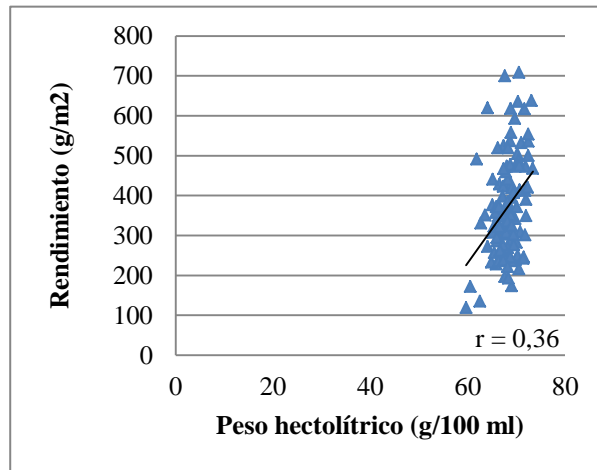


Figura 5. Correlación entre rendimiento y peso hectolítrico en líneas de triticale. Río Cuarto, 2012.

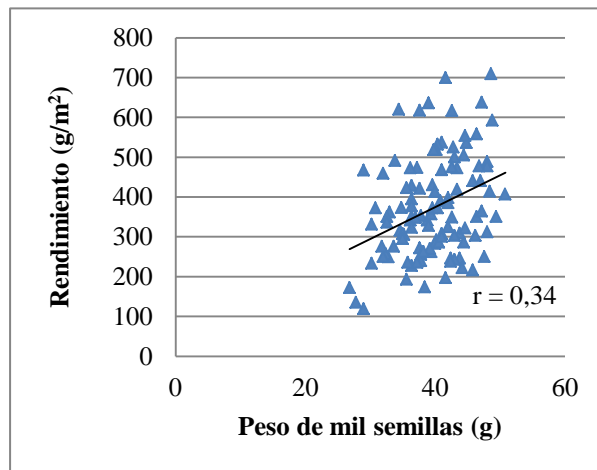


Figura 6. Correlación entre rendimiento y peso de mil semillas en líneas de triticale. Río Cuarto, 2012.

El análisis de sendero (Tabla 2) del carácter rendimiento y sus componentes permite inferir que el número de granos/m² y el peso de mil semillas, serían las variables que tienen efectos directos importantes sobre la generación del rendimiento; mientras que las tres variables restantes, se correlacionan significativamente con el rendimiento a través de efectos indirectos sobre los demás componentes.

Tabla 2. Análisis de sendero para el rendimiento y sus componentes en líneas de triticale. Río Cuarto, 2012.

Efecto	Vía	Coefficientes	p-valor
NG/m²	Directa	0,84	
NG/m ²	NGE	0,05	
NG/m ²	PH	-0,00032	
NG/m ²	PMS	-0,02	
NG/m ²	NE/m ²	0,05	
r total		0,91	<0,0001
NGE	Directa	0,08	
NGE	NG/m ²	0,48	
NGE	PH	-0,00076	
NGE	PMS	0,07	
NGE	NE/m ²	-0,02	
r total		0,62	<0,0001
PH	Directa	-0,0022	
PH	NG/m ²	0,12	
PH	NGE	0,03	
PH	PMS	0,23	
PH	NE/m ²	-0,01	
r total		0,36	0,0001
PMS	Directa	0,39	
PMS	NG/m ²	-0,04	
PMS	NGE	0,02	
PMS	PH	-0,0013	
PMS	NE/m ²	-0,02	
r total		0,34	0,0003
NE/m²	Directa	0,07	
NE/m ²	NG/m ²	0,53	
NE/m ²	NGE	-0,02	
NE/m ²	PH	0,00041	
NE/m ²	PMS	-0,09	
r total		0,5	<0,0001

Ref.: NG: número de granos, NGE: número de granos por espiga, PH: peso hectolítrico, PMS: peso de mil semillas, NE: número de espigas.

