

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**



Trabajo Final Presentado para Optar al Grado de Ingeniera  
Agrónoma

**Título del trabajo**

**SELECCIÓN DE LÍNEAS GRANÍFERAS,  
ANORMALIDADES MEIÓTICAS Y FERTILIDAD  
EN CEREALES SINTÉTICOS**

**ALUMNA:** María José GANUM GORRIZ

**DNI:** 28.774.467

**DIRECTOR:** Ing. Agr. MS Víctor A. FERREIRA

**CO-DIRECTOR:** Ing. Agr. Ezequiel M. GRASSI



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

Título del Trabajo Final: Selección de líneas graníferas, anormalidades meióticas y fertilidad en cereales sintéticos

Autor: María José Ganum Gorriz

DNI: 28.774.467

Director: Ing. Agr. MS Víctor A. Ferreira

Co-Director: Ing. Agr. Ezequiel M. Grassi

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión

Evaluadora:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Fecha de presentación: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Aprobado por Secretaría Académica: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Secretario Académico

## DEDICATORIA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

En el nombre de Dios el clemente el misericordioso.

Como dijo el profeta Muhammed (saw) en uno de sus hadices:

A mamá,  
a mamá,  
a mamá,  
y a papá...

## AGRADECIMIENTOS

A mamá y papá porque todo lo que soy se lo debo a ustedes...

A mi titi Máriam por ser mi cómplice, cuidarme y apoyarme incondicionalmente...

A mis primos, Emiliano y Ramón, por estar a mi lado...

A mis abuelos por su ejemplo y su amor, a pesar de ya no estar...

A mamá Elo y sus hijas que me adoptaron cuando mamá faltó...

A Javier Ponce, porque por vos me vine a estudiar agronomía a Río Cuarto...

A Víctor y Ezequiel por aguantar mis locuras y confiar en mí; a Bea por ser mi ejemplo a seguir; a Oscar, Tito, Mica y Analía por ayudarme con los ensayos; a Ivana por su ayuda con el resumen...

A mis gordas (Carla, Vicky, Maru, Ampy, Fori, Nati, y Pablo) porque sin ustedes no hubiera sido lo mismo la universidad, ni mi vida; y a la familia de cada una de ustedes, por aceptarme y apoyarme...

A los Báez que me tratan como una más de la familia y siempre están para mí...

A las amigas de mamá, Lili, Mer, Chiqui, que me cuidaron como una hija más...

A todos mis amigos por su apoyo y perdón por no nombrarlos pero no quiero olvidarme de ninguno...

A los que ya no están pero que fueron parte de todo esto...

A todos... GRACIAS

## ÍNDICE GENERAL

SECCION	Pág.
INDICE	
General .....	VI
Cuadros .....	VII
Figuras .....	VIII
RESUMEN.....	IX
SUMMARY.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
HIPÓTESIS .....	4
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
CAPÍTULO I: SELECCIÓN DE LÍNEAS GRANÍFERAS DE TRITICALE.....	5
MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
RESULTADOS.....	6
DISCUSIÓN.....	8
CONCLUSIONES.....	9
CAPÍTULO II: ANORMALIDADES MEIÓTICAS Y FERTILIDAD EN CEREALES SINTÉTICOS.....	10
MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
RESULTADOS.....	11
CARACTERES CITOLÓGICOS.....	11
CARACTERES DE LA ESPIGA.....	13
ANÁLISIS DE LA ASOCIACIÓN ENTRE CARACTERES DE LA ESPIGA Y CITOLÓGICOS.....	16
DISCUSIÓN.....	17
CONCLUSIONES.....	22
BIBLIOGRAFÍA.....	23
ANEXO I.....	29
ANEXO II.....	35

## INDICE DE CUADROS

CUADRO	Pág.
Cuadro 1. División de ciclos por suma térmica (°C) en líneas de triticale.....	5
Cuadro 2. Escala utilizada para determinar grado de arrugamiento.....	5
Cuadro 3. Líneas de triticale seleccionadas en base al Índice Aditivo. Río Cuarto, año 2007.....	7
Cuadro 4: Valores promedio de las líneas de triticale y los testigos. Río Cuarto, año 2008.....	7
Cuadro 5. Micronúcleos por microspora (MxM) y micronúcleos por tétrada (MxT) en triticale. Río Cuarto, año 2006.....	12
Cuadro 6. Porcentaje de microsporas normales (% MN) e índice meiótico (IM) en triticale. Río Cuarto, año 2006.....	13
Cuadro 7. Valores promedios, análisis de la varianza y significación de los caracteres analizados en cereales sintéticos. Río Cuarto, años 2006 y 2007.....	13
Cuadro 8. Valores promedios y desvío estándar de los caracteres analizados en los cultivares según el año. Río Cuarto, años 2006 y 2007.....	13
Cuadro 9. Valores medios y significación del número de espiguillas por espiga en cereales sintéticos. Río Cuarto, años 2006 y 2007.....	14
Cuadro 10. Valores medios y significación del número de granos por espiga en cereales sintéticos. Río Cuarto, años 2006 y 2007.....	15
Cuadro 11. Valores medios y significación del índice de fertilidad en cereales sintéticos. Río Cuarto, años 2006 y 2007.....	16
Cuadro 12. Análisis de correlación de Spearman: caracteres de la espiga y citológicos en cereales sintéticos. Río Cuarto, año 2006.....	17

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pág.
Figura 1: Precipitaciones medias mensuales (PP) y temperaturas (T°) máximas medias en Río Cuarto durante 2006-2007 y valores históricos.....	11
Figura 2. Grado de asociación entre índice meiótico e índice de fertilidad y número de granos por espiga e índice de fertilidad en cereales sintéticos. Río Cuarto, año 2006.....	18



## RESUMEN

El presente trabajo abarca selección en triticale (*X Triticosecale* Wittmack) con fines graníferos, y estudios citológicos y de fertilidad en cereales sintéticos. La selección con el objetivo de identificar líneas con aptitud granífera se realizó empleando 175 líneas provenientes del CIMMyT. Se consideró sanidad, vuelco, peso por macollo, porcentaje de macollos fértiles, índice de cosecha, peso de mil granos, peso hectolítrico y grado de arrugamiento del endosperma. Se utilizó un diseño aumentado con cuatro testigos. Las medias de los caracteres se compararon mediante prueba t. Noventa líneas se descartaron por problemas sanitarios y caña frágil. Las 85 líneas restantes tuvieron ciclo vegetativo corto y se eligieron 51 de éstas por presentar características graníferas significativamente mejores que tres testigos. Respecto a la estabilidad citológica, los cereales sintéticos presentan anomalías meióticas y fallas de la fertilidad que disminuyen su rendimiento en grano. Nueve triticales, dos trigopiros y un tricepiro se emplearon para determinar disturbios meióticos, fertilidad de la espiga y su relación. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado. El número de micronúcleos por microspora y por tétrada, porcentaje de microsporas normales e índice meiótico se determinó en 2006. El número de granos y espiguillas por espiga e índice de fertilidad se analizó en 2006 y 2007. El análisis realizado incluyó ANAVA, prueba de rangos múltiples de Duncan y correlaciones simples. Los cultivares presentaron diferencias significativas sólo en el número de micronúcleos por tétrada. El porcentaje de microsporas normales tuvo alta correlación con el índice meiótico ( $r = 0,95^{***}$ ), por lo que este sencillo índice resulta muy buen indicador de la estabilidad citológica. Los caracteres de espiga presentaron interacción año x cultivar significativa y no estuvieron asociados con los citológicos. La correlación entre granos por espiga y fertilidad fue alta ( $r = 0,88^{***}$ ), indicando que es el mejor carácter para seleccionar por fertilidad.

Palabras clave: triticale, líneas, selección, estabilidad citológica, fertilidad.

## SUMMARY

## **SELECTION OF GRAIN STRAINS, MEIOTIC ABNORMALITIES AND FERTILITY IN SYNTHETIC CEREALS**

Selection in triticale (*X Triticosecale* Wittmack) for grain use and cytological and fertility studies in synthetic cereals was done in the current work. In order to identify grain crop materials, 175 CIMMYT introductions were used. Selection was made taking into account the following traits: disease behaviour, lodging, tiller weight, fertile tillers percentage, harvest index, 1000-grain weight, test weigh and grain shrivelling degree. An augmented experimental design with four controls was used. The mean of each trait was compared through the t test. Ninety strains were eliminated due to disease susceptibility and lodging. The other 85 strains had short vegetative cycle and 51 of them were chosen by their significantly higher grain aptitude compared to the controls. Synthetic cereals showed meiotic abnormalities and fertility problems with decreases in grain yield. In order to establish meiotic abnormalities, spike fertility and the relationship among them, nine triticales, two trigopiros and one tricepiro were analyzed. A completed randomized analysis was used. In 2006 the number of micronuclei per microspore and tetrad, normal microspore percentage and meiotic index were analyzed. The number of grain and spikelet per spike and fertility index were studied in 2006 and 2007. The statistic analysis included ANOVA, Duncan's test and simple correlations. Significant differences among cultivars were found in the number of micronuclei per tetrad only. High correlation ( $r = 0,95^{***}$ ) between normal microspores percentage and meiotic index was found. Thus, cytological stability could be inferred through this simple index. The year x cultivar interaction was significant in reproductive traits and there was no association between reproductive and cytological traits. High correlation ( $r = 0,88^{***}$ ) between grain per spike and fertility was found; therefore fertility selection is feasible through this easily determinable trait.

Keywords: triticale, strains, selection, cytological stability, fertility.

## INTRODUCCIÓN

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack) es un cereal intergenérico, producto de la cruce de *Triticum* L. x *Secale* L. en sentido amplio. La historia del triticale comenzó en 1875, cuando A. S. Wilson reportó en la Sociedad Botánica de Edimburgo, Escocia, el primer híbrido entre trigo y centeno. Éste y otros híbridos fueron estériles. W. Rimpau informó el primer triticale verdadero en 1891 y años más tarde Müntzing demostró que la planta descrita por Rimpau era un octoploide ( $2n = 56$ ), proveniente de la cruce de un trigo hexaploide ( $2n = 42$ ) y centeno ( $2n = 14$ ) (Villareal *et al.*, 1990).

Los octoploides originales tenían escaso vigor y baja fertilidad. La obtención de nuevos triticales primarios fue facilitada por el descubrimiento de la colchicina en los 1930s como agente inductor de la duplicación del número de cromosomas, y el cultivo de embriones en los 1940s, que permitió lograr híbridos a partir de combinaciones paternas naturalmente incompatibles entre trigos tetraploides y centeno, obteniendo triticales hexaploides, de cualidades genéticas superiores a los octoploides iniciales (Villareal *et al.*, 1990).

La mayor parte de los cultivares difundidos en el mundo son hexaploides. Los principales países productores son: Polonia, China, Alemania, Australia, Bielorrusia y Francia. Según informes de la FAO, en 2005 se cosecharon 13,5 millones de toneladas en 28 países (Arseniuk y Oleksiak, 2002). En Argentina no existen datos oficiales, pero se estima el área sembrada en aproximadamente 100.000 hectáreas (Ferreira *et al.*, 2001).

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo desarrolla germoplasma y sus principales objetivos de mejoramiento son elevar el rendimiento en grano y la calidad panadera. La primera prioridad del programa de mejoramiento en ese centro fue aumentar la variabilidad del material de cría mediante la obtención de nuevos triticales primarios. La expansión del germoplasma permitió mejorar la adaptabilidad, el potencial de rendimiento granífero y la calidad panadera, en particular por la sustitución de los cromosomas 1R y 6R por los correspondientes del genomio D del trigo (Varughese *et al.*, 1987).

