

TRABAJO FINAL DE GRADUACION

**ESTUDIO DE LA POLINIZACION CRUZADA ESPONTANEA Y DEL
RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y GRANO EN TRITICALE
(X *Triticosecale* Wittmack).**

Tesista
Ferrari, Enzo.

Director: Ing. Agr. Héctor A. Paccapelo

**Cátedra: Genética y Mejoramiento de Plantas y Animales
Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa
Año: 2012**

1. RESUMEN.....	3
2. INTRODUCCION.....	4
3. HIPÓTESIS.....	6
4. OBJETIVOS.....	6
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
6. RESULTADOS.....	12
7. BIBLIOGRAFIA.....	28

RESUMEN

Se estudió la producción de semillas ocurridas por cruzas espontáneas en tres cultivares de triticale (Eronga 83, Don Santiago INTA y Tizné UNRC). Para su determinación se procedió a la emasculación de flores de 20 espigas al azar en cada cultivar de modo que las polinizaciones logradas son producto del contacto entre espigas de plantas cercanas. No se detectó diferencias estadísticas entre genotipos y el número de semillas promedio logrado por espiga fue de 8. Se efectuaron otros dos tratamientos: autofecundación forzada y polinizaciones normales. Entre ellos no se observó diferencias estadísticas siendo el valor promedio de 32,1 y 35,1 semillas por espiga.

Se analizó la biomasa aérea en 2009 con un corte a primer nudo visible no encontrándose diferencias entre genotipos (1056,6 kg MS ha⁻¹, en promedio). En 2010 se analizó la biomasa de un tratamiento con cortes sucesivos cuando el cultivo alcanzaba aproximadamente 20 cm de altura. Se vieron favorecidos Tizné UNRC y Don Santiago INTA en la producción total de materia seca con 2869,7 y 2723,7 kg ha⁻¹, respectivamente. Eronga redujo drásticamente su producción en el tercer corte. Se determinó el rendimiento de grano y sus componentes tanto en el tratamiento de 2009 donde se practicó un corte de forraje (doble propósito) como en un ensayo sembrado en fecha para producción granífera. En 2010 se analizó otro ensayo para producción de grano.

En 2009 los genotipos sin corte de forraje tuvieron mayor rendimiento y se destacó Eronga 83 tanto en producción como en peso hectolítrico. En 2010 no se detectó diferencias entre genotipos (promedio, 3935 kg ha⁻¹).

El análisis de componentes principales detectó que Eronga 83 se asocia a las variables peso hectolítrico y número de granos por espiga, Don Santiago INTA a número de espigas por m² y Tizné UNRC a número de macollos por planta.

El análisis del coeficiente de sendero indicaría que el número de espigas por m² tendría una influencia positiva significativa sobre el rendimiento de grano y detecta un efecto significativo negativo entre la duración del periodo vegetativo y reproductivo.

INTRODUCCION

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack) es un cereal interéspecífico, creado por el hombre y producto de la cruce de *Triticum* L. x *Secale* L. en sentido amplio. La finalidad fue obtener un cereal que reuniera la calidad del trigo con la rusticidad del centeno, y así poder cubrir una mayor área con un cultivo harinero. Sin embargo, durante décadas el germoplasma era escaso y los triticales fueron una curiosidad biológica, principalmente por su baja fertilidad (Cardozo *et al.*, 2005).

En el trigo las flores normalmente se autofecundan y la consecuencia de la homocigosis resulta en la formación de líneas puras (Martin, 1990). En triticale, aunque la autogamia es la regla, existiría cierta tendencia a la polinización cruzada (Gülmezoglu, 2004).

Yeung and Larter (1972) demostraron con genes marcadores dominantes que la polinización cruzada entre triticales podía ocurrir aun cuando las plantas estuvieran separadas mas de 12m. y que la tasa de cruzamiento era altamente dependiente de las condiciones ambientales y de la combinación de los progenitores dentro del triticale.

Al ser los cruzamientos naturales dependiente de las condiciones ambientales un programa de mejora genética puede exigir la determinación de la proporción de cruzamientos para la zona particular donde se desarrolla (Allard, 1960; de Vries 1971,1972; Sowa and Krysiak, 1996). Si una especie autogama tiene un nivel de autofecundación muy elevado, no se requerirán medidas de protección para el mantenimiento de la pureza y la multiplicación de semillas (Briggs and Knowless, 1977; Hucl *et al.*,2001; Jensen, 1968).

Rupert *et al.* (1973) encontraron un remanente de autoesterilidad y una tendencia a la polinización cruzada en triticales hexaploides.

Kiss (1970) encuentra una tasa de cruzamiento de hasta 60% en sus estudios en triticale. Yagbasanlar (1991) y Tosun *et al.* (1997) mencionan tasas de cruzamientos de 20,6% y 13,5%, respectivamente.

En Argentina, los triticales se han difundido para uso forrajero en invernada, recría y tambo tanto para pastoreo directo, henificado o como grano forrajero, contribuyendo a dar continuidad a las cadenas forrajeras durante la época invernal, seca y con frecuentes heladas. Se han publicado numerosos trabajos en los que se evaluaron el rendimiento en forraje (Di Nucci *et al.*, 2004; Amigone *et al.*, 2006; Grassi *et al.*, 2008; Tomaso, 2008) y de grano (Di Santo *et al.*, 2005; Cardozo *et al.*, 2005; Grassi, *et al.*, 2003, 2004; Denaro *et al.*, 2010).

Dada la demanda creciente de alimentos para la nutrición humana y animal, el triticale se constituye en una interesante alternativa invernal. En términos comparativos, y sobre la base de información de reciente data, los rendimientos en semilla por unidad de superficie son equiparables a los que se obtienen en trigo. El destino esencialmente forrajero de la especie pudo haber limitado en una primera instancia su potencial granífero (Ramacciotti *et al.*, 2010).