El análisis de conglomerado (Figura 7), permitió agrupar las líneas homocigotas evaluadas en cuatro grupos.

El testigo Centeno del Sur, fue la más distanciada desde el punto de vista genético con respecto a las otras líneas, siendo importante destacar su bajo rendimiento en grano, coincidiendo con los valores mínimos en todos los componentes del rendimiento evaluados.

Por otro lado, cabe destacar que las líneas Cim 05 IT/830, Cim 03 IT/15, Cim 03 IT/8, Cim 03 IT/18, que presentaron los mejores rendimientos y superaron al testigo de mejor comportamiento (Eronga), se ubicaron en el mismo grupo en el análisis de conglomerado.

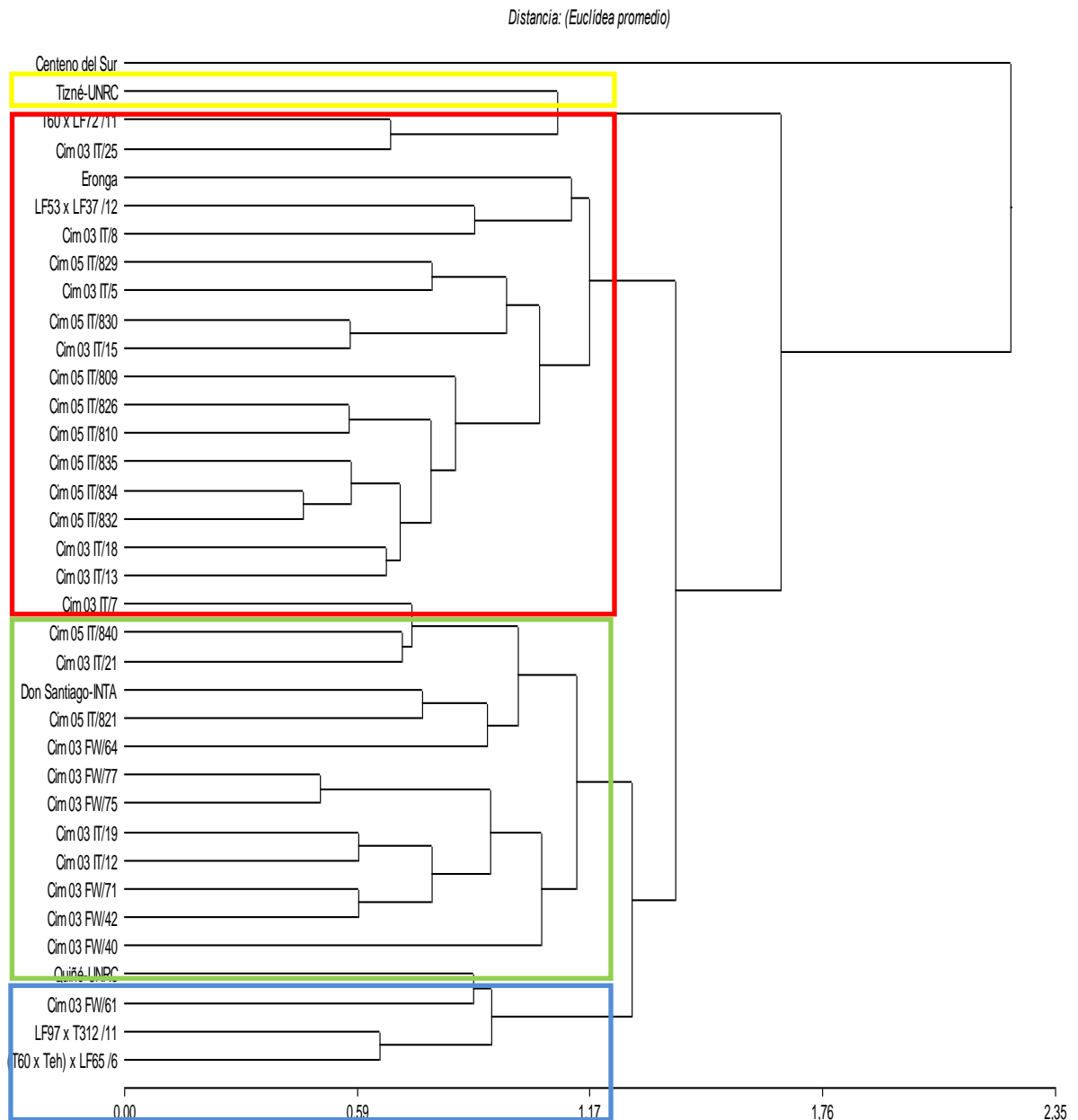


Figura 7. Análisis de conglomerado de líneas de triticale. Río Cuarto, 2012.

En síntesis, el presente trabajo permitió caracterizar y evaluar la capacidad de macollaje y de supervivencia de macollos de las líneas, el rendimiento en grano logrado por cada una de ellas y las diferentes estrategias para alcanzarlo. De 31 líneas estudiadas, diez mostraron un destacado rendimiento en grano, siendo cuatro de ellas (Cim 05 IT/830, Cim 03 IT/15, Cim 03 IT/8 y Cim 03 IT/18), líneas promisorias para continuar con la evaluación de su aptitud y potencial granífero, ya que fueron las que superaron al testigo Eronga. En este sentido, futuras investigaciones en distintas condiciones agroclimáticas durante campañas consecutivas serían necesarias para confirmar estos resultados, teniendo en cuenta que el presente ensayo se realizó en una localidad, durante una campaña y bajo riego suplementario.

CONCLUSIONES

- Se logró caracterizar y evaluar 31 líneas de triticale en base a su aptitud granífera, en la localidad de Río Cuarto, Córdoba, bajo condiciones de riego suplementario.
- El rendimiento medio del ensayo superó valores de campañas anteriores realizadas en similares condiciones.
- Cuatro líneas mostraron un potencial de rendimiento destacado, siendo las seleccionadas para realizar futuras investigaciones.

Se concluye además que, en la generación del rendimiento, contribuyen distintas variables en forma directa o indirecta, lo cual sugiere un control genético independiente. Esto alienta la búsqueda de líneas con diferentes estrategias para conformar el rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- BALZARINI, M. G. y J. A. DI RIENZO. 2011. *InfoGen*. FCA, UN de Córdoba, Argentina.
