

Variabilidad fenotípica en las primeras generaciones segregantes de tricepiro (triticale x trigopiro)

Phenotypic variability in the first segregant generations of tricepiro (triticale x trigopiro)

Recibido:23/10/01 Aceptado:02/06/02

Bergues D.E.¹, G.L. Cayssials¹ y H.A. Paccapelo²

Resumen

Se analizaron las tres primeras generaciones (F_2 , F_3 y F_4) de tricepiros originados de la cruza entre el triticale Don Santiago INTA y el trigopiro Don Noé INTA. Las características evaluadas fueron: altura de planta, período a floración, número de macollas fértiles, largo de espiga, número de granos por espiga, número de espiguillas por espiga, número de granos por espiguilla (fertilidad), peso de 1000 granos e índice de cosecha. En el análisis de la variabilidad de cada generación se tomó como referencia al progenitor triticale. El ciclo de floración de las generaciones F_3 y F_4 fue más largo que el de triticale, pero la altura de planta fue menor. Asociaciones positivas y altamente significativas se encontraron entre índice de cosecha y granos por espiga. En las tres generaciones, el peso de 1000 granos se asoció alta y positivamente con el número de granos por espiga, de la misma manera que altura de planta con espiguillas por espiga. Los porcentajes de transmisión hereditaria se consideran bajos quizás por la persistencia de una segregación cromosómica y génica derivada de la amplia cruza original. Analizado el efecto de la selección del 10% superior de familias F_3 respecto a la generación siguiente en varias de las características estudiadas, se encontró que la altura de planta sería favorable para incrementar el rendimiento por planta puesto que aumenta simultáneamente los componentes: macollas fértiles (espigas), número de granos por espiga y levemente el peso de 1000 granos.

Palabras clave: tricepiros, variabilidad fenotípica, generaciones segregantes, correlación y heredabilidad en sentido estricto.

¹ Tesistas de grado

² Profesor Adjunto Cátedra de Genética y Mejoramiento de Plantas y Animales, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa CC 300 (6300) Santa Rosa, La Pampa. e-mail: paccapelo@agro.unlpam.edu.ar

Summary

Three segregated generations (F_2 , F_3 y F_4) of tricepiros originated from the crosses between triticales Don Santiago INTA and trigopiro Don Noé INTA were analyzed. The characteristics evaluated were: plant height, cycle to flowering, fertile tillers, ear length, grains by ear, grains by spikelet (fertility), weight of 1000 grains and harvest index. Triticale was taken like reference in the analysis of the variability at each generation. The plant cycle to flowering in the generations F_3 and F_4 was longer than triticales but the plant height, was smaller. Positive and significant associations between harvest index and grain per spike were found. In the three generation analyzed the weight of 1000 grains were associated positive and significant with grain by ear and plant height with spikelet by ear. The low hereditary transmission perhaps were caused by the persistence of a chromosomal and genic segregation. Analyzed the effect of the selection of superior 10% of families F_3 with respect to the following generation, the plant height would be a favorable characteristic to increase the grain yield by plant since it increases the components of yield: fertile tillers (ears), grains by ear and to some extent the weight of 1000 grains.

Key words: tricepairo, phenotypic variability, segregated generations, correlation and narrow - sense heredability.

Introducción

A los triticales y trigopiros les ha seguido la síntesis de tricepairo como un verdeo que combina la rusticidad del centeno, la apotecibilidad del trigo y la capacidad de rebrote y sanidad del agropiro (Covas, 1976; Ferreira y Szpiniak, 1994).

Triticales y tricepiros se utilizan como forrajeras en Argentina, a diferencia de lo que sucede en otros países donde el triticales se ha ensayado como producto panificable en cortes con trigo. Sus harinas son de calidad por poseer alto contenido en lisina. Sin embargo el contenido de proteína y gluten es más bajo que el trigo pan (Gustafson *et al.*, 1990). Las harinas de tricepairo, al igual que las de triticales (Rubiolo *et al.*, 1992; 1998) podrían usarse en la elaboración de galletitas, tortillas, bizcochos y otros productos de confitería ya que se comportan como un trigo blando.

La síntesis de híbridos interespecíficos e intergenéricos dentro de la familia de las gramíneas es exitosa, pero la fertilidad en las primeras generaciones es baja. Se observa amplia variabilidad genética en las primeras generaciones

como consecuencia de la segregación de los genomios involucrados. En el tricepairo, la conjunción de los genomios de trigo, centeno y agropiro posibilita numerosas combinaciones de genes que permiten la selección de líneas con características agronómicas favorables (Tosso *et al.*, 1997). Los autores analizaron al cultivar Don René INTA y nueve líneas avanzadas hermanas del mismo, en características tales como: número de espigas por planta, número de espiguillas fértiles por espiga, número de granos por espiga, número de granos por espiguilla, peso de 1000 granos.

En líneas avanzadas de tricepairo se ha encontrado un número cromosómico de $2n = 42$ (Tosso *et al.*, 2000) indicando una pérdida importante de los mismos a partir de la cruce original. Los cromosomas eliminados son los de agropiro aunque se manifiesta una introgresión de genes de esta especie en el genomio de trigo (Poggio *et al.*, 1997).