Con los triticales graníferos actuales y comparándolos con el trigo, el mayor potencial de rendimiento se ve plasmado en ambientes sujetos a déficit hídricos y/o nutricionales; en otras palabras, el triticale es apto para ambientes con bajos costos de producción (Ramacciotti *et al.*, 2010).

Como en trigo, el rendimiento en grano del triticale puede analizarse en término de tres componentes de rendimiento (número de espigas por metro cuadrado, número de granos por espiga y peso de los granos) que aparecen secuencialmente con un control de los componentes que desarrollan primero sobre los últimos (García del Moral *et al.*, 1991; 2003).

La proliferación de macollos es uno de los procesos iniciales y ocurre durante el crecimiento temprano y depende principalmente de la disponibilidad de agua y nitrógeno (García del Moral *et al.*, 1991; 2003).

El desarrollo del primordio floral tiene lugar durante la fase de rápido crecimiento vegetativo, entonces en condiciones de recursos limitados puede generar una competencia entre el crecimiento vegetativo y los órganos florales (Miralles *et al.*, 2000; Wiegand and Cuellar, 1981). Al final del proceso, el llenado de grano se mantiene por una alta contribución de asimilados antes e inmediatamente después de anthesis y removilización de reservas durante el crecimiento de los granos (Royo *et al.*, 1999).

El periodo del crecimiento más sensible a la sequía, respecto al rendimiento de grano, es desde doble arruga a anthesis debido a su impacto negativo sobre el número de espiguillas y granos por espiguilla. Un déficit hídrico cerca de anthesis podría conducir a una disminución del rendimiento por la reducción del número de espigas y espiguillas y la fertilidad de las espiguillas sobrevivientes (Giunta *et al.*, 1993). Además, una sequía entre anthesis y madurez, especialmente si es acompañada por elevadas temperaturas, aceleran la senescencia foliar, reduce la duración y la tasa de llenado del grano y el peso promedio de los granos (Royo *et al.*, 2000).

Bajo diferentes situaciones de estrés, Giunta *et al.* (1993) y Zhong-hu & Rajaram (1994) encuentran en trigo que el número de granos por espiga y número de espigas por metro cuadrado fueron los componentes más sensibles a la sequía mientras que el peso del grano se mantiene relativamente estable debido a una alta removilización de asimilados almacenados previo a la anthesis.

El mejoramiento de triticale en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba) está básicamente dedicado al rendimiento en grano y la calidad panadera, pero también incluyen materiales facultativos y forrajeros. Entre estos últimos existen presentes materiales de porte muy rastrero y ciclo muy largo para nuestras condiciones, así como líneas de porte semierecto mucho más aptas para el propósito forrajero, donde además es posible buscar un equilibrio con la producción de semilla, carácter indispensable para lograr el interés de los empresarios semilleros (Cardozo *et al.*, 2005).

Numerosos estudios en cereales invernales incluyen correlaciones entre el rendimiento y sus caracteres relacionados (Paccapelo *et al.*, 2004; Carrillo *et al.*, 1983; Castro *et al.*, 2011; Sanda *et al.*, 1990b). Aunque resultan útiles en determinar cuáles son los componentes principales que influyen sobre el rendimiento dan una información

incompleta sobre los efectos directos e indirectos de los factores individuales. En cereales se han observado compensaciones entre los componentes del rendimiento durante el desarrollo de la planta (García del Moral *et al.*, 1991,2003). Entonces, las correlaciones simples no dan una clara percepción del efecto de cada componente sobre el rendimiento.

El método analítico de coeficientes de sendero (path coefficient analysis) permite descomponer las correlaciones entre dos variables (X e Y) en una suma de efecto directo de X sobre Y y los efectos indirectos de X sobre Y vía otras variables independientes en un sistema de correlaciones. El análisis de sendero tiene por objetivo identificar las posibles explicaciones causales de las correlaciones observadas entre una variable respuesta (dependiente) y una serie de variables predictivas (independientes) (Wright, 1921; Yagbasanlar and Ozkan,1995; Abbott *et al.*,2007; Funaro y Paccapelo, 2001; Mac Cormick *et al.*,2003)

Se plantea la **hipótesis** de que este cultivo resulta interesante para la zona pampeana subhúmeda seca y semiárida, ya que puede ser adoptado sin mayores inconvenientes por los agricultores que producen trigo, que tienen conocimientos, infraestructura y maquinarias y verán a este cereal como una alternativa de los cultivos de invierno tradicionales. Por otro lado, la disponibilidad de materiales con diferentes aptitudes permite a los productores elegir los cultivares a emplear o adaptar su uso a las condiciones ambientales predominantes.

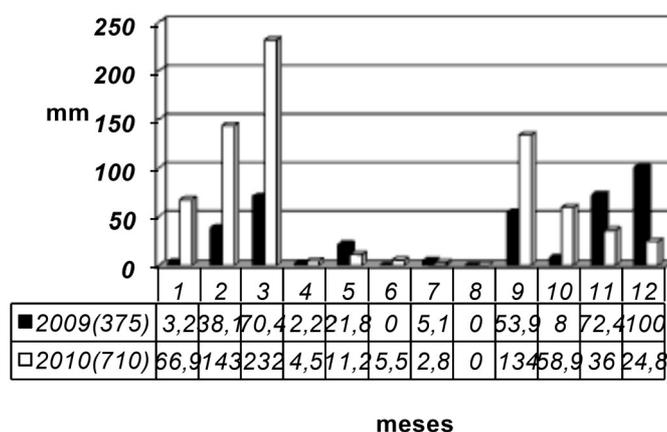
El **objetivo** del presente estudio fue:

1. Estudiar la tasa de producción de semillas en triticales a los que se les permitió la ocurrencia de cruzamientos espontáneos.
2. Evaluar la productividad de tres cultivares en diferentes situaciones de uso: producción de forraje, doble propósito (pasto y grano) y producción de grano forrajero.
3. Interpretar las interrelaciones entre componentes del rendimiento y el rendimiento de grano.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se condujo en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa ubicado a 36° 46' de latitud sur y 64° 17' longitud oeste a 210 msnm (metros sobre el nivel del mar) durante 2009 y 2010. El suelo se caracteriza como un Haplustol éntico, franco arenoso con una profundidad de 110 cm, debido a la presencia de una costra calcárea (tosca). Los lotes provenían de una rotación de cuatro años con forrajeras gramíneas y leguminosas con un contenido de: 2,5 % de Materia Orgánica, 21,7 ppm de Fósforo asimilable) y 29,49 ppm de N-NO₃ en los primeros 0,40 m de suelo (Coldeira y Ruggiero, 2011).