- BOROS, D. 1998. Nutritive value of different forms of triticale for monogastric animals. **Proc. 4th Int. Triticale Symp.** Vol. I:177-184.
- BRAMUZZI, M., E. GRASSI, A. FERREIRA, E. CASTILLO y V. FERREIRA. 2010. Diferenciación de introducciones de triticale por capacidad de uso. **XIV Congreso Latinoamericano de Genética, XXXIX Cong. Argentino de Genética**. Actas en CD: 227. Viña del Mar, Chile.
- CABANIGLIA, S., A. FERRET y A. BACH. 2004. Ensilado de triticale. *FEDNA*. Madrid, España. 42p.
- 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.
- CASTILLO, E., A. FERREIRA, E. GRASSI, H. PACCAPELO y V. FERREIRA. 2011. Identificación de materiales graníferos en dos grupos de líneas de triticale. **2da Reunión Conjunta de Sociedades de Biología de la República Argentina**. Actas en CD: 64. San Juan.
- CASTRO, N., R. DOMINGUEZ y H. PACCAPELO. 2011. Evaluación del rendimiento de forraje y grano de triticales y tricepiros. *Rev. de Inv. Agrop.* 37(3): 281-289.
- COOPER, K. V., R. S. JESSOP y N. L. DARVEY. 2004. Triticale in Australia. En: *Triticale: Improvement and production*. FAO. (ed: Magonum-Gómez Macpherson) p: 87-92.
- DENARO, F., A. FERREIRA, E. CASTILLO, E. GRASSI, H. PACCAPELO y V. FERREIRA. 2010. Producción de grano forrajero y estabilidad en líneas de triticale. **Jornadas de Mejoramiento Genético de Forrajeras**. Actas: 118. Llavallol, Buenos Aires.
- DI SANTO, H., C. POCHETTINO, E. GRASSI, B. SZPINIAK y V. FERREIRA. 2005. Efecto del cultivar, densidad de siembra y fertilización nitrogenada sobre la producción de semilla de triticale forrajero. **28.º Congreso de Producción Animal**. Bahía Blanca, Buenos Aires. *Rev. Arg. Prod. Animal* 25(Supl. 1): 175-176.
- ESTEVEZ LEYTE, R., R. O. BRAUN, J. E. CERVellini, O. PATTACINI y G. SCOLES. 1999. Utilización de cereales no tradicionales: tricepiro (*Triticum x Secale x Thinopyrum*) y triticale (*Triticum x Secale*) en alimentación de cerdos. *Rev. de la Fac. Agron. de la UNLPam.* 10(2):1-10.
- GANUM GORRIZ, M. J., V. FERREIRA, E. GRASSI, E. CASTILLO y A. FERREIRA. 2009. Triticale: tamizado de líneas con aptitud granífera. **XXXVIII Congreso Argentino de Genética**. Lilloa 45 Supl.:43. S. M. de Tucumán.