Para valorar una cruce es aconsejable examinar además de los progenitores, la F_1 y F_2 y tal vez las siguientes gene-

raciones segregantes. Una heterosis en F_1 se considera ventajosa. En la F_2 interesan los promedios y la amplitud de variación de los caracteres y particularmente si en el rendimiento hay transgresiones positivas por encima de los valores parentales (Busch *et al.*, 1974; Hamblin y Evans, 1976; Cregan y Busch, 1977). Coeficientes de variación fenotípica, genotípica y heredabilidad en caracteres agronómicos de triticale fueron estudiados por Badiali *et al.* (1994) y evaluación de producción de forraje y grano y sus componentes por Badiali (2001). En tricepiro, Scaldaferrero *et al.* (2001) analizan la fertilidad y rendimiento de grano de líneas experimentales en Río Cuarto, Córdoba.

A través del estudio de los componentes de rendimiento los fitomejoradores han tratado de manejar caracteres de herencia más simple y con mayor respuesta a la selección. Numerosos son los trabajos realizados en cereales (Grafius, 1956; Shuey, 1960; Johnson *et al.*, 1966; Adams, 1967; Lebsack y Amaya, 1969; Mc Neal, 1978; Singh, 1980 entre otros). En Argentina, se destacan estudios en trigo (Martinuzzi *et al.*, 1986; Polidoro *et al.*, 1986; Rossi *et al.*, 1986; Miranda *et al.*, 1994; Slafer *et al.*, 1994; Morant *et al.*, 2001). En triticale, Bushuk y Larter (1980) analizaron la influencia de los componentes de rendimiento en el mejoramiento genético de la especie. En tricepiro, Scaldaferrero *et al.* (2001) calcularon las correlaciones fenotípicas simples entre el rendimiento de grano y los componentes de fertilidad.

La heredabilidad de algunos caracteres agronómicos en trigo, como altura de planta, largo de espiga, período a madurez y peso de grano han mostrado heredabilidad suficientemente elevada como para hacer efectiva la selección (Johnson *et al.*, 1966; Sidwell *et al.*, 1976;

Del Blanco *et al.*, 1986). En triticale, estudios de heredabilidad han sido realizados por Gill *et al.* (1976), Calhoun *et al.* (1987) y Badiali *et al.* (1994). En tricepiro, Scaldaferrero *et al.* (2001) estimaron el Grado de Determinación Genética (GDG) en líneas avanzadas para el número de granos por espiga, número de espiguillas por espiga y el Índice de Fertilidad.

Con el objeto de cuantificar la variabilidad fenotípica de características agronómicas y productivas se analizaron las primeras generaciones segregantes (F_2 , F_3 y F_4) de la cruz entre el triticale Don Santiago INTA y el trigopiro Don Noé INTA. Se estudiaron las asociaciones entre pares de variables en cada generación, el grado de transmisión genética entre generaciones, a través de la regresión y cambios debido a la selección entre las generaciones F_3 y F_4 .

Materiales y Métodos

En el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa se analizaron las primeras generaciones (F_2 , F_3 y F_4) provenientes del cruzamiento del triticale Don Santiago INTA por el trigopiro Don Noé INTA, durante los años 1996, 1997 y 1998, respectivamente. Las características del suelo donde se llevaron a cabo las distintas generaciones son de tipo haplustol éntico con elevada fertilidad al provenir de una rotación de cuatro años de alfalfa.

En las tres generaciones analizadas las plantas se sembraron espaciadas a 15 cm dentro y entre surcos los días 11 de mayo de 1996 (F_2), 9 de mayo de 1997 (F_3), 22 de mayo de 1998 (F_4) y se efectuaron las siguientes mediciones:

1. Ciclo a floración: días transcurridos desde la emergencia hasta la flora-

ción

2. Altura de planta (cm): desde la superficie del suelo hasta la espiguilla terminal del macollo principal.

3. Número de macollas fértiles: aquellos que desarrollaron espigas con granos

4. Largo de espiga (cm): desde la base del raquis hasta la punta de la espiguilla terminal. Se analizó el dato promedio de cinco espigas de cada planta.

5. Número de espiguillas por espiga: de aquellas desarrolladas (estériles y fértiles); se promedió cinco espigas de cada planta.

6. Número de granos por espiga: promedio de cinco espigas de cada planta

7. Número de granos por espiguillas (fertilidad): de las cinco espigas analizadas se analizó el dato proveniente del cociente entre granos por espiga / número de espiguillas por espiga.

8. Peso de mil granos (g): se pesaron todos los granos de cada planta y se extrapoló al peso de mil granos.

9. Índice de Cosecha: relación entre el peso de grano y el peso de materia seca de la planta (excluida la raíz).

En la generación F_2 , los caracteres 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 se analizaron en 53 plantas.

En F_3 , los caracteres 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 se registraron sobre cinco plantas en cada una de las 42 familias analizadas y en F_4 sobre cinco plantas de 44 familias segregantes.

Se analizaron: promedios y variancias de las generaciones F_3 y F_4 , coeficiente de correlación lineal (r) entre pares de caracteres en las tres generacio-

nes (F_2 , F_3 y F_4) y la regresión (b) progenie - progenitor entre F_3 vs. plantas F_2 y F_4 vs. F_3 .

Se analizó el efecto de la selección del 10% de líneas superiores en F_3 respecto a la generación F_4 , tomado como superioridad o disminución de las familias derivadas de las seleccionadas respecto a la población total de familias.