El triticale puede utilizarse en la alimentación animal y humana; en nuestro país se emplea para pastoreo directo, henificado o como grano forrajero. Aventaja a otros cereales de invierno por presentar escasa incidencia de enfermedades foliares (Cardozo *et al.*, 2005a), tolerancia al frío y al pulgón verde y buena calidad hasta bien avanzado el ciclo vegetativo (Larrea *et al.*, 1984). La calidad nutritiva del grano es semejante a la del trigo, y en algunos

aspectos llega a superarlo porque tiene mayor contenido en lisina y mejor digestibilidad de las proteínas y balance de minerales (Varughese *et al.*, 1987).

Respecto al empleo en alimentación humana, se pueden mencionar la fabricación de pan integral y alimentos que no requieran harinas leudantes como galletitas, galletas, pasteles, panqueques y fideos (Varughese *et al.*, 1987). Tanto en el extranjero como en el país ha sido exitoso su empleo en la fabricación de galletitas (Kahn y Penfield, 1983; León *et al.*, 1996; CyT/acc.1, 2000). También se ha probado en panificación empleando no más de 25 o 30 % en mezcla con harina de trigo, según pruebas realizadas en los años 70 en la UN La Plata y EEA INTA Marcos Juárez (resultados no publicados), y en la elaboración de tortas, sustituyendo a la harina de trigo en un 50% (Gómez *et al.*, 2009).

La presencia de irregularidades meióticas, fallas en la fertilidad y el endosperma arrugado (Gupta y Priyadarshan, 1982; Kaltsikes *et al.*, 1984), son características de los triticales derivadas de su origen intergenérico. Otros productos de hibridaciones intergenéricas como tricepiros y trigopiros, presentan problemas similares (Löve y Suneson, 1945; Marshall y Schmidt, 1954; Tosso *et al.*, 2000; Ferreira *et al.*, 2001).

La reducción parcial de la fertilidad puede derivar de la esterilidad segregacional remanente, pero también podría deberse a disturbios meióticos tales como la presencia de univalentes en metafase I, cromosomas retrasados y puentes en anafase I y II, que se manifiestan como micronúcleos en las cuartetos y pueden producir gametos aneuploides (Tarkowski, 1968; Scoles y Kaltsikes, 1974; Gupta y Priyadarshan, 1982; Kaltsikes *et al.*, 1984).

La frecuencia de aneuploidías es un problema importante en los triticales, debido a que en ellos confluyen genomas provenientes de especies con diferente modo de reproducción, autógena en trigo, alógama en centeno, y genomas que tienen tiempos meióticos diferentes y funcionan en el citoplasma de trigo (Lacadena, 1970).

La estabilidad citológica varía con el número de generaciones postcruzamiento; los resultados son diferentes si se comparan las anomalías y la fertilidad en generaciones segregantes tempranas, entre o dentro de líneas homocigotas avanzadas o líneas con diferentes genealogías (Tsuchiya y Larter, 1969; Merker, 1971; Sapiro y Heyne, 1973; Hsam y Larter, 1973; Gustafson y Qualset, 1975; Szpiniak, 1983; Falçao *et al.*, 1990).

El análisis detallado del comportamiento meiótico del germoplasma en un programa de mejoramiento, en términos prácticos sería lento y dificultoso. El índice meiótico (Löve,

1949) considera el estadio final de la meiosis y refiere al porcentaje de cuartetos normales; por lo tanto, refleja la regularidad de apareamiento y es una medida sugestiva de las anomalías meióticas. El momento en que se efectúan las observaciones para su cálculo parece ser el más indicado. Estudios realizables en etapas previas de la división meiótica son inconvenientes ya que la meiosis II es más irregular que la meiosis I (Shah *et al.*, 1988).

El índice meiótico es un indicador de rápida y fácil determinación que se utiliza para verificar la estabilidad genética de un cultivar. Löve (1949) estableció para trigo que se consideran estables los cultivares con índice meiótico  $\geq$  a 90%. La utilización de plantas con índice menor para cruzamientos origina progenies desuniformes, con variaciones fenocariotípicas y reducción en el tamaño del grano (Tsuchiya, 1973; Oudjehih y Boukaboub, 2002).

Los cultivares de triticale obtenidos en la UN de Río Cuarto (Ferreira y Szpiniak, 1994; Grassi *et al.*, 1997) son hexaploides ( $2n = 6x = 42$ ). Los descriptores obligatorios para su inscripción en el Registro Nacional de Cultivares sólo requieren, desde el punto de vista citológico, el número cromosómico y respecto a la fertilidad, el número medio de granos por espiga tomado en el año de la descripción. Observaciones no sistematizadas indican que tanto en ellos como en el material de cría se mantienen irregularidades meióticas y fertilidad reducida respecto a su valor potencial, la que se expresa en mayor o menor medida según las condiciones climáticas de cada año.

Otro tipo de híbridos interespecíficos lo constituyen los trigopiros y los tricepiros. Los primeros derivan de la hibridación trigo x agropiro y los segundos de la hibridación de triticale x trigopiro. Estos últimos constituyen un novel aporte a la diversificación de los recursos forrajeros pero la mayoría del material está aún en desarrollo experimental.

El tricepiro Don René INTA ha sido seleccionado en la UN de Río Cuarto, también se obtuvieron nuevos tricepiros (Ferreira y Szpiniak, 1994; Ferreira *et al.*, 1998) y se continúa desarrollando germoplasma; en algunos de estos materiales se ha estudiado la estabilidad meiótica y la fertilidad, verificándose problemas similares a los ya comentados en triticale (Szpiniak *et al.*, 1997; Scaldaferrero *et al.*, 2001; Ferreira *et al.*, 2001, 2006). El análisis mediante técnicas de citogenética molecular de algunas líneas motivo de la mejora indican que mantienen los genomas A y B del trigo, el R del centeno y que tienen introgresión de agropiro (Fradkin *et al.*, 2006; 2009).

## **HIPÓTESIS**

- Es posible diferenciar líneas por aptitud granífera en material de cría introducido.
- Las fallas en la fertilidad de la espiga en los cereales sintéticos están correlacionadas con la presencia de disturbios citológicos.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Realizar mejora de cereales sintéticos.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar líneas con aptitud granífera en materiales introducidos.
- Estudiar las anomalías en telofase II de cultivares registrados por la UN de Río Cuarto y líneas avanzadas del programa de mejoramiento de la orientación Genética de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, UN de Río Cuarto.
- Analizar el grado de asociación entre los disturbios citológicos y la fertilidad.

# CAPÍTULO 1

## SELECCIÓN DE LÍNEAS GRANÍFERAS DE TRITICALE

### MATERIALES Y MÉTODOS

El material experimental utilizado en el ensayo estuvo constituido por ciento setenta y cinco líneas de triticale provenientes de los viveros internacionales de selección y rendimiento del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), recibidas en los años 2004, 2005, 2006 y 2007, a través de la cooperación internacional de esa entidad con el Criadero UNINARC (origen 36 – 39 ITYN Ligth). Los testigos fueron tres cultivares forrajeros de triticale registrados por la UN de Río Cuarto (Genú, Tizné y Cayú-UNRC) y la línea granífera Eronga de origen mexicano.

El material de cría se sembró el 30 de abril del 2007 en el campo experimental de la UN Río Cuarto, sobre un suelo Haplustol típico de textura franco arenosa. Se determinaron los estados fenológicos de acuerdo a la escala internacional de Zadoks *et al.*, (1974) (Anexo I, Cuadro A) y los ciclos vegetativos, a partir de la comparación de los tiempos térmicos de emergencia a floración, usando una temperatura base de 0°C (Cuadro 1) (Cardozo *et al.*, 2005b).

Los caracteres evaluados fueron: tolerancia a roya de la hoja y manchas foliares, porcentaje de vuelco, peso (g) por macollo (PM), porcentaje (%) de macollos fértiles (MF), índice (%) de cosecha (IC), peso (g) de mil granos (P 1000), peso (kg/hl) hectolítrico (PH) y grado de arrugamiento del grano (GA) de las líneas cosechadas y de los testigos (1= liso a 5 = muy arrugado) (Cuadro 2).

Cuadro 1. División de ciclos por suma térmica (°C) en líneas de triticale (Cardozo *et al.*, 2005b).

Mayor a	Ciclos	Menor a
-	Corto	1617.31
1617.31	Intermedio-Corto	1713.13
1713.13	Intermedio	1941.95
1941.95	Intermedio-Largo	2001.07
2001.07	Largo	-

Cuadro 2. Escala utilizada para determinar grado de arrugamiento

1	Liso
2	Casi liso
3	Poco arrugado
4	Arrugado
5	Muy arrugado

Se empleó un diseño aumentado (Federer y Raghavarao, 1975) con cuatro testigos y 30 introducciones en cada bloque. El valor de las líneas se ajustó en base a las medias de los

testigos en cada bloque. Las medias de los caracteres de las líneas y los testigos se compararon a través de la diferencia mínima significativa (dms) (Steel y Torrie, 1988).

La elección de las líneas para posteriores pruebas de producción o empleo como padres del programa de mejoramiento se realizó en función de la tolerancia a roya de la hoja, manchas foliares y vuelco, y de un índice aditivo para los restantes caracteres. Este índice se obtuvo ordenando y numerando a las líneas para cada carácter. Luego, en cada línea se sumó el número de orden que ocupó para cada carácter y se las clasificó según este índice en orden creciente; por ello, los índices más bajos corresponden a las líneas con mejores características.

## RESULTADOS

Setenta y nueve líneas se eliminaron por susceptibilidad a roya de la hoja, dos por susceptibilidad a manchas foliares y nueve por caña frágil. Las ochenta y cinco líneas de triticale restantes fueron analizadas para el resto de los caracteres.

Todas las líneas presentaron ciclo vegetativo corto, con un promedio de  $1.468,7 \pm 127,6$  °Cd. El testigo Eronga presentó ciclo vegetativo corto, Tizné-UNRC corto – intermedio, y Genú y Cayú-UNRC intermedio. Los ciclos vegetativos y sumas térmicas (°Cd) de emergencia a floración de líneas y testigos se presentan en el Cuadro B del Anexo I. Los ajustes por el análisis de diseño aumentado para los caracteres se encuentran en Cuadro C del Anexo I.

El análisis estadístico mediante la dms reveló extensos solapamientos para todos los caracteres analizados. Así, dos líneas superaron significativamente en peso por macollo al testigo forrajero Genú-UNRC y al granífero Eronga; otras dos tuvieron más macollos fértiles que Genú-UNRC pero ninguna superó estadísticamente a Eronga.

Respecto a los caracteres directamente relacionados con el grano, dos líneas experimentales superaron a Eronga, Genú y Tizné-UNRC en el índice de cosecha; diez líneas tuvieron peso de 1000 granos significativamente mayor que Eronga y dieciocho que Tizné-UNRC, el mejor testigo forrajero para ese carácter. Otras dos líneas fueron estadísticamente superiores a Eronga y diez al mejor testigo forrajero (Genú-UNRC) en peso hectolítrico, mientras que tres líneas tuvieron grano significativamente menos arrugado que el testigo granífero Eronga.

Cincuenta y una líneas superaron en el índice aditivo a los testigos forrajeros Genú, Tizné y Cayú-UNRC; de éstas, veintitrés superaron al testigo granífero Eronga (Cuadro 3).



Cuadro 3. Líneas de triticales seleccionadas en base al índice aditivo. Río Cuarto, año 2007.