En la Figura 1 se detallan las precipitaciones ocurridas durante ambos años de evaluación.



Fuente: Cátedra de Agroclimatología de la Facultad de Agronomía de la UNLPam.

Figura 1: Precipitaciones mensuales y total de los ciclos productivos 2009 y 2010.

Los tres genotipos empleados fueron: Eronga 83 (proveniente del CIMMYT, México, evaluado por su potencialidad como granífero), Tizné-UNRC (cultivar forrajero de la UNRC) y Don Santiago INTA (cultivar forrajero de la EEA Guillermo Covas, Anguil).

A) determinación de la tasa de alogamia

En 2009 la siembra del ensayo se realizó con máquina de precisión el 17 de junio bajo un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental consistió de treinta y cinco surcos de cinco metros de largo y una separación entre surcos de 20 cm, a densidad comercial.

El ensayo fue planteado para medir las diferencias en la producción de semillas en tres tratamientos: 1. *Cruzas espontáneas* 2. *Autofecundación forzada* y 3. *Polinización normal*.

1. *Cruzas espontáneas*: corresponde a las polinizaciones cruzadas naturales por contacto o entre plantas cercanas. Para su determinación se procedió a la *emasculación de flores*: se eligieron 20 espigas de cada cultivar, tres a cuatro días previo a la floración. Se eliminaron una o dos espiguillas basales y del extremo superior y se retuvieron las 20 centrales. Las flores centrales de estas espiguillas se eliminaron debido a que sus ovarios permanecían inmaduros. Se cortaron las glumas, lema y palea por encima del estigma tratando de no dañar estigmas y anteras. Luego se removieron

cuidadosamente con pinzas las tres anteras de cada flor con el propósito de favorecer la polinización cruzada.

2. *Autofecundación forzada*: se tomaron 20 espigas al azar antes de la excursión de la hoja bandera, se ensobraron cada una y se cerró con un clip en la parte inferior para evitar sea desprendida por el viento.

3. *Polinización normal*: sobre 20 espigas al azar que se han polinizado naturalmente.

En cada tratamiento se evaluaron las siguientes variables:

a) El número de semillas por espiga: contando los granos logrados en cada espiga.

b) Porcentaje de semillas producidas: se calculó usando la siguiente formula

$$\% \text{ Semillas producidas} = \frac{\text{Número de semillas por espiga}}{\text{Número total de flores}} \times 100$$

c) Peso de mil semillas: se pesaron las semillas producidas por espiga y se extrapoló al peso de mil semillas.

Se realizó un análisis de la variancia utilizando un modelo factorial para determinar la interacción genotipo x tratamiento. Se utilizó el software InfoStat (2002) y la separación de medias se realizó con la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS) con un nivel de significancia de $P < 0.05$.

B) Rendimiento del forraje

En 2009 los tres genotipos (Tizné-UNRC, Don Santiago INTA y Eronga 83) se sembraron el día 17 de Junio bajo un diseño en bloques completos con tres repeticiones y en parcela estándar (7 surcos de 5,5 m de largo y separados a 20 cm) con una densidad a razón de 250 semillas viables por metro cuadrado.

En una superficie de 2 m² (5 surcos de dos m de largo) de cada parcela se analizó la biomasa de los participantes cuando alcanzaron el estadio de primer nudo visible (25 de septiembre) cortados a una altura de 5 cm sobre el suelo. El rebrote se dejó crecer y se le determinó el rendimiento de grano (doble propósito) y sobre otros 2 m² de la parcela que se dejaron intactos también se cosechó el grano (aprovechamiento de grano forrajero).

En 2010 se evaluó mediante cortes un aprovechamiento forrajero sobre los mismos genotipos; se sembraron el 26 de marzo y bajo el mismo diseño experimental, registrándose:

Biomasa seca: El forraje cortado en cada parcela se pesó en el campo y se tomó una submuestra que se secó hasta peso constante para determinar el contenido de materia seca (AOAC, 1990). Los cortes se realizaron a 6 cm del suelo, cada vez que los participantes alcanzaron una altura promedio de 25 cm (2 de junio, 29 de junio y 22 de septiembre). Los datos se proyectaron a rendimiento por unidad de superficie (kg ha⁻¹).

C) Rendimiento de grano y sus componentes

En los dos tratamientos conducidos en 2009 (aprovechamiento de forraje y grano y producción de grano forrajero) se registró el rendimiento de grano y sus variables relacionadas.

Se determinaron los estados fenológicos de los cultivares de acuerdo a la escala de Zadoks *et al.* (1974). La longitud del período vegetativo (PV) se calculó como los días de emergencia a antesis (estadio 65) y la longitud del periodo de llenado de grano (PR) como los días entre antesis y madurez fisiológica (estadio 91).

Rendimiento de grano (g m^{-2}): sobre dos metros cuadrados. Los datos se analizaron sobre una superficie de un metro cuadrado.