Resultados y Discusión

En las Tablas 1 a 8 se analizó la variabilidad fenotípica de los caracteres agronómicos en sus promedios, variancia y frecuencias de clase en el progenitor triticales Don Santiago INTA y en las tres poblaciones segregantes (F_2 , F_3 y F_4). Se utilizó como comparación al progenitor triticales porque es a quien se pretende superar en la mayoría de las características agronómicas consideradas, especialmente en las relacionadas al rendimiento de grano por planta.

En la Tabla 1 se considera el ciclo a floración. Las tres generaciones segregantes tuvieron un ciclo a floración superior al progenitor triticales (160 días). La prolongación del ciclo entre la generación F_3 (175.7 días) y la F_4 (194 días) correspondería a la influencia del progenitor trigopiro, que dentro de las gramíneas forrajeras sintéticas presenta el ciclo más largo. Todas las familias se ubicaron en el rango 181-200 dificultando la selección por ciclo corto. Lebschok y Amaya (1969) consideran que ciclo corto en trigo candeal estaría relacionado con pesos de 1000 granos y peso hectolítrico más bajos.

En la Tabla 2 se analiza altura de planta. Se observó una respuesta contraria a la planteada en el párrafo anterior ya que en las tres generaciones se registraron

plantas más bajas que el triticale. Lebschok y Amaya (1969) en trigo candeal encuentran que líneas más bajas, al igual que más precoces están relacionadas negativamente con el peso de grano. Sin embargo, el mejoramiento de triticale produjo un incremento de los rendimientos a través de la reducción en altura de la planta y el aumento del número de espiguillas por espiga (Bushuk y Later, 1980).

Respecto al número de macollas fértiles (Tabla 3), en la F_2 las plantas se ubicaron en las clases más bajas mientras que en F_3 hay mayor frecuencia en las clases intermedias pero con familias distribuidas en todas las clases consideradas. Sin embargo, en F_4 las familias se concentraron en las clases más altas. La evolución del número de macollas entre las generaciones F_3 y F_4 resultó promisoria si consideramos que no se ha efectuado selección artificial alguna; así en F_2 el promedio es de 4.4 macollas por planta, en F_3 aumenta a 7.2 y se incrementa a 11.7 en la F_4 . Tosso *et al.* (1997) encuentran un rango de espigas por planta de 2,67 a 4,30 y un promedio de 3,82. Las siembras tempranas favorecen el macollaje afectando el número de espigas por m^2 y el rendimiento del cultivo en triticales graníferos (Badiali *et al.*, 1994), quienes mencionan un rango de espiga por planta de entre 1 y 29 y una media de 9,7.

En el largo de espiga (Tabla 4) y espiguillas por espiga (Tabla 5) los patrones de distribución de clases son similares y no se manifestaron grandes diferencias en los promedios de las tres generaciones. Incremento del número de espiguillas por espiga y disminución de altura de la planta han permitido incrementar el rendimiento de triticale (Bushuck and Larter, 1980). En éste cereal, el rango de valores en longitud de espigas fue de 7 a 21 con un promedio de

13 y el de espiguillas por espigas, 17 a 47 con media 36 (Baldini *et al.*, 1994)

En tricepiro, Tosso *et al.* (1997) registraron un número de espiguillas por espiga de entre 14,74 y 19,02 con un promedio de 18,79. Scaldaferrero *et al.* (2001) encuentran que en líneas avanzadas de tricepiro, el número de espiguillas por espiga fue el carácter menos variable (coeficiente de variación de 15,4%)

En el número de granos por espiga (Tabla 6) los promedios de las tres generaciones son marcadamente inferiores a Don Santiago INTA. Valores muy inferiores a los hallados en triticale por Badiali *et al.* (1994) donde el rango fue entre 3 y 82 y una media de 41,6. En líneas avanzadas de tricepiro, Tosso *et al.* (1997) encuentran un promedio de 25,41 con un rango de entre 22,46 y 29,01. Scaldaferrero *et al.* (2001) mencionan que el número de granos por espiga es el carácter mas variable, con líneas que tenían valores extremos promedio de 18,84 y 39,96 granos por espiga y alto coeficiente de variación (41,2%).

La Tabla 7 describe el número de granos por espiguillas (fertilidad). En promedio, el testigo duplica a las poblaciones segregantes y se nota un aumento del promedio entre F_2 y F_3 aunque disminuye ligeramente en F_4 . En triticales octoploides, se presenta el problema que elevada altura de planta y baja fertilidad producen menor número de granos por espiga que el potencial (Badiali *et al.*, 1994) mencionando un rango entre 0,08 y 2,21 y un promedio de 1,12. Tosso *et al.*, 1997, revelaron que la fertilidad de ese grupo de líneas fue levemente superior, con un promedio de 1,64 y rango de entre 1,38 y 1,54. Por su parte, Scaldaferrero *et al.* (2001) consideran que la fertilidad es reflejo del número de granos por espiga an-

tes que el de espiguillas por espiga. Registraron un promedio de $1,06 \pm 0,36$, con un coeficiente de variación del 34,2%.

El peso de 1000 granos (Tabla 8) en las tres generaciones fue aproximadamente la mitad del testigo (20,84, 22,18 y 21,10 respecto a 44,35 de Don Santiago INTA). Siendo una característica altamente relacionada al rendimiento de harina (Shuey, 1960) se la debe priorizar en la mejora genética. Badiali (2001) en líneas experimentales y cultivares de triticale encuentra en 1998 un rango de valores de 31,2 y 44,9 con promedio de 39,8 y en el 2000, un rango de 33,1 a 46,6 con promedio 38,7.