Línea	ÍNDICE ADITIVO	Línea	ÍNDICE ADITIVO
Cim 07 /816	39	Cim 06 /832	308
Cim 07 /815	99	Cim 04 /13	313
Cim 07 /811	117	Cim 07 /831	315
Cim 07 /806	123	Cim 07 /832	317
Cim 07 /843	129	Cim 04 /6	320
Cim 07 /833	133	Cim 05 /817	321
Cim 07 /819	160	Cim 06 /842	324
Cim 07 /814	168	Cim 06 /825	330
Cim 07 /808	170	Cim 06 /843	332
Cim 04 /19	172	Cim 05 /833	335
Cim 05 /805	182	Cim 05 /811	335
Cim 05 /819	208	Cim 04 /28	336
Cim 06 /837	213	Cim 07 /842	336
Cim 04 /4	224	Cim 05 /836	341
Cim 05 /807	259	Cim 06 /846	345
Cim 06 /827	260	Cim 06 /817	347
Cim 04 /21	262	Cim 04 /17	355
Cim 04 /12	265	Cim 04 /35	356
Cim 05 /816	265	Cim 06 /844	358
Cim 06 /839	268	Cim 05 /823	361
Cim 06 /805	276	Cim 05 /815	363
Cim 04 /5	277	Cim 06 /824	363
Cim 04 /18	278	Cim 04 /20	373
ERONGA	282	Cim 06 /806	375
Cim 05 /813	287	GENÚ-UNRC	379
Cim 05 /824	292	TIZNÉ-UNRC	518
Cim 04 /16	294	CAYÚ-UNRC	653
Cim 07 /844	301		

Los valores promedio de las líneas elegidas a través del índice aditivo y los testigos se presentan en Cuadro 4.

Cuadro 4. Valores promedio de las líneas de triticales y los testigos. Río Cuarto, año 2008.

	PM (g)	MF (%)	IC (%)	P 1000 (g)	PH (kg/hl)	GA
<b>Selectas</b>	3,30 ± 0,77	87,1 ± 9,35	28,09 ± 9,34	47,13 ± 5,25	71,63 ± 3,57	2,51 ± 0,66
<b>Testigos</b>	2,57 ± 0,74	75,9 ± 15,8	22,39 ± 9,10	32,70 ± 6,09	64,93 ± 6,26	3,08 ± 0,82

Referencias: PM = peso de macollo; MF = porcentaje de macollos fértiles; IC = Índice de cosecha; P 1000 = peso de mil granos; PH = peso hectolítrico; GA = grado de arrugamiento del grano

Algunas líneas que no superaron a los testigos Tizné y Cayú-UNRC, también se seleccionaron por presentar alguna característica agronómica sobresaliente: Cim 07/824, Cim 07/822, Cim 07/835 y Cim 06/807 por presentar elevado porcentaje de macollos

fértiles; Cim 04/11 por elevado peso por macollo; Cim 04/9 por alto peso de mil granos y Cim 04/8 por tener elevado peso de mil granos y alto peso por macollo.

## **DISCUSIÓN**

La selección de líneas de triticales con aptitud para producción de granos se realizó teniendo en cuenta diferentes caracteres. Noventa líneas se eliminaron por problemas sanitarios o caña débil (vuelco). La resistencia del triticales a enfermedades ha constituido una ventaja, sobre todo en zonas donde los problemas sanitarios reducen el rendimiento (Varughese *et al.*, 1987), y es por ello que se selecciona a favor de los materiales más tolerantes a problemas sanitarios. Dotto (1989) observó que el vuelco de las plantas también disminuye su rendimiento en grano. Una forma empleada en la selección para aumentar el rendimiento del triticales consistió en disminuir la altura de la planta y aumentar la fortaleza de la caña, lo que permitió una aplicación más intensa de fertilización nitrogenada sin inducir al vuelco de la planta (Varughese *et al.*, 1987).

Las ochenta y cinco líneas restantes presentaron ciclo vegetativo corto (185-190 días de siembra a cosecha), con valores de suma térmica que oscilaron entre los 1.404,97 °Cd y los 1.508,57 °Cd.

La falta de coincidencia en el ordenamiento de las líneas para cada carácter resultó un inconveniente a considerar al momento de elegir aquellas sobre las cuales continuar la evaluación de la aptitud granífera. Tal situación se resolvió confeccionando un índice aditivo que tuvo en cuenta los caracteres en conjunto. De acuerdo a este índice, se eligieron 23 líneas que superaron a los 4 testigos y otras 28 que fueron superiores a tres testigos. Además, se seleccionaron siete líneas que presentaron alguna característica granífera sobresaliente, sin tener en cuenta el lugar que ocuparon en el índice.

Todas estas líneas seleccionadas presentan características graníferas superiores a los testigos, en particular en el porcentaje de macollos fértiles, el peso de mil granos y el peso hectolítrico.

Ensayos realizados con cultivares fiscalizados de triticales forrajero en los que aplicaron diferentes mejoras tecnológicas presentaron valores inferiores a los aquí obtenidos para las líneas selectas. Grassi *et al.* (2003) con la aplicación de riego suplementario obtuvieron valores promedio de 80,4 % de macollos fértiles y 37,1 g de peso de 1000 granos. En otro ensayo analizando el efecto del cultivar, densidad de siembra y fertilización

nitrogenada se obtuvo un índice de cosecha de 25,19% (di Santo *et al.*, 2005). Cardozo *et al.* (2005b) caracterizaron germoplasma y obtuvieron valores de grado de arrugamiento de la semilla de 1.61 (escala: 0 = liso, 4 = muy arrugado).

Los valores obtenidos en el presente trabajo con respecto a MF y P 1000 fueron superiores al compararlos con los trabajos anteriores. El grado de arrugamiento del grano es menor que el observado por Cardozo *et al.* (2005b) y respecto al índice de cosecha, el obtenido por di Santo *et al.* (2005) fue menor que el del presente ensayo, en el que no hubo fertilización, ni riego complementario, por lo que los valores obtenidos se consideran muy buenos.

El arrugamiento del grano en triticale resulta en bajo peso hectolítrico y bajo rendimiento en grano (Varughese *et al.*, 1987; Cardozo *et al.*, 2005b). La genética del arrugamiento del grano es compleja; aparentemente supone diferencias estructurales y genéticas entre los cromosomas del trigo y el centeno (Skovmand *et al.*, 1984). Gustafson *et al.* (1985) postulan que la cantidad de heterocromatina telómerica en los cromosomas del centeno está estrechamente relacionada con el arrugamiento del grano y las características del grano a la madurez. Se han logrado mejoras en la calidad del grano mediante selección; el progreso fue lento pero continuo (Pfeiffer, 1996).

Respecto a los testigos empleados, Eronga fue seleccionado con propósitos graníferos y los otros para doble propósito (pasto y grano forrajero). Veintitrés de las líneas elegidas tuvieron mayor índice aditivo que el testigo granífero y todas superaron a los de doble propósito, por lo que se consideran como promisorias para el cultivo de triticale destinado a la producción de grano. Además, los resultados sugieren que en futuros ensayos de estas líneas deberían utilizarse sólo testigos con aptitud granífera.

## **CONCLUSIONES**

Las introducciones empleadas provenían de ensayos de rendimiento de grano; su análisis demuestra que debe estudiarse su adaptación a la región antes de incorporarlas en programas de mejoramiento.

El ensayo permitió identificar líneas con muy buenas características graníferas para la zona subhúmeda pampeana, lo que demuestra que es posible desarrollar cultivares con destino a la producción de grano.

## CAPÍTULO 2

### ANORMALIDADES MEIÓTICAS Y FERTILIDAD EN CEREALES SINTÉTICOS

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los cultivares de triticale forrajero Yagán y Tehuelche-INTA, Quiñé, Genú, Cayú, Tizné, Ñinca y Cumé-UNRC y Caracé-INIA; el cultivar de tricepiro Don René-INTA y los cultivares de trigopiro Don Noé-INTA y SH 16, sembrados durante el año 2006 y 2007. Las fechas de siembra fueron 28 de junio del 2006 y 1 de junio del 2007. Los lotes estuvieron ubicados en el campo experimental de la UN de Río Cuarto, sobre un suelo Haplustol típico de textura franco arenosa.

El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado (DCA). En cada año de estudio se marcaron 5 plantas al azar, dentro de cada cultivar. Previo a la cosecha se recolectaron de 1 a 3 espigas inmaduras de cada planta y se fijaron en solución Newcomer durante 24 h, pasando luego a alcohol 70° y a una temperatura de 4°C hasta su observación.

Las observaciones citológicas sólo se efectuaron en las espigas inmaduras recolectadas en el año 2006. Se realizaron aplastados de las anteras de una flor por vez, teñidos con acetocarmín, empleando 2 flores por espiga y realizando un recuento en telofase II de 200 tétradas por planta. Se cuantificó el número de micronúcleos por microspora (MxM) y de micronúcleos por tétrada (MxT) y se calculó el porcentaje de microsporas normales (% MN) y el índice meiótico  $IM = \text{tétradas sin micronúcleos} / \text{total de tétradas}$  (Löve, 1949).

Los caracteres de espiga fueron analizados en los dos años de ensayo. Se recolectaron todas las espigas de las plantas marcadas y se determinó el número de granos por espiga (NGE), el número de espiguillas por espiga (NEE) y el índice de fertilidad ( $IF = NGE/NEE$ ).

El modelo estadístico utilizado para los caracteres MxM, MxT, % MN e IM fue:  $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + e_{ijk}$ , donde  $\mu$  = media general,  $\alpha_i$  = efecto del cultivar y  $e_{ijk}$  = error experimental o efecto de la planta dentro del cultivar. Para las variables NEE, NGE e IF fue el siguiente:  $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{ijk}$ , donde  $\mu$  = media general,  $\alpha_i$  = efecto del cultivar,  $\beta_j$  = efecto del año,  $\alpha\beta_{ij}$  = interacción año x cultivar, y  $e_{ijk}$  = error experimental o efecto de la planta dentro del cultivar.

Se obtuvieron los valores medios y sus correspondientes desvíos estándar y rangos de variación para las observaciones citológicas y de fertilidad. Se analizaron mediante el ANAVA y la prueba de rangos múltiples de Duncan para diferenciar promedios. El número de micronúcleos por microspora (MxM) y de micronúcleos por tétrada (MxT) fueron transformados a  $\sqrt{x + 0,5}$  para su análisis (Steel y Torrie, 1988).

El grado de asociación entre los caracteres se efectuó a través del análisis de correlación simple (Steel y Torrie, 1988) empleando las observaciones del 2006. Los análisis estadísticos se efectuaron mediante el programa InfoStat (2002).

Las condiciones ambientales durante los años de ensayo se muestran en la Figura 1.