Espigas por metro cuadrado: sobre una muestra de 1 m²

Número de Granos por espiga: sobre cinco espigas por parcela

Peso de 1000 granos (g): sobre dos muestras de 100 granos.

Peso Hectolítrico: peso corregido de los granos contenidos en una probeta de 100 mililitros, sobre dos repeticiones.

Índice de Cosecha (IC): peso de grano / biomasa de tallo + hojas + grano de un metro lineal de parcela

En 2010 los tres genotipos (Tizné-UNRC, Don Santiago INTA y Eronga 83) se sembraron el día 17 de junio bajo un diseño en bloques completos con tres repeticiones y en parcela estándar (7 surcos de 5,5 m de largo y separados a 20 cm) con una densidad a razón de 250 semillas viables por metro cuadrado. Se analizó el rendimiento de grano y las mismas variables relacionadas al mismo que en la campaña 2009.

D) Diseño y análisis estadístico

Se realizó el análisis de variancia utilizando el paquete estadístico Infostat (2002) y la separación de medias se efectuó con la prueba de Diferencias Mínimas Significativas al $p < 0,05$

Las variables rendimiento de grano, número de espigas por metro cuadrado, número de granos por metro cuadrado y número de plantas por metro cuadrado se transformaron por $\log 10$.

Las correlaciones fenotípicas (r) se calcularon utilizando el coeficiente de correlación de Pearson, como medida de la magnitud de la asociación lineal entre dos variables que no dependen de las unidades de medida de las variables originales. Se determinó los coeficientes de correlación entre los promedios de los siguientes

caracteres medidos en el tratamiento de uso doble propósito conducido durante el ciclo 2009:

1. Duración del período vegetativo (PV)
2. Número de espigas por metro cuadrado (Em^2)
3. Duración del período reproductivo (PR)
4. Número de granos por espiga (NGe)
5. Peso de 1000 granos (PG)
6. Rendimiento de grano (R)

El coeficiente de sendero (*path analysis*) se determinó con el software Infostat (2002). El sistema de ecuaciones planteados se basó en la ontogenia de la planta (García del Moral *et al.*, 2003) como se muestra en la Figura 2.

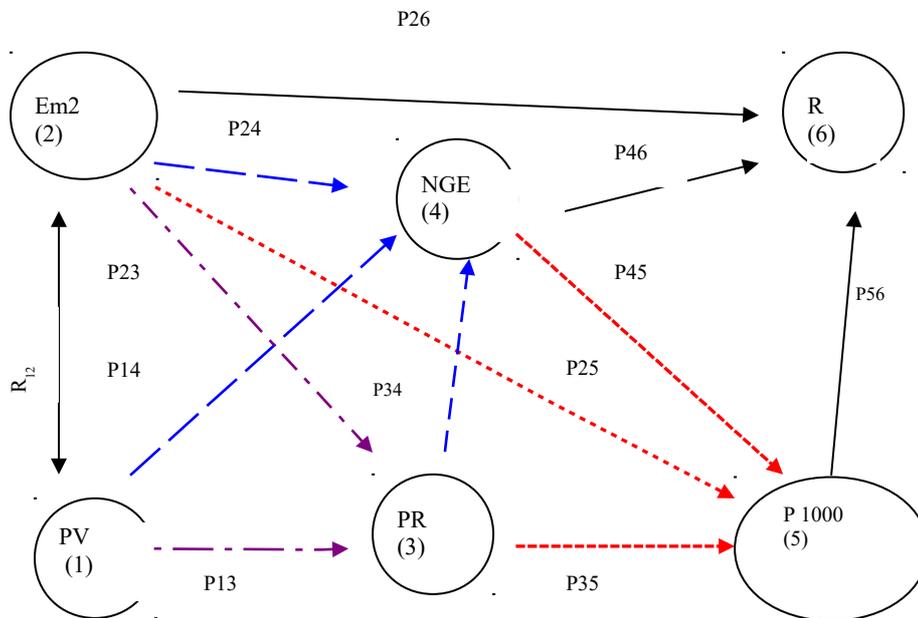


Figura 2. Diagrama de coeficientes de sendero mostrando las interrelaciones entre (1) duración del periodo vegetativo (2) espigas por metro cuadrado (3) duración del periodo reproductivo (4) número de granos por espiga (5) peso de mil granos (6) rendimiento de grano (Adaptado de García del Moral *et al.* 2003)

Se consideró que el número de espigas por metro cuadrado y la duración del periodo vegetativo se muestran como mutuamente relacionados (doble flecha en la Figura 2) (García del Moral *et al.* (2003)). Podría haber una influencia reciproca en estadios tempranos del crecimiento. La duración del periodo vegetativo podría afectar tanto al número de granos por espiga como la duración del periodo reproductivo. La producción de macollos es un proceso temprano del desarrollo en cereales y podría afectar a todos los caracteres que se desarrollen posteriormente. La duración del periodo reproductivo podría modificar el número de granos por espiga por reducción de los abortos de flores polinizadas después de anthesis (García del Moral *et al.*, 1991).

La resolución simultánea de los siguientes cuatro grupos de ecuaciones permitió determinar los coeficientes de senderos, P_{ij} (con subscripts indicativos de las seis características).

Modelo 1

$$r_{26} = P_{26} + r_{24}P_{46} + r_{25}P_{56}$$

$$r_{46} = r_{24}P_{26} + P_{46} + r_{45}P_{56}$$

$$r_{56} = r_{25}P_{26} + r_{45}P_{46} + P_{56}$$

Modelo 2

$$r_{25} = P_{25} + r_{23}P_{35} + r_{24}P_{45}$$

$$r_{35} = r_{23}P_{25} + P_{35} + r_{34}P_{45}$$

$$r_{45} = r_{24}P_{25} + r_{34}P_{35} + P_{45}$$

Modelo 3

$$r_{14} = P_{14} + r_{12}P_{24} + r_{13}P_{34}$$

$$r_{24} = r_{12}P_{14} + P_{24} + r_{23}P_{34}$$

$$r_{34} = r_{13}P_{14} + r_{23}P_{24} + P_{34}$$

Modelo 4

$$r_{13} = P_{13} + r_{12}P_{23}$$

$$r_{23} = r_{12}P_{13} + P_{23}$$

En la ecuación $r_{13} = P_{13} + r_{12}P_{23}$ el término P_{13} es el efecto directo de la variable 1 sobre la 3 (el coeficiente de sendero) y $r_{12}P_{23}$ es el efecto indirecto de la variable 1 sobre la 3 vía variable 2. Similares definiciones corresponden a las otras ecuaciones.