En tricepiro, los diferentes genomios podrían aportar inestabilidad cromosómica y génica que frenarían el avance genético en las primeras generaciones segregantes. Las posibilidades de incrementar el peso de los granos en futuras generaciones, dependerán de que surjan segregantes superiores y del mejoramiento que se pueda lograr con tricepiros secundarios, es decir el producto de las retrocruzas entre las líneas estabilizadas con buenos triticales graníferos que fundamentalmente posean tamaño de grano grande y liso.

En Tabla 9 se analizaron los coeficientes de correlación lineal (r) entre pares de características, notándose una falta de concordancia en los valores correspondiente a cada par analizado en las tres generaciones segregantes. Se debe tener en cuenta que los valores de F_2 son de plantas individuales, mientras que en F_3 y F_4 se efectuó la correlación con los promedios de las familias. El número de caracteres que muestran significancia estadística se incrementa a través de las generaciones debido al número creciente de datos analizados (tamaño de muestra).

Altura de planta aportó numerosas asociaciones significativas con otros componentes en el transcurso de las generaciones. En F_4 se asocia alta y significativamente con la mayoría de los caracteres, a excepción de granos por espiguilla. En trigo se han observado asociaciones adversas de altura de planta con el tamaño y peso de granos, causando dificultades en el mejoramiento (Lebsock y Amaya, 1969). Rossi *et al.* (1990) mencionan que la altura de la planta es el componente con mayor grado de asociación con el rendimiento de grano por planta en trigo.

Macollas fértiles manifestó una asociación positiva con espiguillas por espiga en las tres generaciones. Polidoro *et al.* (1990) encuentran en trigo asociaciones estadísticas positivas entre espigas por planta con el peso total de grano por planta y no significativa con el Índice de cosecha.

Largo de espiga correlaciona significativamente con espiguillas por espiga en las tres generaciones y con granos por espiga y el peso de 1000 granos en F_2 y F_4 .

Espiguillas por espiga mantuvo correlación positiva y significativa con granos por espigas a través de las tres generaciones. Se observó asociación positiva con el peso de 1000 granos. Según Singh (1980) longitud de espigas y espiguillas por espiga son más adecuados para la selección que el rendimiento por planta en trigo. Martinuzzi *et al.* (1990) obtienen una respuesta directa positiva y altamente significativa al seleccionar por este carácter, en poblaciones de líneas F_3 de trigo.

Granos por espiga manifestó correlación positiva y altamente significati-

va con el número de granos por espiguilla, Índice de cosecha y peso de 1000 granos. Mc Neal *et al.* (1978) obtuvieron resultados satisfactorios con una selección indirecta a través de granos por espiga y peso de mil granos, en las generaciones F_2 a F_8 de trigo.

Granos por espiguilla (fertilidad) asoció significativa y positivamente con el peso de 1000 granos en F_2 y F_3 pero no se observó asociación en F_4 . Martinuzzi *et al.* (1990) mencionan que junto con el número de espiguillas por espiga, este carácter tiene un efecto positivo y altamente significativo en la selección por rendimiento en poblaciones de líneas F_3 de trigo.

Scaldeferro *et al.* (2001) no encuentran correlación entre el número de granos por espiga, espiguillas por espiga y el índice de fertilidad con el rendimiento de grano total (kg/ha) en líneas avanzadas de tricepiro.

En Peso de 1000 granos se encontró correlación positiva y significativa con el Índice de cosecha, altura de planta, granos por espiga, espiguillas por espiga y largo de espiga. Rossi *et al.* (1990) encuentran alta asociación positiva con el rendimiento de la planta de trigo, ubicándose en segundo lugar de importancia después de altura de la planta y debido a que estaría menos influenciado por el ambiente que altura, sería un carácter en el que se debería profundizar en sus aspectos genéticos y fisiológicos. Martinuzzi *et al.* (1990) encuentran que la selección por peso de mil granos aportó un número importante de líneas de trigo con elevada producción de grano de alto peso unitario. Morant *et al.* (1994) mencionan que el peso de mil semillas sería junto con el número de granos por metro cuadrado, los componentes más úti-

les para una selección indirecta para mejorar el rendimiento (kg/ha) en trigos de ciclo corto y ciclo largo.

El índice de cosecha indica la proporción de materia seca total que se destina a granos y ambos son los caracteres que según Slafer y Andrade (1994) contribuirían a incrementar los rendimientos. En este estudio el índice de cosecha se asocia positiva y de manera significativa principalmente con el número de granos por espiga, aunque también con granos por espiguilla, peso de 1000 granos, espiguillas por espiga y largo de espiga.

Ciclo a floración estuvo correlacionado significativa y negativamente con la mayoría de los componentes del rendimiento en F_3 . En la siguiente generación sólo mantuvo una asociación con altura de planta aunque en forma positiva.

En la Tabla 10 figuran los porcentajes de heredabilidad en sentido estricto (h^2) obtenidos al aplicar la regresión del promedio de la progenie F_3 a los valores de plantas individuales F_2 y del promedio de la progenie F_4 al promedio de la progenie F_3 .