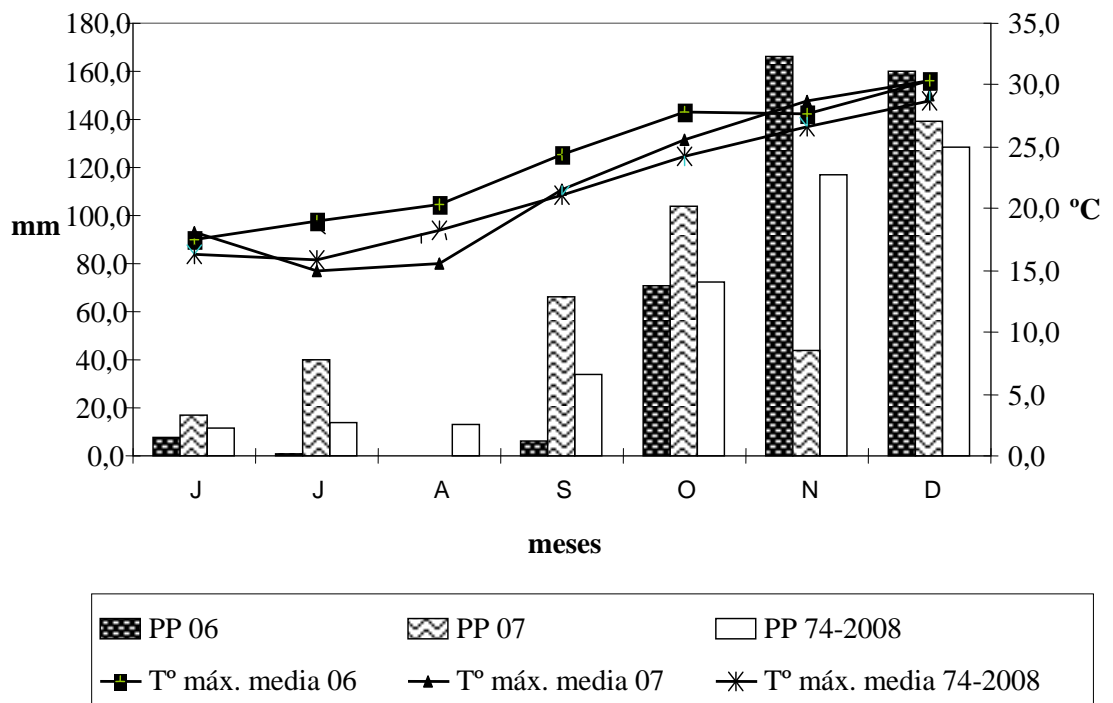


Figura 1: Precipitaciones medias mensuales (PP) y temperaturas (T°) máximas medias en Río Cuarto durante 2006-2007 y valores históricos. Fuente: Agrometeorología y Climatología Agrícola, Facultad de Agronomía y Veterinaria, UN de Río Cuarto.

## RESULTADOS

### Caracteres citológicos

Las observaciones de las tétradas en telofase II de la meiosis sólo pudieron realizarse en los cultivares Quiñé, Genú, Cayú, Tizné, Ñinca y Cumé-UNRC en el año 2006.

a) Micronúcleos por microspora (MxM)

El cultivar que menor cantidad de MxM presentó fue Cayú-UNRC, sin diferencias significativas con Ñinca-UNRC, mientras que Cumé-UNRC fue el cultivar con mayor cantidad de alteraciones, presentando diferencias significativas con todos los demás cultivares (Cuadro 5).

b) Micronúcleos por tétrada (MxT)

Cayú-UNRC fue el cultivar con menor cantidad de MxT y difirió significativamente del resto de los cultivares, mientras que, en el otro extremo, Cumé-UNRC resultó el de mayor cantidad de MxT, diferenciándose significativamente de los demás cultivares. El resto de los cultivares no presentaron diferencias significativas entre ellos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Micronúcleos por microspora (MxM) y Micronúcleos por tétrada (MxT) en triticale. Río Cuarto, año 2006.

Cultivar	MxM			MxT		
	Media ± DE	RV	Signif.	Media ± DE	RV	Signif.
<b>Cayú</b>	0,0625 ± 0,0125	0 - 2	A	0,2225 ± 0,0864	0 - 5	A
<b>Ñinca</b>	0,0776 ± 0,0163	0 - 3	A B	0,2921 ± 0,1083	0 - 10	B
<b>Tizné</b>	0,0929 ± 0,0217	0 - 2	B C	0,3464 ± 0,1355	0 - 5	B
<b>Quiñé</b>	0,0929 ± 0,0217	0 - 3	B C	0,3464 ± 0,1431	0 - 4	B
<b>Genú</b>	0,0929 ± 0,0217	0 - 2	C	0,3836 ± 0,1510	0 - 5	B
<b>Cumé</b>	0,1561 ± 0,0443	0 - 4	D	0,6449 ± 0,2833	0 - 9	C

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

c) Porcentaje de microsporas normales (% MN)

Cinco de los seis cultivares tuvieron similares valores de % MN y no se diferenciaron estadísticamente; Cayú tuvo el mayor porcentaje. Cumé-UNRC tuvo la menor cantidad de microsporas normales y las diferencias con los restantes fueron significativas (Cuadro 6).

d) Índice meiótico (IM)

El cultivar que mayor IM presentó fue Cayú-UNRC sin diferencias significativas con Ñinca y Quiñé-UNRC. Cumé-UNRC resultó el de menor IM, sin diferencias significativas con Genú y Tizné-UNRC (Cuadro 6).

Cuadro 6. Porcentaje de microsporas normales (% MN) e índice meiótico (IM) en triticale. Río Cuarto, año 2006.

Cultivar	% MN			IM		
	Media ± DE	RV	Signif.	Media ± DE	RV	Signif.
<b>Cayú</b>	92,32±0,45	92,00-92,63	A	81,50±1,41	80,5-82,5	A
<b>Ñinca</b>	90,63±1,89	87,88-92,00	A	72,88±5,36	65,0-77,0	A B
<b>Tizné</b>	89,13±5,31	83,00-92,38	A	69,0±10,83	56,5-75,5	B C
<b>Quiñé</b>	88,67±0,14	88,50-88,75	A	72,17±3,25	69,0-75,5	A B
<b>Genú</b>	88,19±1,89	85,75-90,36	A	68,25±4,63	62,5-72,0	B C
<b>Cumé</b>	82,34±3,20	79,25-85,63	B	58,67±5,97	52,0-63,5	C

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

### Caracteres de la espiga

Los valores medios de los triticales, trigopiros y tricepiro analizados para los caracteres de la espiga con su correspondiente desvío estándar (DE), rango de variación y significación del análisis de varianza se muestran en el Cuadro 7. Los rangos de variación fueron muy amplios para los tres caracteres. Las diferencias entre cultivares fueron muy altamente significativas para NGE e IF; el efecto año y la interacción cultivar x año tuvieron similar significación para los tres caracteres ( $p < 0,001$ ).

Cuadro 7. Valores promedios, variación y significación de los caracteres analizados en cereales sintéticos. Río Cuarto, años 2006 y 2007.

Carácter	Media ± DE	CV %	RV	Cultivar	Año	Cultivar x Año
<b>NGE</b>	28,90 ± 17,35	45,19	1,00 – 80,00	12,7***	193,98***	5,63***
<b>NEE</b>	20,05 ± 6,16	23,41	3,00 – 45,00	27,13 ns	3,34***	4,6***
<b>IF</b>	1,39 ± 0,65	33,19	0,04 – 3,33	7,0***	344,5***	9,77***

Referencias: CV = coeficiente de variación; RV = rango de variación; NGE = número de granos por espiga; NEE = número de espiguillas por espiga; IF = índice de fertilidad (NGE/NEE); ns = diferencias no significativas; (\*\*\*) =  $p < 0,001$ .

El Cuadro 8 muestra los valores medios con su correspondiente desvío estándar para los caracteres analizados según el año.

Cuadro 8. Valores promedio y desvío estándar de los caracteres analizados en los cultivares según el año. Río Cuarto, años 2006 y 2007.

Año	n	NGE	NEE	IF
<b>2006</b>	213	20,27 ± 15,52	19,70 ± 6,48	0,97 ± 0,62
<b>2007</b>	271	35,68 ± 15,63	20,32 ± 5,90	1,71 ± 0,47

Referencias: n = número de muestras observadas; NGE = número de granos por espiga; NEE = número de espiguillas por espiga; IF = índice de fertilidad (NGE/NEE).

a) Número de granos por espiga (NGE)

El cultivar Caracé-INIA del año 2007 presentó el mayor NGE, con una media de  $50,9 \pm 22,5$  y el menor lo presentó Don Noé-INTA del año 2006, con una media de  $3,6 \pm 4,1$  (Cuadro 9).

Cuadro 9. Valores medios y significación del número de granos por espiga en cereales sintéticos. Río Cuarto, años 2006 y 2007.

Año	Cultivar	Medias $\pm$ DE	Significación
2007	Caracé	$50,9 \pm 22,5$	A
2007	Cayú	$44,9 \pm 10,9$	A B
2007	Tizné	$41,7 \pm 16,7$	B C
2007	Tehuelche	$40,9 \pm 16,2$	B C
2007	Yagán	$40,1 \pm 15,2$	B C D
2007	Quiñé	$38,3 \pm 9,1$	B C D
2007	Ñinca	$36,2 \pm 13$	B C D E
2007	Genú	$35,5 \pm 12,1$	B C D E
2006	Tizné	$35,3 \pm 13,8$	B C D E
2007	Cumé	$33,5 \pm 10$	C D E F
2007	Don René	$32,4 \pm 17,2$	C D E F
2006	Ñinca	$30,5 \pm 18,5$	D E F G
2006	Genú	$27,1 \pm 11,4$	E F G H
2007	SH 16	$26,8 \pm 10,8$	E F G H I
2006	Cumé	$24,6 \pm 20,2$	F G H I
2006	Quiñé	$21,4 \pm 17$	G H I
2006	Don René	$20,5 \pm 12,2$	H I
2007	Don Noé	$18,8 \pm 9,1$	H I J
2006	Yagán	$18,2 \pm 14,8$	H I J
2006	Cayú	$17,1 \pm 10$	I J
2006	Caracé	$10,4 \pm 8,5$	J K
2006	SH 16	$10,1 \pm 7,5$	J K
2006	Tehuelche	$9,6 \pm 7,1$	J K
2006	Don Noé	$3,6 \pm 4,1$	K

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

b) Número de espiguillas por espiga (NEE)

El mayor NEE se observó en el cultivar Ñinca-UNRC en 2006, con una media de  $26,4 \pm 4,3$  y el menor lo presentó Don Noé-INTA en 2007, con una media de  $10,5 \pm 2,7$  (Cuadro 10). Los valores de los trigopiros SH 16 y Don Noé resultan un claro reflejo de su menor tamaño de espiga frente a los triticales y el tricepiro Don René-INTA.



Cuadro 10. Valores medios y significación del número de espiguillas por espiga en cereales sintéticos. Río Cuarto, años 2006 y 2007.

Año	Cultivar	Medias $\pm$ DE	Significación
2006	Ñinca	26,4 $\pm$ 4,3	A
2006	Cumé	24,9 $\pm$ 10,1	A B
2007	Cayú	24,1 $\pm$ 2,3	A B
2007	Tizné	23,5 $\pm$ 3,9	A B
2007	Yagán	23,3 $\pm$ 5,1	A B C
2006	Genú	23,2 $\pm$ 4,1	A B C
2007	Cumé	22,8 $\pm$ 4,1	B C D
2007	Tehuelche	22,8 $\pm$ 5,4	B C D
2006	Quiñé	22,7 $\pm$ 5,4	B C D
2007	Quiñé	22,7 $\pm$ 2,7	B C D
2007	Ñinca	22,6 $\pm$ 3,5	B C D
2006	Yagán	22,4 $\pm$ 4,9	B C D
2007	Caracé	22,2 $\pm$ 7,0	B C D E
2006	Caracé	22,0 $\pm$ 2,6	B C D E
2007	Genú	21,8 $\pm$ 3,6	B C D E
2006	Tizné	19,8 $\pm$ 4,9	C D E F
2006	Don René	19,3 $\pm$ 7,2	D E F
2007	Don René	18,8 $\pm$ 6,5	E F G
2006	Cayú	18,2 $\pm$ 4,5	F G H
2006	Tehuelche	15,7 $\pm$ 4,5	G H I
2007	SH 16	15,1 $\pm$ 3,0	H I
2006	SH 16	12,9 $\pm$ 5,2	I J
2006	Don Noé	12,8 $\pm$ 3,3	I J
2007	Don Noé	10,5 $\pm$ 2,7	J

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

c) Índice de fertilidad (IF)

El cultivar Caracé-INIA del año 2007 presentó el mayor IF, con una media de  $2,18 \pm 0,6$  y el menor lo presentó Don Noé-INTA del año 2006, con una media de  $0,3 \pm 0,3$  (Cuadro 11). Los valores promedio reflejan claramente la diferencia entre años. El cv. Tizné-UNRC se destacó por tener valores altos y similares en ambos años de ensayo.