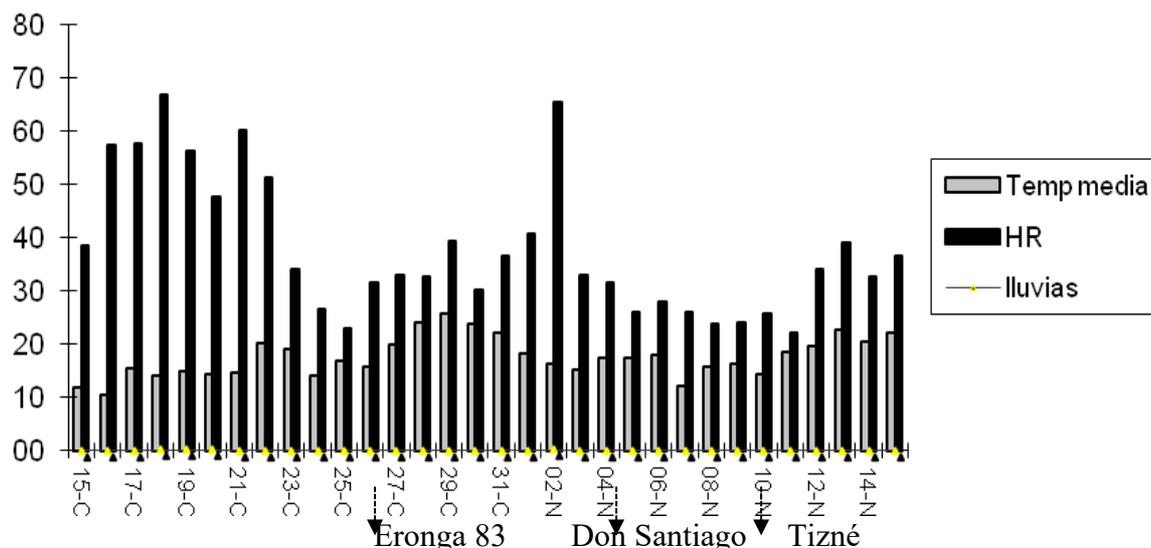
Con los promedios de producción de forraje y rendimiento de grano y sus componentes en 2010 se realizó un análisis de componentes principales y un biplot utilizando el software Infostat (2002).

El análisis de componentes principales tiene el objetivo de explicar la variabilidad de los casos en estudio con respecto a todas las variables intervinientes. Es una forma de combinar linealmente las variables para encontrar índices (componentes principales, CP) con máxima varianza. Cada combinación de variables define una componente y los valores (coeficientes con los que se pondera cada variable) usados para construir cada combinación son tales que no solo maximizan la varianza de las componentes sino que también garantizan la falta de correlación entre ellas, es decir, cada componente aporta nueva información para el entendimiento de los patrones de variabilidad (Balzarini *et al.*, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSION

A) determinación de la tasa de alogamia

En la Figura 3 se muestran datos de temperatura media, humedad relativa y precipitaciones ocurridas durante el período en que tuvo lugar la floración de las variedades analizadas.



Fuente: Datos aportados por la cátedra de cultivos II provenientes de la estación agroclimática del campo experimental de la Facultad de Agronomía de la UNLPam.

Figura 3. Condiciones climáticas y fecha de inicio de floración de cultivares de triticale en Santa Rosa, La Pampa en 2009.

Los tres factores a tomar en cuenta en la dispersión del polen son el viento, la humedad relativa y la temperatura ambiente (de Vries, 1971,1972). Cuando la tasa de humedad es elevada, los granos de polen son más pesados y por consiguiente menos susceptibles de ser llevados a larga distancia. Cuando la temperatura se eleva mucho, los granos de polen se secan y pierden su viabilidad. Una temperatura y un grado de humedad medio aumentan las probabilidades de dispersión del polen.

De Vries (1972) consideran que una alta dispersión del polen de trigo ocurre con temperaturas de entre 16 y 20° C y 70 a 75% de humedad relativa. Sowa & Krysiak (1996) no encuentran una fuerte influencia de alta temperatura y baja humedad en el incremento de la tasa de alogamia.

Según un estudio de Jensen (1968) el 90% del polen de trigo queda a menos de seis metros de su lugar de origen. Hucl y Matus-Cadiz (2001) indican que los flujos genéticos máximos en trigo se observan en la distancia más corta del lugar de origen, a saber 30 cm. Sin embargo, observaron igualmente que para ciertas variedades, los flujos genéticos se observaron a una distancia de hasta 27 m.

Sowa & Krysiak (1996) mencionan para triticales una tasa de alogamia de entre 1,1 y 10,5% dependiendo de la variedad y condiciones climáticas. Encontraron una reducción de la misma con aislamiento espacial de los genotipos de 3 m. Subrayan la necesidad de comenzar este aislamiento en etapas tempranas del mejoramiento cuando el material se multiplica en pequeñas parcelas y usar solo las plantas interiores. Así se podría lograr una uniformidad en menos años.