Los datos de regresión progenie - progenitor obtenidos a partir de cruza amplias presentan un importante sesgo como consecuencia de la segregación cromosómica que se presenta en las primeras generaciones. Ella se suma a la segregación génica que ocurre naturalmente en cada generación. Por tal motivo, los datos presentados se consideran orientativos de la transmisión hereditaria.

Se observan valores inferiores en la regresión de las generaciones $F_4 - F_3$ con respecto a $F_3 - F_2$, a excepción de macollas fértiles por planta.

Altura de planta presentó, aunque bajos, los mayores valores de heredabilidad en ambas estimaciones. Badiali *et al.* (1994) mencionan una heredabilidad en sentido estricto alta para los caracteres altura de planta (0,61) y longitud de espigas (0,65), media para macollos/planta (0,43), espiguillas por espiga (0,52), granos/espiga (0,42) y fertilidad (0,44) y baja para espigas por planta (0,19). Altura de la planta tendría un control genético regido por pocos genes y se permitiría así, seleccionar genotipos de triticale con menor susceptibilidad a vuelco en las primeras generaciones.

Los porcentajes de transmisión hereditaria se consideran muy bajos indicando importantes efectos genéticos no aditivos y la presencia de una fuerte influencia ambiental. Respecto al ambiente, se debe considerar que las regresiones con valores promedios en cierta medida eliminan los desvíos que éste ejerce sobre el genotipo haciendo que el fenotipo se acerca más a su valor genotípico.

La heredabilidad de algunos caracteres agronómicos en trigo, como altura de planta, largo de espiga, período a madurez, y peso de grano han sido lo suficientemente altas como para hacer efectiva la selección (Johnson *et al.*, 1966; Sidwell *et al.*, 1976; Del Blanco *et al.*, 1986).

Los datos de heredabilidad no son coincidentes con los mencionados por otros autores, ya sea en trigo o triticale, por lo que, como menciona Badiali *et al.* (1994) es necesario realizar estos estudios en el ambiente de selección y con los materiales disponibles y no basar las selecciones con datos de heredabilidad ya realizadas.

En la Tabla 11 se detalló el efecto

que tendría la selección del 10 % de las familias F_3 superiores, indicado como aumento o disminución de los promedios de las progenies F_4 derivadas, respecto a la media poblacional F_4 no seleccionada.

La selección directa por altura de planta, espiguillas por espiga y granos por espiga respondió en forma positiva, aunque disminuyó el ciclo a floración y el peso de 1000 granos. La respuesta de éste último cobra importancia desde el punto de vista del rendimiento en harina, que se vería disminuida con granos con menor peso y menor volumen. Indirectamente, se obtuvieron granos más livianos al seleccionar por el ciclo más corto a floración, mayor número de macollas fértiles, longitud de espiga, número de granos por espiga y número de granos por espiguillas.

El efecto de la selección por: ciclo a floración menos prolongado produjo una respuesta positiva en la longitud de espiga y el número de granos por espiga pero menor número de espiguillas por espiga y granos más livianos.

Mayor altura de planta se manifestó con mayor número de granos por espiga y de espiguillas por espiga, aumentando también el número de macollas y el ciclo a floración.

Macollas fértiles tuvo mayor respuesta con el número de granos por espiga, además presenta aumentos notables en la altura de planta, pero influyó negativamente en el peso de mil granos.

El largo de la espiga se asoció positivamente con altura y macollas aunque disminuyó levemente peso de 1000 granos.

La selección por espiguillas por espiga aumentó notablemente la altura de planta, granos por espiga y levemente con

el peso de 1000 granos.

El número de granos por espigas mantuvo los valores de todas las características pero disminuyó marcadamente el peso de 1000 granos.

El número de granos por espiguillas tuvo un efecto negativo en la altura de planta, espiguillas por espiga y peso de mil granos.

El peso de 1000 granos tuvo una mínima influencia en el ciclo y altura de planta y se mantuvieron los valores de las restantes características

De acuerdo a los datos analizados, la altura de planta sería la característica más favorable para lograr incrementos en el rendimiento por planta puesto que aumenta simultáneamente sus tres componentes de rendimiento: macollas fértiles (espigas), número de granos por espiga y levemente el peso de 1000 granos.

Conclusiones

Pocas familias superan la productividad del progenitor triticale, aunque se ha alargado el ciclo e incrementado el número de macollas, con una menor altura de planta.

La mayor asociación entre características agronómicas fue entre índice de cosecha y granos por espiga.

El peso de 1000 granos en ningún caso supera al triticale y siendo éste un carácter decisivo para lograr aceptable rendimiento en harina, se deberá prestar suma atención como carácter a seleccionar en las siguientes generaciones. Por otro lado, se deberán iniciar retrocruzas entre las líneas más prometedoras y triticales de alto peso de grano.