Cuadro 11. Valores medios y significación del índice de fertilidad en cereales sintéticos. Río Cuarto, años 2006 y 2007.

Año	Cultivar	Medias $\pm$ DE	Significación
2007	Caracé	2,18 $\pm$ 0,6	A
2007	Cayú	1,87 $\pm$ 0,5	B
2006	Tizné	1,76 $\pm$ 0,5	B C
2007	Tizné	1,75 $\pm$ 0,6	B C
2007	Tehuelche	1,73 $\pm$ 0,5	B C
2007	Don Noé	1,72 $\pm$ 0,5	B C
2007	SH 16	1,72 $\pm$ 0,5	B C
2007	Quiñé	1,68 $\pm$ 0,3	B C
2007	Yagán	1,67 $\pm$ 0,4	B C
2007	Don René	1,62 $\pm$ 0,4	B C
2007	Genú	1,59 $\pm$ 0,4	B C
2007	Ñinca	1,57 $\pm$ 0,5	B C
2007	Cumé	1,46 $\pm$ 0,3	C D
2006	Genú	1,18 $\pm$ 0,5	D E
2006	Ñinca	1,1 $\pm$ 0,6	E F
2006	Don René	1,05 $\pm$ 0,5	E F G
2006	Cayú	0,96 $\pm$ 0,5	E F G
2006	Cumé	0,87 $\pm$ 0,6	E F G H
2006	Quiñé	0,86 $\pm$ 0,6	E F G H
2006	Yagán	0,77 $\pm$ 0,5	F G H I
2006	SH 16	0,72 $\pm$ 0,4	G H I
2006	Tehuelche	0,6 $\pm$ 0,4	H I J
2006	Caracé	0,47 $\pm$ 0,4	I J
2006	Don Noé	0,3 $\pm$ 0,3	J

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

### Análisis de la asociación entre caracteres de la espiga y citológicos

El grado de asociación entre los caracteres estudiados se presenta en el Cuadro 12. Las correlaciones entre los caracteres citológicos y los de la espiga fueron no significativas. El IM se correlacionó en forma negativa ( $p < 0,001$ ) con MxM y MxT y positiva ( $p < 0,001$ ) con el % MN, mientras que el IF se asoció positivamente ( $p < 0,001$ ) con el NGE. El NEE se correlacionó positivamente con el NGE ( $p < 0,01$ ).

Cuadro 12. Análisis de correlación de Spearman: caracteres de la espiga y citológicos en cereales sintéticos. Río Cuarto, año 2006.

	MxM	MxT	% MN	IM	NGE	NEE	IF
MxM	1						
MxT	0,99***	1					
% MN	-0,95***	-0,96***	1				
IM	-0,94***	-0,93***	0,95***	1			
NGE	0,08 ns	0,04 ns	-0,01 ns	-0,03 ns	1		
NEE	0,23 ns	0,17 ns	-0,23 ns	-0,16 ns	0,49*	1	
IF	-0,09 ns	-0,11 ns	0,09 ns	0,02 ns	0,88***	0,05 ns	1

Referencias: MxM = micronúcleos por microspora; MxT = micronúcleos por tetrada; % MN = porcentaje de microsporas normales; IM = índice meiótico; NGE = número de granos por espiga; NEE = número de espiguillas por espiga; IF = índice de fertilidad (NGE/NEE); ns = diferencias no significativas; (\*) =  $p < 0,01$ ; (\*\*\*) =  $p < 0,001$ .

A modo ilustrativo se graficó la dispersión de puntos obtenida de la asociación entre IM e IF y NGE e IF (Figura 2).

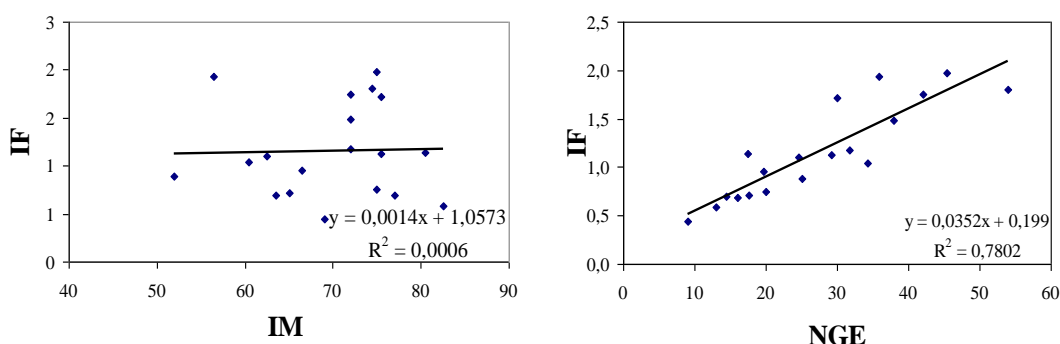


Figura 2. Grado de asociación entre índice meiótico e índice de fertilidad y número de granos por espiga e índice de fertilidad en cereales sintéticos. Río Cuarto, año 2006.

## DISCUSIÓN

Los cultivares de triticale utilizados son hexaploides. El tricepiro Don René-INTA es hexaploide con un número cromosómico  $2n = 42$  (Poggio *et al.*, 1997). El número cromosómico del trigopiro Don Noé-INTA es  $2n = 8x = 56$  (Ferrari, 2004) mientras que el de SH 16 es  $2n = 6x = 42$  (Fradkin *et al.*, 2008).

Los caracteres analizados tuvieron grandes variaciones según el año en que se estudiaron (Cuadro 8). Los caracteres citológicos, analizados en 2006, tuvieron valores bajos. Resulta muy probable que las altas temperaturas ocurridas en el período previo y durante la floración de ese año hayan influido sobre los mismos. Muchos autores han

encontrado influencia del año sobre las irregularidades meióticas (Larter *et al.*, 1968; Sisodia *et al.*, 1970; Coraglio *et al.*, 2003; Szpiniak, 1983).

Los valores de MxM fueron muy variables con diferencias marcadas entre cultivares. Algo semejante ocurrió con los valores de MxT, para los cuales también se encontraron diferencias significativas. Cayú-UNRC presentó la menor cantidad de micronúcleos por tetrada, diferenciándose de los demás cultivares, mientras que, en coincidencia con el carácter anterior, Cumé-UNRC fue el que tuvo mayor cantidad de micronúcleos observables en las tétradas.

Estos resultados permiten suponer que una alta proporción de células madres del grano de polen darán gametos poco competitivos, pero según Saura (1957) es muy probable que al momento de la germinación y formación del tubo polínico y posterior fecundación de la oosfera, los granos de polen con gametos anormales sean superados en velocidad por los que tienen una dotación normal de cromosomas.

Las observaciones de los MxM y MxT no son dificultosas así como tampoco el cálculo del % MN. Los dos primeros caracteres tuvieron relación negativa y muy altamente significativa con el IM, mientras que el último se correlacionó de manera positiva y muy altamente significativa con el IM. Por otra parte, ninguna de estas medidas de inestabilidad meiótica tuvo relación con el IF.

Estos resultados sugieren que cuando se estudia la estabilidad citológica es suficiente determinar la frecuencia o porcentaje de tétradas normales, lo cual, a su vez, es mucho más fácil y rápido de establecer, dado que sólo hay que cuantificar la presencia o ausencia de micronúcleos en telofase II, concordando con lo observado por Szpiniak (1983).

Durante el trabajo de mejora, el fitotecnista hace la selección basándose principalmente en el fenotipo de las plantas, reteniendo las formas deseadas. Los cereales sintéticos estudiados han sido seleccionados por caracteres morfológicos y de producción de biomasa; las plantas son uniformes morfológicamente, no así citológicamente.

El valor medio de IM de los cultivares de triticales analizados fue de  $69,84 \pm 8,13$  %. El valor más alto de IM correspondió al cultivar Cayú-UNRC,  $81,5 \pm 1,41$  %, valor que no alcanza al 90 % propuesto por Löve (1949) para trigo. No obstante se debe destacar que este valor mínimo es para un cultivo que ha tenido siglos de adaptación y selección; en cambio,

en el triticale, un nuevo anfiploide con frecuentes alteraciones meióticas, el valor aceptable del IM podría ser inferior.

Respecto a los caracteres de espiga, se observó una gran variación en los valores medios, sobre los cuales tienen alta influencia las diferencias interanuales de precipitaciones y temperaturas entre otros posibles factores. Se puede observar que en el año 2006 hubo una fuerte escasez de precipitaciones desde julio a septiembre, y las temperaturas durante la época de floración fueron elevadas por lo que este estadio fenológico se vio afectado. El año 2007 tuvo precipitaciones mayores que la media del período 1974 – 2008, salvo en los meses de agosto, donde no hubo precipitaciones, y en noviembre, donde las precipitaciones fueron menores a dicha media. Varios autores han encontrado influencias ambientales semejantes (Boyd *et al.*, 1970; Sisodia *et al.*, 1970; Szpiniak, 1983).

El NGE fue el carácter de la espiga más variable, con líneas que tuvieron valores extremos promedios de granos por espiga (3,6 – 50,9) y con un alto coeficiente de variación. Esto muy probablemente, también se debió a la influencia del efecto año. Esta alta variación del NGE es coincidente con lo encontrado por otros autores en triticale (Funaro y Paccapelo, 2001) y en tricepiro (Scaldaferro *et al.*, 2001).

Caracé-INIA fue la variedad que presentó mayor NGE en 2007, con diferencias significativas con todas las restantes salvo Cayú-UNRC y una de las que tuvo menor NGE en 2006. Esta variedad, de ciclo corto, precoz, gran vigor, buena sanidad y excelente producción de forraje y grano (Bemhaja, 1996), resultó sin embargo, una de las más influenciadas por el ambiente para ese carácter. Por su parte, Cayú-UNRC junto con Tehuelche y Yagán-INTA y los trigopiros Don Noé y SH 16 tuvieron un comportamiento similar, mientras que Tizné-UNRC junto a Ñinca-UNRC fueron de las menos variables.

El NEE fue el carácter de espiga con menor variación entre años, presentando mediana variación entre los cultivares. Parte de esta variación entre cultivares o líneas depende de la diferencia en el tamaño de la espiga entre el triticale y tricepiro, de espigas largas, y el trigopiro, de espigas cortas. El NEE resultó un carácter de escasa utilidad en el estudio de la fertilidad, dado que cultivares con mucho o poco NGE tienden a tener un similar NEE; datos semejantes fueron encontrados por Szpiniak (1983) en triticale.

El valor medio del índice de fertilidad del año 2006 fue  $0,97 \pm 0,62$  y el del año 2007 fue  $1,71 \pm 0,47$ , dando un promedio entre los dos años de  $1,39 \pm 0,65$ , con un CV = 47,15%. El análisis realizado permitió verificar que la fertilidad se vio afectada por el

ambiente, aunque comparando cada año por separado, los cultivares no difieren en fertilidad y hay una gran variación dentro de cada uno. El ordenamiento de los promedios de cada cultivar reflejó un ordenamiento similar al obtenido para el NGE, con alta variación de Caracé-INIA, Cayú-UNRC y Tehuelche y Yagán-INTA y muy escasa en Tizné-UNRC que tuvo prácticamente el mismo valor de IF en ambos años.

El NGE presentó correlación alta y positiva con el IF, siendo baja aunque positiva la relación entre el NEE y el IF. La alta correlación del NGE con el IF es acorde con lo comprobado por Szpiniak (1983) en triticale y Scaldaferró (2002) en tricepiro.