Número de semillas por espiga

Se detectó diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0,0001$) pero no entre genotipos y la interacción genotipo x tratamiento (Tabla 3). El tratamiento correspondiente a las cruzas espontáneas fue el que produjo menor cantidad de semillas (promedio de 8) y los otros dos no se diferenciaron estadísticamente, alcanzando las autofecundaciones forzadas un promedio de 32,1 y la polinización normal 35,1.

Tabla 3. **Número de semillas por espiga** en genotipos de triticales en Santa Rosa, La Pampa, durante el ciclo de cultivo de 2009

Genotipos	Cruzas espontáneas	Autofecundación forzada	Polinización normal	Promedio
Tizné-UNRC	7,3 b	37,0 a	37,6 a	27,33
Don Santiago INTA	7,6 b	35,2 a	35,4 a	26,07
Eronga 83	9,2 b	24,3 a	32,4 a	25,33
Promedio	8,0 b	32,1 a	35,1 a	
DMS	Genotipo: 2,51 Tratamiento: 2,51 Genotipo x Tratamiento: 4,35			

Promedios en columna seguidas de la misma letra no difieren significativamente al 5%.

Rupert *et al.* (1973) encuentran un remanente de auto esterilidad y una tendencia a la polinización cruzada en triticales hexaploides.

Gülmezoglu (2004) analiza los mismos tratamientos que en el presente trabajo en variedades de triticales cultivadas en Turquía y encuentran diferencias entre tratamientos, genotipos y la interacción genotipo x tratamiento. El promedio en el número de semillas logradas por el tratamiento de polinizaciones al azar fue de 12,03 y en los tratamientos de autofecundaciones cruzadas y polinización normal 14,61 y 17,32 respectivamente.

Porcentaje de semillas producidas

Se detectó diferencias altamente significativas para tratamientos ($p < 0,00001$) y genotipos ($p < 0,001$) pero no para la interacción tratamiento x genotipos (Tabla 4). El tratamiento de cruzas espontáneas tuvo un promedio de 20,6% y se diferenció estadísticamente de autofecundación forzada (90,3%) y polinización normal (89,1%). (Tabla 4). Entre genotipos se encontró una diferencia estadística que separó desfavorablemente a Tizné-UNRC en el porcentaje de semillas por espiga.

Tabla 4. **Porcentaje de semillas por espiga** en genotipos de triticale

Genotipos	Cruzas espontáneas	Autofecundación forzada	Polinización normal	Promedio
Tizné-UNRC	18,7 c	80,4 b	81,8 b	60,3 b
Don Santiago INTA	20,0 c	92,6 ab	93,1 ab	68,6 a
Eronga 83	23,1 c	98,1 a	92,6 ab	71,3 a
Promedio	20,6 b	90,3 a	89,1 a	
DMS	Genotipo:6,60 Tratamiento: 6,60 Genotipo x Tratamiento: 11,40			

Promedios en columna seguidas de la misma letra no difieren significativamente al 5%.

Estudios realizados en la producción de trigos híbridos mostraron que la presencia de arista en cierta medida impiden la llegada del polen que se mueve en el ambiente (de Vries, 1971). En el presente estudio se sugiere que el haber removido las mismas en el proceso de emasculación del tratamiento de cruzas espontáneas podría haber favorecido la tasa de cruzamiento.

Kiss (1970) encuentra en Hungría una tasa de cruzamiento de 24,3% en 1968 y 18,1% en 1969 en las descendientes de las de Rosner (triticale Canadiense) x la línea N° 64 de origen húngaro. La crusa recíproca en 1968 dio 16,6% de crusa. Yagbasanlar (1991) y Tosun et al. (1997) encuentran tasas de cruzamientos de 20,69% y 13,59%, respectivamente. Los resultados del presente estudio coinciden con los de Yagbasanlar.

Gülmezoglu (2004) encuentra un promedio de 60,1 % de semillas logradas en el tratamiento de polinizaciones al azar y diferencias entre genotipos con valores de extremos de 57,6% (Tathcak 97) y 64,3% (Presto). Los valores promedios de autofecundaciones forzadas y polinización normal fueron de 72,0 y 86,6 respectivamente. Consideran que el alto valor encontrado respecto a otras citas puede obedecer a que no se evaluaron los mismos genotipos y a diferencia en el ambiente donde se condujo la investigación.

En trigo, Martín (1990) considera la probabilidad de un incremento en las fecundaciones cruzadas derivadas de androesterilidad en las flores. Y aún siendo fértiles se podrían producir las cruzas si el polen exterior compite favorablemente con el propio cuando se introduce dentro de la flor.

Respecto a las condiciones climáticas en el periodo de la polinización fue bastante similar para los tres cultivares. De acuerdo a lo mencionado por de Vries (1971) la temperatura media se encontraba dentro del rango favorable para la dispersión del polen pero no así la humedad relativa que fue notoriamente inferior a los valores mencionados por el autor como favorables para la polinización.

Peso de mil semillas

Se encontró significancia estadística altamente significativa para tratamientos ($p < 0,0001$) altamente significativa para genotipos ($p < 0,001$) y para la interacción genotipo x tratamiento (Tabla 5).

Tabla 5. **Peso de mil semillas** en genotipos de triticale

Genotipos	Cruzas espontáneas	Autofecundación forzada	Polinización normal	Promedio
Tizné-UNRC	9,9 b	32,1 a	31,9 a	24.6 b
Don Santiago INTA	5,1 c	29,1 a	30,2 a	31.4 a
Eronga 83	11,9 b	28,3 a	30,3 a	23.5 a
	8,9 b	29,8 a	30,8 a	
DMS	Genotipo: 1,85 Tratamiento: 1,85 Genotipo x Tratamiento: 3,21			

Promedios en columna seguidas de la misma letra no difieren significativamente al 5%.