Bibliografía

- ADAMS, M.W. 1967. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field bens, *Phaseolus vulgaris*. *Crop Sci.* 7:505-510.
- BADIALI, O.J.J. 2001. Rendimiento en grano y sus componentes en líneas de triticale. Actas V Congreso Nacional de Trigo. Villa Carlos Paz, Córdoba.
- BADIALI, O.J.J., R.J. LOVEY y R.O. ROLANDO. 1994. Coeficientes de variación fenotípica y genética y heredabilidad de caracteres agronómicos en (*triticale* x *triticosecale* W). III Congreso Nacional de Trigo. Bahía Blanca. pp. 277-278.
- BUSCH, R.H., J.C. JANKE and R.C. FROHBERG. 1974. Evaluation of crosses among high and low yielding parents of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and bulk prediction of line performance. *Crop Sci.* 14:47-50.
- BUSHUK, W.N. and E.N. LARTER. 1980. Triticale: production, chemistry and technology. In *Advances in Cereal Science and Technology III*. Ed. by Y. Pomeranz. AACS. St Paul. Minn. 348 p.
- CALHOUN, D.S., R.D. BARNETT and P.L. PFAHLER. 1987. Narrow sense heritability estimates for grain yield, tiller number, kernel weight, heading date and plant height in triticale. *Soil and Crop Sci. Soc. Fla. Proc.* 47:223-225.
- COVAS, G. 1976. Tricepiro, un nuevo verdeo sintético que involucra al trigo, centeno y agropiro. Informativo de Tecnología Agropecuaria para la Región Semiárida Pampeana. INTA Anguil 68:5 p.
- CREGAN P.B. and R.H. BUSCH. 1977. Early generation bulk hybrid yield testing of adapted hard red spring wheat crosses. *Crop Sci.* 17:887-891.
- DEL BLANCO, I.A., H.L. CARBAJO, L.D. GOÑI, H.J. MARTINUZZI y I.

- COLOMBO. 1986. Publicación técnica N° 24. Chacra Experimental de Barrow.
- FERREIRA, V. y B. SZPINIÁK. 1994. Semillas forrajeras. Producción y Mejoramiento. Primeras Jornadas Nacionales de Producción de Semillas y Mejoramiento Genético de Especies Forrajeras. 28 al 30 de setiembre de 1992. U.B.A.
- GILL, K.S., M.L. VERMA and G.S. SANDHA. 1976. Studies on Variability and character association in triticale. *Crop Improv.* 3:64-69.
- GRAFIUS, J.E. 1956. Components of yield in oats: A geometrical interpretation. *Agron. J.* 48:419-423.
- GUSTAFSON, P., W. BUSHUCK and A.R. DERA 1990. *Triticale*: Production and utilization 373-395.
- HAMBLIN, J. and A.M. EVANS. 1976. The estimation of crop yield using early generation and parental yields in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *Euphytica* 25:515-520.
- JOHNSON, V.A., BIEVER K.J., HAUNOLD A. and J.W. SMITH. 1966. Inheritance of plant height, yield of grain, and other seed characteristics in a cross of hard red winter wheat. *Crop Sci.* 6:336-338
- LEBSOCK K.L. and A. AMAYA. 1969. Variation and covariation of agronomic traits in durum wheat. *Crop Sci.* 9:372-375.
- MARTINUZZI, H., A. CALZOLARI, O. POLIDORO y E. FRUTOS. 1990. Selección por rendimiento de grano y algunos de sus componentes en dos cruzamientos de trigo (*Triticum aestivum*, L.). I Congreso Nacional de Trigo. Pergamino. I-114.
- MC NEAL, F.H. 1960. Yield components in a Lemhi x Thatcher wheat cross. *Agron. J.* 348-349.
- MC NEAL, F.H., C.O. Qualset, D.E. Baldrige and V.R. Stewart. 1978. Selection for Yield and Yield Components in wheat. *Crop Sci.* 18:795-799.
- MIRANDA, R., A.E. MORANT, A.A. JUNQUERA y S.C. BORSETTI. 1994. Ideotipo de trigo. Criterios de selección I: Componentes de rendimiento en ambientes semiáridos. III Congreso Nacional de Trigo. Bahía Blanca. 126-127.
- MORANT, A.E., H.D. MERCHÁN y E.E. LUTZ. 2001. Trigo doble propósito. Análisis de la correlación entre componentes de rendimiento y grano. Actas del V Congreso Nacional de Trigo.
- POGGIO, L., M.R. FERRARI, H.A. PACCAPELO, E. GREIZERSTEIN, N. JOUVÉ, A. CUADRADO y C. NARANJO. 1997. Tricepiro Don René INTA: Su caracterización citogenética (Meiosis e hibridación *in situ*) y bioquímica (electroforésis de proteínas seminales). Actas del XXVIII Congreso Argentino de Genética. 14 al 18 de Septiembre de 1997. San Miguel de Tucumán.
- POLIDORO, O., A. CALZOLARI y H. CONTA. 1990. Potencial de macollaje y su relación con otras características de interés agronómico y fitotécnico en once genotipos de trigo (*Triticum aestivum*, L.). I Congreso Nacional de Trigo. Pergamino. I-180.
- ROSSI, D., C. GIMBATTI y M. KOMOROVSKI. 1990. Efectos directos e indirectos de los componentes de rendimiento en trigo pan. I Congreso Nacional de Trigo. Pergamino. I-213.
- RUBIOLO, O.J., A. AGUIRRE y A.E. LEÓN. 1992. Evaluación de la calidad industrial de los triticales argentinos. II Congreso de Ingeniería Rural, Villa María, Arg.
- RUBIOLO, O.J., J.S. LUJÁN A. y A.E. LEÓN. 1998. Relación entre las características del grano, el comportamiento en molienda y la calidad panadera de los triticales argentinos. IV Congreso Nacional de Trigo. Mar del Plata. Arg.
- SCALDAFERRO, M., G. MAGNABOSCO, E. GRASSI, L. REYNOSO, B. SZPINIÁK y V. FERREIRA. 2001. Fertilidad y rendimiento en grano de líneas de tricepiro

en Río Cuarto. Córdoba. Actas del V Congreso Nacional de Trigo. 25-28 de Septiembre.