Las conclusiones obtenidas en triticale por Gustafson y Qualset (1975) y Szpiniak (1983), y en tricepiro por Scaldaferró (2002), concuerdan en que es más eficiente realizar la evaluación del IF indirectamente por el NGE, debido a su fácil determinación y a su alta correlación con la fertilidad, porque este carácter es el principal determinante de la misma ( $R^2 = 0,78$ ).

La correlación entre los caracteres de la espiga y los caracteres citológicos fue no significativa. Se encontraron plantas con valores de IM altos y valores de IF de los más bajos, tales como Cayú 1 y Ñinca 2, mientras que otras como Tizné 2 y Ñinca 1 tuvieron altos valores de IM e IF (Cuadro A del Anexo II). Estas consideraciones demuestran que no hay asociación entre los caracteres de la espiga y los caracteres citológicos.

Los resultados son coincidentes con los encontrados por diversos autores en distintos cultivos tales como trigo (Del Duca y Moraes Fernandes, 1980), triticale granífero (Falçao *et al.*, 1990), triticale forrajero (Szpiniak, 1983), segregantes de triticale forrajero x granífero (Torres y Ordoñez, 1997) y tricepiro (Szpiniak *et al.*, 1997; Ferreira *et al.*, 2001; Scaldaferró *et al.*, 2001; Scaldaferró, 2002), empleando el índice meiótico como medida de los disturbios citológicos.

Muchos autores han empleado otras características para estimar la relación entre las propiedades citológicas y agronómicas especialmente en triticale, tales como la frecuencia de quiasmas, el porcentaje de univalentes en metafase I, la presencia de puentes en anafase I, de fragmentos y cromosomas retrasados en anafase II. Coincidiendo con los resultados aquí obtenidos, no se encuentra una clara relación entre la inestabilidad citológica y la fertilidad salvo en híbridos recién sintetizados o en las primeras generaciones (Merker, 1971, 1973; Hsam y Larter, 1974, Gustafson y Qualset, 1975).

La falta de asociación entre los caracteres de la espiga y las variables citológicas indica que los disturbios meióticos verificados en las tétradas no pueden explicar la fertilidad reducida por sí solos, y sus efectos pueden quedar enmascarados por otros factores como irregularidades en la megasporogénesis, en la ploidía o ser producto de otras variables (Sisodia *et al.*, 1970; Merker, 1971, 1973; Gupta y Priyadarshan, 1982; Szpiniak, 1983; Scaldaferrro, 2002). Además influyen las ya mencionadas condiciones ambientales.

Las irregularidades meióticas se manifiestan en aneuploidías y por lo tanto también se reflejan parcialmente en el nivel de fertilidad, pero se necesita hacer selección independiente para un alto nivel de estabilidad meiótica y un alto nivel de fertilidad (Gupta y Priyadarshan, 1982). Hsam y Larter (1973) concluyeron que la selección por regularidad citológica no sería necesaria para mejorar la fertilidad; sin embargo, ellos sugieren que la estabilidad citológica puede obtenerse si se practica una selección vigorosa para alta fertilidad.

Según Müntzing (1957), los disturbios meióticos y la esterilidad son dos síntomas de un mismo disturbio fisiológico. La esterilidad puede ser parcialmente resultante de irregularidades meióticas causadas por disturbios fisiológicos independientes de la meiosis, resultantes de irregularidades observadas en la mitosis y en parte causada por efectos somáticos. Este último efecto se evidencia en líneas que poseen el mismo grado de irregularidades meióticas y tienen distinto nivel de fertilidad. Esto se observó en Tizné 2 y Ñinca 3 ambos con un mismo valor de IM (75%) y con IF muy distinto (1,98 y 0,75 respectivamente, Cuadro A del Anexo II).

La relación teórica esperable entre la fertilidad de la espiga y las aberraciones cromosómicas es de difícil demostración sobre todo en los poliploides. Desde la fertilización hasta la obtención de la semilla madura hay muchos factores genéticos y ambientales que interactúan, además de las irregularidades meióticas. Por otro lado las consecuencias de pequeñas deficiencias meióticas pueden tornarse evidentes en etapas posteriores del desarrollo de la semilla. Cuando las deficiencias cromosómicas no se hallen correlacionadas con el número de granos, no se detectará correlación entre las anomalías meióticas y la fertilidad (Moraes Fernandes, 1982).

Las correlaciones simples, ampliamente utilizadas en la investigación de los componentes del rendimiento, no siempre resultan suficientemente informativas acerca de la relación funcional entre componentes de diferente jerarquía y producto final (Mariotti, 1986). Cuando se estudian características de fertilidad, de baja heredabilidad, suele intentarse una

selección indirecta a través de otro carácter relacionado, tal como se observó en este trabajo, donde el número de granos por espiga fue el carácter que mejor reflejó la fertilidad.

## **CONCLUSIONES**

El número de granos por espiga es un carácter muy simple de determinar y es muy buen estimador de la fertilidad.

La fertilidad no se correlacionó con los disturbios constatados en las cuartetas, lo que demuestra que es un carácter complejo en el cual intervienen numerosas variables.



## BIBLIOGRAFÍA

- ARSENIUK, E. and T. OLEKSIK 2002 Production and breeding of cereals in Poland. **Proc. 5<sup>th</sup> International Triticale Symposium. Vol. I:11-20.** Radzików, Poland.
- BEMHAJA, M. 1996 INIA Caracé triticales. **Serie técnica N° 77, INIA Tacuarembó.** 16 pp. Montevideo, Uruguay.
- BOYD, W. J. R., N. S. SISODIA and E. N. LARTER 1970 A comparative study of the cytological and reproductive behaviour of wheat and triticales subjected to two temperature regimes. **Euphytica 19:490-497.**
- CARDOZO, M., E. GRASSI, B. SZPINIAK y V. FERREIRA 2005a Relevamiento de enfermedades fúngicas en triticales forrajero. **Rev. Univ. Nac. Río Cuarto 25(1):39-51.**
- CARDOZO, M., E. GRASSI, B. SZPINIAK y V. FERREIRA 2005b Selección de introducciones de triticales para doble propósito. **Rev. Univ. Nac. Río Cuarto 25(2):109-123.**
- CORAGLIO, J. C., L. E. TORRES, B. COSTERO y A. ORDÓÑEZ 2003 Efecto de la fertilización foliar sobre el índice meiótico en triticales hexaploides (*Triticosecale* Wittmack). XXXII Cong. Arg. y IV Jorn. Argentino-Chilenas de Genética. **JBAG 15(2) Supplement: 82.** Huerta Grande, Córdoba, Argentina.
- CyT/acc. 2000 **Comunicaciones de la Agencia Córdoba Ciencia S.E. 1(1):10.**
- DEL DUCA, L. J. and M. I. MORAES FERNANDES 1980 Meiotic instability in some Brazilian common wheat cultivars. **Cereal Res. Commun. 8:619-625.**
- 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 triticales forrajero. **XXVIII Cong. Arg. Prod. Animal, RAPA 25 (Supl. 1):175-176.** Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.
- DOTTO, S. R. 1989 Influencia de la densidad y distribución de plantas en el crecimiento y rendimiento de cultivares de triticales (*Triticosecale* WITTMACK) y de trigo (*T. aestivum*). Universidad de Córdoba. <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/> Consultado 21/10/2009.

- FALÇAO, T. M., M. I. MORAES FERNANDES and M. H. ZANETTINI 1990 Genotypic and environmental effects on chromosomal abnormalities in hexaploid triticale grown in southern Brazil and correlation between meiotic behavior and fertility of progenies. **Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Triticale Symp.:** 320-328. Passo Fundo, R.G. do Sul, Brazil.
- FEDERER, W. T. and D. RAGHAVARAO 1975 On augmented designs. **Biometrics** **31**:29-35.
- FERRARI, M. R. 2004 **Estudio de la composición genómica de forrajeras mediante técnicas electroforéticas y de citogenética clásica y molecular.** Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- FERREIRA, V. y B. SZPINIAK 1994 Mejoramiento de triticale y tricepiro para forraje en la U.N. de Río Cuarto. En: **Semillas Forrajeras, Producción y Mejoramiento:**110-120. Orient. Gráf. Ed., B. Aires.
- FERREIRA, V., B. SZPINIAK, E. GRASSI y D. CROATTO 1998 Tricepiros forrajeros [Triticale x (X Agrotricum)]: obtención y mejora. **XXII Cong. Arg. Prod. Animal. RAPA 18 Supl. 1:**182. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- FERREIRA, V., B. SZPINIAK, E. GRASSI y M. SCALDAFERRO 2001 Fertilidad en líneas selectas de tricepiro (triticale x trigopiro). **JBAG 14(1):**15-23. Sociedad Argentina de Genética.
- FERREIRA, V., M. SCALDAFERRO, E. GRASSI y B. SZPINIAK 2006 Nivel de ploidía, estabilidad citológica y fertilidad en cruzas de triticale x trigopiro (tricepiros). **JBAG 18(1):**15-22.
- FRADKIN, M., M. R. FERRARI, V. FERREIRA, E. GRASSI, E. J. GREIZERSTEIN y L. POGGIO 2006 Estudios citogenéticos en líneas avanzadas de tricepiro mediante técnicas de FISH-GISH. **52° Cong. Brasileiro y XII Cong. Latinoam. de Genética. Actas en CD:**1117. Foz de Iguazú, Brasil.
- FRADKIN, M., M. R. FERRARI, V. FERREIRA, E. GRASSI, E. J. GREIZERSTEIN y L. POGGIO 2008 Caracterización de híbridos *Triticum x Thinopyrum* mediante citogenética clásica y molecular. **XIII Congreso Latinoam. de Genética. Actas en CD.** Lima, Perú.
- FRADKIN, M., E. J. GREIZERSTEIN, H. PACCAPELO, V. FERREIRA, E. GRASSI, L. POGGIO and M. R. FERRARI 2009 Cytological analysis of hybrids among triticales and trigopiros. **Genetics and Molecular Biology** **32**: en prensa.

- FUNARO, D. O. y H. A. PACCAPELO 2001 Efectos directos e indirectos de componentes sobre el rendimiento de grano por planta de cereales sintéticos (triticales y tricepiros). **V Congreso Nacional de Trigo, III Simposio de Cereales de Siembra Otoño Invernal. Actas sin paginar. Panel:14.** Carlos Paz, Córdoba, Argentina.
- 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.**
- GRASSI, E., D. CROATTO, B. SZPINIAK y V. FERREIRA 1997 Nuevo cultivar de triticale de uso forrajero. **IV Jorn. CyT, FAV-UNRC, Actas T I: 292-294.** Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- 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.**
- GUPTA, P. K. and P. M. PRIYADARSHAN 1982 Triticale: present status and future prospects. **Advances in Genetics 21:255-345.**
- GUSTAFSON, J., M. BENNETT and E. LARTER 1985 Cytological studies in triticale. In: **Triticale Chapter 2:9-24.** Crop Science Soc. of America and American Soc. of Agronomy, Madison.
- GUSTAFSON, J. P. and C. O. QUALSET 1975 Genetics and breeding of 42-chromosomes triticale. II Relations between chromosomal variability and reproductive characters. **Crop Sci. 15:810-813.**
- HSAM, S. L. and E. N. LARTER 1973 Identification of cytological and agronomic characters affecting the reproductive behavior of hexaploid triticale. **Can. J. Genet. Cytol. 15:197-204.**
- INFOSTAT 2002 InfoStat, **versión 1.1. Manual del Usuario.** Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina.
- KAHN C. B. and M. P. PENFIELD 1983 Snack Crackers Containing Whole-Grain Triticale Flour: Crispness, Taste, and Acceptability. **J. of Food Sc. 48 (1):266-267.**
- KALTSIKES, P. J., J. P. GUSTAFSON and A. J. LUKASZEWSKI 1984 Chromosome engineering in triticale. **Can. J. Genet. Cytol. 26(2):105-110.**