El valor promedio del peso de mil semillas del tratamiento de cruzas espontáneas (8,9 g) contrasta significativamente con el promedio del tratamiento de autofecundación forzada (29,8g) y el de polinización normal (30,8g). Estos dos últimos tratamientos no difieren entre sí. En el tratamiento de cruzas espontáneas se produciría una situación de estrés derivada del corte de las glumas a la mitad lo que limitaría drásticamente la superficie fotosintética necesaria para llenado de grano.

Dentro del tratamiento de cruzas espontáneas el cultivar Don Santiago INTA el que presenta granos más livianos (5,1 g) respecto a Tizne (9,9 g) y Eronga 83 (11,9 g). En los tratamientos de autofecundación forzada y polinización normal no se encontraron diferencias entre genotipos.

Gülmezoglu (2004) encuentra la misma tendencia pero con valores menores en los tres tratamientos. Así, para el tratamiento de cruzas espontáneas el peso de mil granos fue 27,7 g, para las autofecundaciones forzadas 33,8g y en el tratamiento de polinización normal 40,1g.

A diferencia del éxito logrado en la cruce artificial entre trigo y centeno (*Secale cereale* L.) que dio origen al triticale, no se han reportado híbridos naturales entre estas especies ni en Europa ni en los Estados Unidos así como tampoco hibridaciones naturales que hayan ocurrido entre trigo pan y triticale (Eastham & Sweet 2002).

Sin embargo, el triticale presentaría interesantes características para la producción de semilla híbrida tales como excelente extrusión de las anteras, anteras grandes, con gran producción de polen y excelente capacidad de polinización cruzada (Yeung & Later, 1972; Sowa & Krysiak, 1996; Hede, 2000).

En conclusión, el haberse encontrado un porcentaje promedio de cruzas espontáneas de 20,6 con un rango de entre 18,7 (Tizné –UNRC) y 23,1 (Eronga 83) indicaría la conveniencia de mantener aislados los lotes de multiplicación de estos

genotipos para evitar las contaminaciones derivadas de cruzas ocasionales con otros triticales.

B) Rendimiento del forraje

Se estimó la biomasa (kg MS ha⁻¹) de los tres cultivares de triticales en los dos sistemas de aprovechamiento forrajero descriptos. Si bien en 2009 no se encontró diferencias estadísticas significativas, Tizné-UNRC superó el rendimiento de los restantes especialmente a Don Santiago INTA (Tabla 6).

Tabla 6: Producción de materia seca en un corte (doble propósito) y cortes sucesivos (aprovechamiento forrajero) de tres variedades de triticales en Santa Rosa La Pampa en 2009 y 2010.

	Materia Seca (kg MS ha ⁻¹)				
	2009 corte a primer nudo visible	Tres cortes sucesivos en 2010			
		Primer corte (2 Jun)	Segundo corte (29 Jun)	Tercer corte (22 Sep)	Total
Tizné-UNRC	1286,7 a	1490,7 a	1010,7 a	368,3 b	2869,7 a
Don Santiago INTA	816,7 a	1217,3 a	804,0 b	701,7 a	2723,7 a
Eronga 83	1066,6 a	1146,7 a	800,0 b	97,3 c	2044,0 b
Promedio	1056,6	1284,8	871,5	389,1	2545,5
Desvío estándar	235,1	244,0	127,2	268,2	403,7

Promedios en columna seguidas de la misma letra no difieren significativamente al 5%.

La duración del ciclo siembra a principio de encañazón fue similar para los tres genotipos siendo de 90, 91 y 89 días para Tizné-UNRC, Don Santiago INTA y Eronga 83, respectivamente.

Para nuestras condiciones y en este trabajo el cultivar Eronga 83 que fuera seleccionado en el CIMMYT por su producción de grano, ha tenido un buen desempeño en la producción de forraje cuando el corte se efectúa al primer nudo visible. Bajo un sistema de aprovechamiento forrajero, es decir sembrado a principio de marzo y conducido con cortes sucesivos de biomasa, tiene una producción similar a los otros dos cultivares que se han seleccionado por su aptitud forrajero. Sin embargo en el mes de agosto deja de producir biomasa y su producción posterior decae abruptamente (Tabla 6).

Di Nucci *et al.* (2004) evaluaron la producción de materia seca de 6 cultivares de triticales y 4 líneas experimentales de INTA Bordenave y la Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba) en Paraná y Concepción del Uruguay. En Paraná el promedio fue de 6,7 tn ha⁻¹ en el 2000 y 7,5 tn ha⁻¹ en 2001 mientras que en Concepción del Uruguay el promedio de ambos años fue de 4,3 tn ha⁻¹

Amigone *et al.* (2006) evaluaron triticales en 2002, 2003 y 2004 en la Estación Experimental Regional Agropecuaria de Marcos Juárez y obtuvieron un rendimiento promedio de materia seca de 5839 kg ha⁻¹.

Grassi *et al.* (2007) evaluaron la producción de biomasa y energía aprovechable de triticale bajo 3 situaciones diferentes: a) aprovechamiento forrajero (pastoreo simulado mediante cortes), b) doble propósito (un corte y posterior cosecha de grano) y c) producción de grano forrajero. Este último destino fue el que mayor biomasa produjo, pero fue el que aportó menor cantidad de biomasa aprovechable y energía metabólica. Por su parte la situación a) produjo la menor biomasa aérea pero con un aprovechamiento animal total. Obtuvo un promedio de biomasa seca de 3159,1 kg ha⁻¹ para el tratamiento a), 4287,9 en el b) y 5247,0 para el c)

Grassi *et al.* (2008) evaluaron la materia seca de 10 líneas experimentales de triticale forrajero de la Universidad Nacional de Río Cuarto, cuatro cultivares (Genú-UNRC, Quiñé, Tizné-UNRC y Yagán-INTA) y una línea de tricepiro en 2004 a 2007. El promedio general fue de 3810 kg ha⁻¹. Los cultivares Quiñé-UNRC y Yagán-INTA resultaron los más estables en la producción de forraje.