- GÓMEZ, M., L. MANCHÓN, B. OLIETE, E. RUIZ y P. CAVALLERO. 2009. Adequacy of wholegrain non wheat flours for layer cake elaboration. *Food Sc. and Technology* 30: 1-7.
- GOYAL, A., B.L. BERES, H.S. RANCHAWA, A. NAVABI, D.F. SALOMON y F. EUDES. 2011. Yield stability analysis of broadly adaptive triticale germplasm in southern and central Alberta, Canada, for industrial end-use suitability. *Can. J. Plant Sci.* 91: 125-135.
- GUPTA, P. K. y P. M. PRIYADARSHAN. 1982. Triticale: Present status and future prospects. *Advances in Genetics*, Vol. 21. Academic Press Inc. N. York.
- GRASSI, E., A. ODORIZZI, L. REYNOSO, B. SZPINIAK y V. FERREIRA. 2001. Producción de semilla en triticale forrajeros obtenidos en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. **XII Cong. Brasileiro de sementes**. Informativo ABRATES 11(2): 90.
- 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. de 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.
- INASE. 2003, 2010, 2011. Producción de semilla fiscalizada. *Boletines del Instituto Nacional de Semillas*, SAGPyA, MECON, Buenos Aires.
- INDEC, 2002. Encuesta Nacional Agropecuaria 2001. Min. de Economía. Buenos Aires.
- JUSKIW, P. (ed.) 1998. **Proc. 4th Int. Triticale Symp.** Vol. I (Oral Presentations). XII Red Deer, Alberta, Canadá.
- KARPENSTEIN-MACHAN, M. y K. SCHEFFER. 1998. Triticale for industrial uses, produced in a sustainable cropping system. **Proc. 4th Int. Triticale Symp.** Vol. I: 273-277.
- KINACI E. y N. GULMEZOGLU. 2007. Grain yield and yield components of triticale upon application of different foliar fertilizers. *INCI* (en línea). En: www.redalyc.org/articulo.oa?id=33932909. Consultado: 16 de Noviembre de 2013.
- KOZHAHMETOV K.K. y A.I. ABUGALIEVA. 2013. Winter triticale cultivars in Kazakhstan. **8th International Triticale Symposium**. Actas:59. Ghent, Belgium.
- LEÓN, A., O. RUBIOLO y C. AÑÓN. 1996. Use of triticale flours in cookies: quality factors. *Cereal Chem.* 73: 779-784.
- LEÓN, A. 2007. Utilización de harinas de triticale para elaborar galletitas dulces. *Molinería y panadería*. 1167: 50-55.
- LÓPEZ, J. y S. GARBINI. 1985. Triticale. Situación actual y perspectivas de su cultivo en la

República Argentina. *Inf. Técnico N° 41*, EEA Bordenave, INTA.