SHUEY, W.C. 1960. A wheat sizing technique for predicting flour milling yield. *Cereal Sci. Today*. 5:71-75.

SIDWELL, R.J., E.L. SMITH and R.W. McNEW. 1976. Inheritance and Interrelationship of grain yield and selected yield-related traits in a hard red winter wheat cross. *Crop Sci*. 16:650-654.

SLAFER, G.A., E.H. SATORRE y F.H. ANDRADE. 1994. Increases in grain yield in bread wheat from breeding and associated physiological changes. In: *Genetic Improvement of Field Crops*. G. A. Slafer Ed. Marcel Dekker Inc. New Yrk. USA.

SMITH, J.D. and M.L. KINMAN. 1965. The use of parent - offspring regression as an estimator of heritability. *Crop Sci*. 5:595-596

TOSSO, H., H.A. PACCAPELO y G.F. COVAS. 1997. Caracterización de líneas avanzadas de tricepiro II. Producción de forraje, producción de grano y evaluación de componentes de rendimiento. *R.I.A.* 28:47-53.

TOSSO, H., H.A. PACCAPELO y G.F. COVAS. 2000. Caracterización de líneas avanzadas de tricepiro III. Análisis citológico. *RIA* 29:39-52.

Tabla 1. Media, varianza y distribución de frecuencia en el progenitor tritricale, familias F₃ y F₄ de tricepiro (Don Santiago INTA x Don Noé INTA) en **Ciclo a floración**

Población	X	S ²	Distribución de frecuencia en números: límite superior de clase (día)								N	
			150-155	156-160	161-165	166-170	171-175	176-180	181-185			
Don Sant. INTA	160			14								14
F ₃	175.7	41.91			1	1		17		19	4	42
F ₄	194	4.86									44	44

Tabla 2. Media, varianza y distribución de frecuencia en el progenitor tritricale, plantas F₂ y familias F₃ y F₄ de tricepiro (Don Santiago INTA x Don Noé INTA) en **Altura de planta**.

Población	X	S ²	Distribución de frecuencia en números: límite superior de clase (cm)								N		
			65-75	76-85	86-95	96-105	106-115	116-125	126-135	136-145			
Don Sant. INTA	103.1	41.0								1	6	7	14
F ₂	94.5	210.9	4	10	17	13	3		4		2		53
F ₃	83.2	311.9	12	13	10	6			1				42
F ₄	91.5	90.6	3	7	22	9	3						44

Tabla 3. Media, varianza y distribución de frecuencia en el progenitor triticale, plantas F₂ y familias F₃ y F₄ de tricepiro (Don Santiago INTA x Don Noé INTA) en **Macollas fértiles**.

Población	X	S ²	Distribución de frecuencia en números																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	14	15	N			
Don Sant. INTA	1.9	40.9			7	2	3		1						1	1	1	1	14
F ₂	4.4	1.25	3	1	5	6	38												53
F ₃	7.2	20.3	1	1		7	7	5	9	2	5	2	1	1	1	1	1	1	42
F ₄	11.7	20.6						3	2	3	3	11	15	3	3	4	4	44	

Tabla 4. Media, varianza y distribución de frecuencia en el progenitor triticale, plantas F₂ y familias F₃ y F₄ de tricepiro (Don Santiago INTA x Don Noé INTA) en **Largo de espiga**.

Población	X	S ²	Distribución de frecuencia en números: límite superior de clase (cm)						
			5-10	11-15	16-20	21-25	N		
Don Sant. INTA	11.38	1.40		13	1			14	
F ₂	14.70	8.87	3	28	20	2		53	
F ₃	13.20	24.25	6	32	4			42	
F ₄	13.85	4.43	1	40	2	1		44	

Tabla 5. Media, varianza y distribución de frecuencia en el progenitor triticales, plantas F_2 y familias F_3 y F_4 de tricepsiro (Don Santiago INTA x Don Noé INTA) en **Espiguillas por espiga.**

Población	X	S ²	Distribución de frecuencia en números								N
			15-20	21-25	26-30	31-35	36-40				
Don Sant. INTA	3.94				1		12		1		14
F ₂	24.2	11.40	5	26	18		3				53
F ₃	21.7	16.32	16	24	2						42
F ₄	25.4	11.95	2	23	18		1				44

Tabla 6. Media, varianza y distribución de frecuencia en el progenitor triticales, plantas F_2 y familias F_3 y F_4 de tricepsiro (Don Santiago INTA x Don Noé INTA) en **Granos por espiga.**

Población	X	S ²	Distribución de frecuencia en números										N
			1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80			
Don Sant. INTA	42.5	93.9				1	9	3			1	14	
F ₂	9.5	92.7	40	5	5	2	1					53	
F ₃	17.76	224.4	11	18	11	1	1					42	
F ₄	17.84	75.06	6	27	10	1						44	

Tabla 7. Media, varianza y distribución de frecuencia en el progenitor triticales, plantas F₂ y familias F₃ y F₄ de tricepiro (Don Santiago INTA x Don Noé INTA) en **Granos por espiguilla (fertilidad)**.