- LACADENA, J. R. 1970 **Genética Vegetal. Fundamentos de su Aplicación**. Segunda edición. Agesa. Madrid.
- LARREA, D. R., H. HOLZMAN y M. TULESI 1984 Estado de desarrollo, calidad de forraje y rendimiento en triticale. **RAPA 4(2):157-167**.
- LARTER, E. N., T. TSUCHIYA and L. EVANS 1968 Breeding and cytology of Triticale. **Proc. 3<sup>rd</sup> Intern. Wheat Genet. Symp.:**213-221.
- LEÓN, A., O. RUBIOLLO and C. AÑÓN 1996 Use of triticale flours in cookies: quality factors. **Cereal Chem. 73:779-784**.
- LÖVE, R. M. 1949 La citología como ayuda práctica al mejoramiento de cereales. **Rev. Arg. Agron. 16:1-13**.
- LÖVE, R. M. and C. A. SUNESON 1945 Cytogenetics of certain *Triticum – Agropyron* hybrids and their fertile derivatives. **Am. J. Bot. 32:451-456**.
- MARIOTTI, J. A. 1986 Fundamentos de genética biométrica. Aplicaciones al mejoramiento genético vegetal. **Monografía 32**. OEA, Washington DC. 152 pp.
- MARSHALL, H. G. and J. W. SCHMIDT 1954 A study of the meiotic stability of certain *Agroticum* hybrids. **Agron. J. 46:383-388**.
- MERKER, A. 1971 Cytogenetic investigations in hexaploid triticale. I Meiosis, aneuploidy and fertility. **Hereditas 68:283-291**.
- MERKER, A. 1973 Cytogenetic investigations in hexaploid triticale. II Meiosis and fertility in F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub>. **Hereditas 73:285-290**.
- MORAES FERNANDES, M. I. B. 1982 Estudo da instabilidade meiótica em cultivares de trigo. **Pesq. Agropec. Brasileira, 17 (8):1177-1191**. Brasilia, Brasil.
- MÜNTZING, A. 1957 Cytogenetic studies in ryewheat. **Cytologia (suppl.):51-56**.
- OUJJEH, B. et A. BOUKABOUB 2002 Cahiers d'études et de recherches francophones. **Agricultures 9(6):519-523**.

- PFEIFFER, W. H. 1996 triticale: potencial and research status of a man-made cereal crop. In Guedes-Pinto, H., N. Darvey and V Carnide (Eds) **Triticale today and tomorrow**:571-580. Kluwer Acad. Pub., Dordrecht.
- POGGIO, L., M. R. FERRARI, H. PACCAPELO, E. GREIZERSTEIN, N. JOUVE, A. CUADRADO y C. A. NARANJO 1997 Tricepiro Don René INTA: su caracterización citogenética (meiosis e hibridación *in situ*) y bioquímica (electroforesis de proteínas seminales). **XXVIII Cong. Arg. Genética. Actas**:62. Tucumán, Argentina.
- SAPRA, V. T. and E. G. HEYNE 1973 Meiosis and pollen viability in hexaploid triticale. **Crop Sci. 13**:301-302.
- SAURA, F. 1957 El índice meótico de trigos argentinos y su valor fitotécnico. **Rev. Fac. Agron. y Vet. 14(1)**:76-84.
- SCALDAFERRO, M., G. MAGNABOSCO, E. GRASSI, L. REYNOSO, B. SZPINIAK y V. FERREIRA 2001 Fertilidad y rendimiento en grano de líneas de tricepiro en Río Cuarto, Córdoba. **V Congreso de Trigo / III Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño Invernal. Actas sin paginar Panel**:18. Carlos Paz, Córdoba, Argentina.
- SCALDAFERRO, M. 2002 **Citogenética y fertilidad en tricepiro (triticale x trigopiro)**. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Misiones.
- SCOLES, G. J. and P. J. KALTSIKES 1974 The cytology and cytogenetics of triticale. **Z. Pflanzenzüchtg 73**:13-43.
- SHAH A. J., N. SHAHANU y N. N. ANSARI 1988 Cytological investigations in hexaploid Triticale. **Wheat Information Service N° 66**:1-4.
- SISODIA, N. S., E. N. LARTER and W. J. R. BOYD 1970 Effect of planting date on the meiotic and reproductive behavior of hexaploid triticale (*Triticale hexaploide* Lart.) **Crop Sci. 10**:543-545.
- SKOVMAND, B., P. N. FOX and R. L. VILLAREAL 1984 Triticale in commercial agriculture: progress and promise. **Advances in Agronomy** Vol. 37. CIMMYT. México.

- STEEL, R. y J. TORRIE 1988 **Bioestadística: Principios y Procedimientos**. 2<sup>da</sup> Ed. McGraw-Hill, México. 621 pp.
- SZPINKIAK, B. 1983 Relación entre fertilidad e índice meiótico en ocho cultivares de triticale (*X Triticosecale* Wittmack). **Mendeliana** 6(1):43-52.
- SZPINKIAK, B., E. GRASSI, M. SCALDAFERRO, y V. FERREIRA 1997 Relación entre fertilidad y microspora sin micronúcleos en tricepiro. **XXVIII Congreso Argentino de Genética. Actas de Res.:**153. Tucumán, Argentina.
- TARKOWSKI, C. 1968 Aneuploidy disturbances in PMC meiosis and plant fertility in triticale Nakajima. **Genética Polonica** 9:87-95.
- TORRES, L. y A. ORDOÑES 1997 Caracteres citológicos-agronómicos en triticales hexaploides (*Triticosecale* Wittmack). Análisis de las correlaciones. **XXVIII Congreso Argentino de Genética. R-53**. Tucumán, Argentina.
- TOSSO, H., H. A. PACCAPELO y G. F. COVAS. 2000 Caracterización de líneas avanzadas de tricepiro. **RIA** 29 (1): 39-51. INTA Argentina.
- TSUCHIYA, T. 1973 Frequency of euploids in different seed size classes of hexaploid triticale. **Euphytica** 22:592-599.
- TSUCHIYA, T. and E. N. LARTER 1969 Chromosome stability in some hexaploid strains of triticale. **Crop Sci.** 9:235-236.
- VARUGHESE, G., T. BARKER y E. SAARI 1987 **Triticale**. CIMMYT, México, D.F. 32 pp.
- VILLARREAL R. L., G. VARUGHESE and O. S. ABDALLA. 1990 Advances in Spring Triticale Breeding. **Plant Breeding Reviews (USA)** 8:43-90.
- ZADOKS, J. C., T. T. CHANG and C. F. KONZAK 1974 **A decimal code for the growth stages of cereals**. CIMMYT, México.

## ANEXO I

Cuadro A: Descripción de los estadios principales y secundarios del crecimiento de los cereales de la escala de Zadoks, según la modificación de Tottman y Makepeace (1979).

<b>Codificación</b>	<b>Estadio</b>
<b>0</b>	<b><i>Germinación</i></b>
00	Semilla seca
01	Empieza la imbibición
03	Imbibición completa
05	La radícula emerge de la semilla
07	El coleóptilo emerge de la semilla
09	Hoja justo en la punta del coleóptilo
<b>1</b>	<b><i>Crecimiento de la plántula</i></b>
10	Primera hoja emerge del coleóptilo
11	Primera hoja desplegada
12	Dos hojas desplegadas
13	Tres hojas desplegadas
14	Cuatro hojas desplegadas
15	Cinco hojas desplegadas
16	Seis hojas desplegadas
17	Siete hojas desplegadas
18	Ocho hojas desplegadas
19	Nueve o más hojas desplegadas
<b>2</b>	<b><i>Macollamiento</i></b>
20	Sólo el brote principal
21	Brote principal y un macollo
22	Brote principal y dos macollos
23	Brote principal y tres macollos
24	Brote principal y cuatro macollos
25	Brote principal y cinco macollos
26	Brote principal y seis macollos
27	Brote principal y siete macollos
28	Brote principal y ocho macollos
29	Brote principal y nueve macollos o más
<b>3</b>	<b><i>Alargamiento del tallo</i></b>
30	Seudotallo erecto (sólo cereales de invierno)
31	Se detecta el primer nudo
32	Se detecta el segundo nudo
33	Se detecta el tercer nudo
34	Se detecta el cuarto nudo
35	Se detecta el quinto nudo
36	Se detecta el sexto nudo
37	Hoja bandera apenas visible
39	Lígula de la hoja bandera apenas visible

(continúa en la página siguiente)

(continuación)

<b>4</b>	<b><i>Embuche</i></b>
41	La vaina de la hoja bandera se extiende
43	Embuche apenas visible
45	Embuche hinchado
47	La vaina de la hoja bandera se abre
49	Las primeras barbas visibles
<b>5</b>	<b><i>Emisión de la espiga</i></b>
51	La primera espiguilla de la espiga apenas visible
53	Emerge una cuarta parte de la espiga
55	Emerge la mitad de la espiga
57	Emergen tres cuartos de la espiga
59	Emisión de la espiga completa
<b>6</b>	<b><i>Floración</i></b>
61	Comienzo de la floración
65	Mitad de la floración completa
69	Floración completa
<b>7</b>	<b><i>Estado lechoso</i></b>
71	Madurez acuosa
73	Estado lechoso temprano
75	Estado lechoso medio
77	Estado lechoso tardío
<b>8</b>	<b><i>Estado masoso</i></b>
83	Comienzo del estado masoso
85	Madurez masosa suave (la impresión de la uña no permanece)
87	Madurez masosa dura (la impresión de la uña se mantiene)
<b>9</b>	<b><i>Madurez</i></b>
91	Grano duro (difícil de dividir con la uña)
92	Grano duro (no se puede marcar con la uña)
93	Grano suelto durante el día
94	Sobremadurez; paja muerta
95	Dormancia de la semilla
96	Semilla viable germina un 50%
97	Semilla sin dormancia
98	Dormancia secundaria inducida
99	Dormancia secundaria pérdida



Cuadro B: Ciclos vegetativos de líneas de triticale y testigos de triticale registrados por la UN de Río Cuarto, cultivados en la zona subhúmeda pampeana. Río Cuarto, año 2008.