LORENZ, K., F. W. REUTER y C. SIZER. 1974. The mineral composition of triticales and triticale milling fractions by X-ray fluorescence and atomic absorption. *Cer. Chem.* 51: 534.

MCLEOD, J., V. BARON, D. SALMON y Y. GAN. 1998. Triticale-potential as an industrial ethanol feedstock. **Proc. 4th Int. Triticale Symp.** Vol.I: 278-283.

MERGOUM, M., W. PFEIFFER, S. RAJARAM y R. PEÑA. 1998. Triticale at CIMMYT: improvement and adaptation. **Proc. 4th Int. Triticale Symp.** Vol. I: 58-64.

MYER, R. O., y A. J. LOZANO DEL RÍO. 2004. Triticale as animal feed. In: Mergoum, M and H. Gómez-Macpherson (eds.) Triticale improvement and production. *FAO Plant Prod. and Protection Paper* 179: 49-58.

MURILLO, A. B, H. A. ESCOBAR, H. FRAGA MANCILLAS y R. PARGAS LARA. 2001. Rendimiento de grano y forraje de líneas de triticale y centeno en Baja California Sur, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* (en línea). En: www.redalyc.org/articulo.oa?id=61024203. Consultado: 1 de diciembre de 2013.

OLIETE, B., G. PÉREZ, M. GÓMEZ, P. RIBOTTA, M. MOIRAGHI y A. LEÓN. 2010. Use of wheat, triticale and rye flours in layer cake production. *J. Food Sci. and Technol.* 45: 697-705.

OETLER, G. 2004. Triticale in Germany. In: Triticale: improvement and production. FAO (Ed: Margoum-Gómez Macherson). pp: 115-117.

PÉREZ, P., E. GRASSI, B. SZPINIÁK y V. FERREIRA. 2006. Selección de líneas de triticale con producción balanceada de forraje y grano. **XXIX Congreso Argentino de Producción Animal**. RAPA 26(Supl. 1): 161-162.

QUIROZ MERCADO J. 2010. Rendimiento y producción de biomasa de trigo, cebada y triticale bajo riego y seco durante el llenado de grano en el sur de Chile. Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias Agrarias. VALDIVIA – CHILE. En: www.cybertesis.uach.cl. Consultado: 15 de Noviembre de 2013.

RAMACCIOTTI, J., M. RAMPO, J. SARTORI y R. H. MAICH. 2010. Triticale para grano, opción de bajo costo en ambientes con poca agua. *La voz del campo*. Córdoba. En: www.lavoz.com.ar. Consultado: 15 de Noviembre de 2013.

STEEL, R. y J. TORRIE. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. 2^{da} Ed. McGraw-Hill, México.

VARUGHESE, G., T. BARKER y E. SAARI. 1987. *Triticale*. CIMMYT, México, D.F. pp 2-5.

VILLEGAS, E., C. E. MCDONALD, and K. A. GILLES. 1970. Variability in the lysine content of wheat, rye, and triticale protein. *Cer. Chem.* 47: 746.

YAĞBASANLAR, T. y H. ÖZKAN. 1995. Correlation and Path Coefficient Analysis of Ear Characters in Triticale Under Mediterranean Climatic Conditions. *J. Agron. and Crop Sci*, 174:297-300.

ZERIHUN, T., E. FIRDISSA, B. BEDADA, A. DAWIT, Z. HABTEMARIAM, S. YEWUBDAR, TAFESSE y T. KEBEDE. 2013. Environmental effect on grain yield stability of triticale (*X Triticosecale* Wittmack) lines in Ethiopia. **8th International Triticale Symposium**. Actas: 36. Ghent, Bélgica.