Población	X	S ²	Distribución de frecuencia en números												N
			0.03 - 0.30	0.31 - 0.60	0.61 - 0.90	0.91 - 1.20	1.21 - 1.50	1.51 - 1.80	1.81 - 2.10	2.11 - 2.40					
Don Sant INTA	1.46	9.6				1	8	4					1	14	
F ₂	0.42	0.16	30	11	4	3	4	1						53	
F ₃	0.81	0.42	7	7	12	9	4	2					1	42	
F ₄	0.75	2.05	1	18	19	4	1						1	44	

Tabla 8. Media, varianza y distribución de frecuencia en el progenitor triticales, plantas F₂ y familias F₃ y F₄ de tricepiro (Don Santiago INTA x Don Noé INTA) en **Peso de 1000 granos**.

Población	X	S ²	Distribución de frecuencia en números (gr)										N	
			2 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60						
Don Sant. INTA	44.35	5.39								14				14
F ₂	20.84	68.07	7	17	24	2							1	53
F ₃	22.18	61.31	2	14	24	2								42
F ₄	21.10	63.04		25	19									44

Tabla 9. Coeficiente de correlación lineal entre pares de características agronómicas en las generaciones F₂, F₃ y F₄ de tricepuro (Don Santiago INTA x Don Noé INTA)

	Altura de planta	Macollos fértiles	Largo de espiga	Espiguillas por espiga	Granos por espiga	Granos Por espiguilla	Peso de 1000 granos	Indice de cosecha
Macollos fértiles	F2	-0.040						
	F3	0.361**						
	F4	0.286**						
Largo de espiga	F2	0.414	0.099					
	F3	0.081	-0.024					
	F4	0.467**	0.284**					
Espiguillas por espiga	F2	0.515**	0.331*	0.443**				
	F3	0.505**	0.272**	0.170*				
	F4	0.474**	0.181**	0.395**				
Granos por espiga	F2	0.142	0.239	0.391**	0.287*			
	F3	0.186**	0.219*	-0.023	0.266**			
	F4	0.273**	-0.036	0.109*	0.279**			
Granos por espiguillas	F2	0.032	0.249	0.270	0.063	0.860**		
	F3	0.054	0.168*	-0.068	0.006	0.945**		
	F4	0.062	-0.059	0.018	0.076	0.320**		
Peso de 1000 granos	F2	0.240	0.089	0.349*	0.190	0.413**	0.339*	
	F3	0.103	0.164*	0.092	0.184**	0.318**	0.285**	
	F4	0.249**	0.016	0.115**	0.177**	0.223**	-0.000	
Indice de cosecha	F2							
	F3							
	F4	0.163**	-0.024	-0.006	0.165**	0.863**	0.365**	0.336**
Ciclo	F2							
	F3	-0.200**	-0.164*	-0.123	-0.229**	-0.199**	-0.132	-0.139*
	F4	0.096*	0.020	0.079	0.032	-0.002	0.008	-0.013

F2 (n= 54), F3 (n= 285) y F4 (n=779) *:significativo al 0.05 y **: significativo al 0.01 de probabilidad

Tabla 10. Heredabilidad en sentido estricto (en porcentaje), en base a la regresión progenie progenitor para características agronómicas de tricepiro (Don Santiago INTA x Don Noé INTA).

Característica	Heredabilidad ($s^2 A / s^2 F$)	
	F ₃ vs F ₂	F ₄ vs F ₃
Ciclo a floración		9,23
Altura de planta	38,65	24,28
Macollas fértiles	2,28	10,47
Largo de espiga	14,88	2,36
Espiguillas por espiga	19,57	14,42
Granos por espiga	25,62	8,13
Granos por espiguilla	20,52	6,96
Peso de 1000 granos	28,67	13,5

Tabla 11. Efecto de la selección sobre un carácter y su efecto sobre otros caracteres agronómicos en la siguiente generación de Tricepiro (Don Santiago INTA x Don Noé INTA).

	Ciclo (días)	Altura de Planta (cm)	Macollas Fértiles	Longitud Espiga (cm)	Espiguillas por Espiga	Nº Granos por Espiga	Nº Granos por Espiguilla	Peso 1000 Granos (g)
Ciclo (días)	-0,36	-0,784	-0,484	0,452	-1,2	4,032	0,096	-0,976
Altura de Planta (cm)	1,76	8,57	1,76	0,026	2,028	6,418	0,158	0,377
Macollas Fértiles	0,14	5,33	0,334	-0,354	0,774	6,718	0,804	-2,03
Longitud de Espiga (cm)	-0,72	4,578	2,152	0,652	-1,268	1,028	0,054	-0,71
Espiguillas por Espiga	1,1	6,806	1,786	0,286	2,132	4,502	0,086	0,378
Nº Granos por Espiga	0,34	0,518	-0,23	-0,314	0,02	2,894	0,072	-2,02
Nº Granos por Espiguilla	0,36	-5,466	-0,562	-0,23	-1,388	1,186	0,07	-1,109
Peso 1000 Granos	1,6	1,69	0,768	0,308	0,498	0,298	-0,046	-0,759

Se selecciona el 1 % superior de las familias F₃. Los valores indican cuando las medias de las progenies F₄ resultantes de las familias seleccionadas son mayores o menores que la media de la población F₄ no seleccionada.