Línea	Suma Térmica	Ciclo	Línea	Suma Térmica	Ciclo
<b>Cim 07/842</b>	1353,27	C	<b>Cim 04/7</b>	1411,5	C
<b>Cim 07/844</b>	1353,27	C	<b>Cim 05/830</b>	1411,5	C
<b>Cim 07/831</b>	1353,27	C	<b>Cim 05/832</b>	1411,5	C
<b>Cim 07/832</b>	1353,27	C	<b>Cim 05/833</b>	1411,5	C
<b>Cim 07/835</b>	1353,27	C	<b>Cim 05/819</b>	1411,5	C
<b>Cim 07/808</b>	1353,27	C	<b>Cim 05/836</b>	1411,5	C
<b>Cim 07/811</b>	1353,27	C	<b>Cim 06/807</b>	1411,5	C
<b>Cim 07/833</b>	1353,27	C	<b>Cim 06/810</b>	1411,5	C
<b>Cim 06/805</b>	1397,07	C	<b>Cim 06/811</b>	1411,5	C
<b>Cim 06/806</b>	1397,07	C	<b>Cim 06/843</b>	1411,5	C
<b>Cim 06/824</b>	1397,07	C	<b>Cim 06/839</b>	1411,5	C
<b>Cim 06/826</b>	1397,07	C	<b>Cim 04/34</b>	1418,33	C
<b>Cim 06/837</b>	1397,07	C	<b>Cim 04/30</b>	1418,33	C
<b>Cim 04/13</b>	1404,97	C	<b>Cim 05/821</b>	1418,33	C
<b>Cim 04/26</b>	1404,97	C	<b>Cim 06/809</b>	1418,33	C
<b>Cim 04/11</b>	1404,97	C	<b>Cim 06/832</b>	1418,33	C
<b>Cim 04/28</b>	1404,97	C	<b>Cim 06/838</b>	1418,33	C
<b>Cim 04/12</b>	1404,97	C	<b>Cim 07/822</b>	1418,33	C
<b>Cim 04/20</b>	1404,97	C	<b>Cim 07/824</b>	1418,33	C
<b>Cim 04/37</b>	1404,97	C	<b>Cim 07/845</b>	1418,33	C
<b>Cim 04/4</b>	1404,97	C	<b>Cim 07/814</b>	1418,33	C
<b>Cim 04/5</b>	1404,97	C	<b>Cim 07/815</b>	1418,33	C
<b>Cim 04/6</b>	1404,97	C	<b>Cim 07/816</b>	1418,33	C
<b>Cim 04/8</b>	1404,97	C	<b>Cim 04/9</b>	1459,07	C
<b>Cim 05/804</b>	1404,97	C	<b>Cim 05/813</b>	1459,07	C
<b>Cim 05/806</b>	1404,97	C	<b>Cim 05/823</b>	1459,07	C
<b>Cim 05/814</b>	1404,97	C	<b>Cim 05/824</b>	1459,07	C
<b>Cim 05/815</b>	1404,97	C	<b>Cim 05/816</b>	1459,07	C
<b>Cim 05/817</b>	1404,97	C	<b>Cim 06/813</b>	1459,07	C
<b>Cim 05/805</b>	1404,97	C	<b>Cim 06/827</b>	1459,07	C
<b>Cim 05/807</b>	1404,97	C	<b>Cim 06/831</b>	1459,07	C
<b>Cim 05/834</b>	1404,97	C	<b>Cim 06/825</b>	1459,07	C
<b>Cim 06/817</b>	1404,97	C	<b>Cim 06/844</b>	1459,07	C
<b>Cim 06/823</b>	1404,97	C	<b>Cim 04/27</b>	1497,2	C
<b>Cim 06/846</b>	1404,97	C	<b>Cim 04/24</b>	1497,2	C
<b>Cim 06/847</b>	1404,97	C	<b>Cim 04/16</b>	1497,2	C
<b>Cim 06/842</b>	1404,97	C	<b>Cim 04/19</b>	1497,2	C
<b>Cim 07/843</b>	1404,97	C	<b>Cim 05/811</b>	1508,57	C

(continúa en la siguiente página)

(continuación)

<b>Cim 07/806</b>	1404,97	C	<b>Cim 05/827</b>	1508,57	C
<b>Cim 07/819</b>	1404,97	C	<b>Cim 04/35</b>	1537,71	C
<b>Cim 04/18</b>	1411,5	C	<b>Eronga</b>	1399,62	C
<b>Cim 04/21</b>	1411,5	C	<b>Tizné</b>	1629,72	IC
<b>Cim 04/14</b>	1411,5	C	<b>Genú</b>	1759,57	I
<b>Cim 04/17</b>	1411,5	C	<b>Cayú</b>	1811,26	I
<b>Cim 04/23</b>	1411,5	C			

Referencias:

Suma térmica (°C/día) = Temperatura media diaria - Temperatura base

Temperatura base = 0°C

C = Ciclo corto; IC= Ciclo intermedio-corto; I = Ciclo intermedio

Fecha de siembra: 30 de abril del 2007

Cuadro C: Valores observados y ajustados para los caracteres analizados en triticale. Río Cuarto, 2007.

Introducción	PM(g)		MF (%)		IC(%)		P 1000 (g)		PH(kg/hl)		GA	
	Obs	Aj	Obs	Aj	Obs	Aj	Obs	Aj	Obs	Aj	Obs	Aj
<b>Cim 04/4</b>	5,3	4,6	95,5	88,9	30,3	30,1	55,0	55,1	72,0	70,6	3,0	3,3
<b>Cim 04/5</b>	3,3	2,5	88,0	81,4	41,8	41,5	47,4	47,5	74,3	72,8	2,0	2,3
<b>Cim 04/6</b>	3,9	3,2	90,9	84,3	29,1	28,8	52,8	52,9	71,4	70,0	3,0	3,3
<b>Cim 04/7</b>	4,0	3,2	100,0	93,4	12,2	11,9	44,6	44,7	65,8	64,4	3,0	3,3
<b>Cim 04/8</b>	6,2	5,5	81,1	74,5	9,0	8,7	56,2	56,3	65,5	64,1	4,0	4,3
<b>Cim 04/9</b>	3,9	3,1	96,0	89,4	9,1	8,8	58,6	58,7	65,3	63,9	4,0	4,3
<b>Cim 04/11</b>	5,4	4,6	91,5	85,0	11,0	10,8	46,2	46,3	68,5	67,0	4,0	4,3
<b>Cim 04/12</b>	5,0	4,3	98,0	91,4	15,4	15,2	54,4	54,5	72,2	70,8	2,0	2,3
<b>Cim 04/13</b>	2,2	1,4	80,0	73,4	42,0	41,7	46,8	46,9	74,5	73,1	2,0	2,3
<b>Cim 04/14</b>	3,0	2,3	95,9	89,3	23,3	23,1	39,4	39,5	71,0	69,6	3,0	3,3
<b>Cim 04/16</b>	3,1	2,3	81,1	74,5	40,7	40,4	45,4	45,5	76,0	74,6	1,5	1,8
<b>Cim 04/17</b>	3,1	2,3	88,0	81,4	33,9	33,7	36,0	36,1	73,3	71,9	2,0	2,3
<b>Cim 04/18</b>	4,5	3,8	100,0	93,4	23,0	22,8	50,8	50,9	71,0	69,6	3,0	3,3
<b>Cim 04/19</b>	5,5	4,7	94,0	87,4	25,9	25,7	54,2	54,3	72,1	70,7	2,0	2,3
<b>Cim 04/20</b>	3,1	2,4	94,4	87,9	23,0	22,8	45,8	45,9	69,9	68,5	3,0	3,3
<b>Cim 04/21</b>	3,9	3,1	76,0	69,4	30,1	29,9	55,2	55,3	73,9	72,5	1,5	1,8
<b>Cim 04/23</b>	3,4	2,6	92,0	85,4	20,2	20,0	43,8	43,9	69,4	68,0	3,0	3,3
<b>Cim 04/24</b>	1,8	1,0	76,0	69,4	19,1	18,9	32,2	32,3	61,5	60,1	4,0	4,3
<b>Cim 04/26</b>	3,4	2,7	100,0	93,4	26,2	25,9	43,2	43,3	70,0	68,6	3,0	3,3
<b>Cim 04/27</b>	3,1	2,3	95,3	88,7	17,0	16,7	40,8	40,9	65,5	64,1	3,0	3,3
<b>Cim 04/28</b>	4,1	3,3	98,0	91,4	22,7	22,5	38,2	38,3	71,8	70,4	2,0	2,3
<b>Cim 04/30</b>	2,8	2,1	82,0	75,4	29,4	29,1	41,0	41,1	70,4	69,0	3,0	3,3
<b>Cim 04/34</b>	3,6	2,9	100,0	93,4	24,2	24,0	46,2	46,3	68,6	67,1	3,0	3,3
<b>Cim 04/35</b>	3,3	2,5	88,0	81,4	27,4	27,1	41,8	41,9	74,9	73,4	1,5	1,8
<b>Cim 04/37</b>	3,8	3,1	92,8	86,2	16,0	15,7	41,6	41,7	66,5	65,1	4,0	4,3
<b>Cim 05/804</b>	3,6	3,4	82,8	74,7	19,1	17,0	46,4	41,9	70,1	68,4	3,0	3,0
<b>Cim 05/805</b>	4,3	4,0	90,0	81,9	25,6	23,4	53,0	48,5	74,1	72,3	1,0	1,0
<b>Cim 05/806</b>	3,7	3,4	80,0	71,9	13,0	10,9	48,4	43,9	66,7	64,9	4,0	4,0
<b>Cim 05/807</b>	3,3	3,0	92,0	83,9	31,1	29,0	49,4	44,9	73,2	71,4	3,0	3,0

(continúa en la página siguiente)



(continuación)

<b>Cim 07/842</b>	2,7	3,2	100,0	108,9	14,6	22,3	36,2	36,9	63,7	69,4	3,0	2,7
<b>Cim 07/843</b>	3,5	3,9	86,0	94,9	30,0	37,7	45,0	45,7	70,5	76,2	2,0	1,7
<b>Cim 07/844</b>	2,3	2,8	66,0	74,9	26,2	33,9	56,0	56,7	66,5	72,1	3,5	3,2
<b>Cim 07/845</b>	2,0	2,4	64,0	72,9	10,3	18,0	37,6	38,3	56,5	62,2	3,0	2,7
<b>CAYÚ</b>		2,0		60,7		14,8		30,9		58,2		4,2
<b>ERONGA</b>		3,0		94,0		26,6		36,0		70,9		2,3
<b>GENÚ</b>		2,9		76,0		27,0		31,8		67,1		2,7
<b>TIZNÉ</b>		2,4		73,0		21,2		32,1		62,5		3,2

Referencias: Obs = observado; Aj = ajustado; PM = peso de macollo; %MF = porcentaje de macollos fértiles; IC = índice de cosecha; P 1000 = peso de mil granos; PH = peso hectolítrico; GA = grado de arrugamiento del grano

## ANEXO II

Cuadro A. Resumen de los datos promedio por planta de número de espiguillas, número de granos, índice de fertilidad, porcentaje de microsporas normales e índice meiótico en triticale forrajero. Río Cuarto, año 2006.

Cultivar	Nº planta	MxM	MxT	%MN	IM	NEE	NGE	IF
Cayú	1	0,08	0,33	92,63	82,50	21,50	13,00	0,58
Cayú	5	0,08	0,34	92,00	80,50	15,00	17,50	1,14
Cumé	2	0,09	0,34	79,25	52,00	26,00	25,00	0,89
Cumé	3	0,19	0,76	82,13	60,50	30,50	34,25	1,04
Cumé	5	0,09	0,35	85,63	63,50	18,50	14,50	0,70
Genú	1	0,12	0,48	85,75	62,50	23,50	24,63	1,10
Genú	3	0,12	0,48	88,50	72,00	25,75	38,00	1,48
Genú	4	0,13	0,52	88,13	66,50	20,75	19,75	0,95
Genú	5	0,17	0,67	90,36	72,00	24,00	42,00	1,75
Ñinca	1	0,12	0,49	90,88	74,50	30,00	54,00	1,80
Ñinca	2	0,13	0,50	91,75	77,00	22,50	16,00	0,69
Ñinca	3	0,10	0,42	92,00	75,00	26,50	20,00	0,75
Ñinca	5	0,10	0,39	87,88	65,00	23,67	17,67	0,72
Quiñé	1	0,09	0,37	88,75	75,50	24,80	29,20	1,13
Quiñé	2	0,09	0,34	88,50	72,00	26,67	31,67	1,18
Quiñé	3	0,14	0,55	88,75	69,00	20,00	9,00	0,44
Tizné	2	0,23	0,94	92,00	75,00	22,90	45,40	1,98
Tizné	4	0,20	0,80	83,00	56,50	18,57	35,86	1,94
Tizné	5	0,16	0,64	92,38	75,50	17,60	30,00	1,72

Referencias: MxM = micronúcleos por microspora; MxT = micronúcleos por tetrada; NEE = número de espiguillas por espiga; NGE = número de granos por espiga; IF = índice de fertilidad (NGE/NEE); % MN= porcentaje de microsporas normales; IM = índice meiótico.