Tomaso (2008) registró un promedio de materia seca de 5400 kg ha⁻¹ en tres años de ensayo en Bordenave (Buenos Aires).

Los promedios del rendimiento de forraje de las variedades analizadas en este trabajo son notoriamente inferiores a las citas mencionadas. Se aproximan a las obtenidas en los ensayos de Río Cuarto (Córdoba) con quien se tiene una semejanza climática por ser ambos ambientes semiáridos.

C) Rendimiento de grano y sus componentes

Mediante un análisis de varianza se calculó la variabilidad de los genotipos ante dos sistemas de aprovechamiento (doble propósito y grano forrajero) para la campaña 2009 y se estimó la interacción entre ambos factores. Esta interacción genotipo x sistema de uso se define como la respuesta diferencial de un grupo de genotipos frente a distintos usos.

En la Tabla 7 se muestra la significancia estadística del rendimiento de grano y variables relacionadas al mismo. La interacción entre ambos factores no fue significativa en ninguna de las variables analizadas. Respecto al sistema de aprovechamiento resultó altamente significativa ($p < 0,001$) para rendimiento de grano y peso hectolítrico ($p < 0,01$) y para genotipos fue altamente significativa para espigas por metro cuadrado y peso hectolítrico ($p < 0,01$), número de granos por espiga e índice de cosecha ($p < 0,01$).

Tabla 7 Significancia estadística del Análisis de la variancia del rendimiento de grano y sus variables relacionadas para dos sistemas de aprovechamiento, genotipos y su interacción en Santa Rosa, La Pampa en 2009.

Variables	Sistema de aprovechamiento	Genotipo	Interacción Sistema x genotipos
Rendimiento de grano	**	ns	ns
Espigas por metro cuadrado	ns	***	ns
Peso de 1000 granos	ns	ns	ns
Número de granos por espiga	ns	**	ns
Índice de Cosecha	ns	**	ns
Peso Hectolítrico	**	***	ns

** (p<0,01) ***(p<0,001)

En la Tabla 8 se detallan los promedios del rendimiento y variables relacionadas para los tres genotipos de triticale en los dos sistemas de aprovechamiento.

Tabla 8: Rendimiento de grano y variables relacionadas al rendimiento en tres genotipos de triticales y dos sistemas de uso para Santa Rosa, La Pampa, durante 2009

Variedad	Rendimiento de granos (g m ⁻²)	Nº espigas por m ²	Nº de granos espiga	Peso 1000 granos	Peso Hectolítrico	Índice de Cosecha
Producción sin corte (grano forrajero)						
Tizné UNRC	79,0 b	200 ab	29,5 ab	32,7 a	60,0 c	0,13 b
D. Santiago INTA	83,8 b	173 b	19,8 c	27,9 ab	62,8 c	0,15 b
Eronga 83	110,3 a	349 a	31,8 a	27,0 ab	71,6 a	0,30 a
\bar{X}	91,0a	240,6	27,1	29,2	64,8	0,19
Producción previo corte (doble propósito)						
Tizné UNRC	43,6 c	173 b	30,4 a	28,5ab	56,1 d	0,15 b
Don Santiago INTA	48,1 c	127 b	20,8 bc	28,0ab	60,8 c	0,13 b
Eronga 83	42,5 c	222 ab	23,2 abc	21,5 b	68,3 b	0,21 ab
\bar{X}	44,7b	174	24,8	26,0	61,7	0,16

Promedios en columna seguidas de la misma letra no difieren significativamente al 5%.

Durante el ciclo de cultivo de 2009 se produjeron 375 mm de lluvia que fueron muy bajas durante septiembre y octubre, momento en que se formaban los componentes del rendimiento (espiguillas por espiga y flores por espiguillas). Durante el mes de noviembre llovieron 72 mm lo cual favoreció el llenado de los granos (Figura 1).

El rendimiento de grano por unidad de superficie, el peso hectolítrico y el índice de cosecha fueron favorables para Eronga 83 en el tratamiento sin corte previo. Si tenemos en cuenta que en el corte a primer nudo visible este cultivar tuvo un comportamiento similar a los cultivares forrajeros (Tabla 6) se sugiere la posibilidad de su utilización para aprovechamiento mixto forraje-grano. Santiveri Morata (1991)

considera que la cosecha del forraje supone una cierta penalización del rendimiento de grano posterior, tanto mas importante a medida que el número de cortes se intensifica y que el realizar únicamente un corte puede ser una practica agronómicamente ventajosa.

En el tratamiento doble propósito los tres cultivares tuvieron un rendimiento de un 50,9% menos que el tratamiento sin cortes previo. (44,7 g vs 91 g, respectivamente).

El numero de espigas por metro cuadrado decae un 31,3 % al comparar ambos tratamientos, el número de granos por espiga un 8,5 %, el peso de mil granos un 10,3 %, el peso hectolítrico un 4,7 % y el índice de cosecha un 15,8 %.

El análisis de la varianza para la producción de grano en la campaña 2010 permite analizar la variabilidad del rendimiento y variables afines al mismo (Tabla 9). La altura de planta fue la única variable estadísticamente significativa ($p < 0,01$), el resto resultado no significativa. En la Tabla 10 se detallan los promedios para cada variable.

Tabla 9: Análisis de la varianza y significancia estadística del rendimiento y variables relacionadas en tres genotipos de triticales en Santa Rosa La Pampa durante 2010.

Variable	Cuadrado Medio	CV(%)
Rendimiento de grano	5159,3 ($<0,987$)	22,5
Altura de planta	602,7 ** ($<0,01$)	5,2
Nº espigas m²	4236,1 ($<0,346$)	20,4
Nº macollos por planta	2,53 ($<0,162$)	40,6
Nº granos espiga⁻¹	33,6 ($<0,259$)	10,4
Peso 1000 granos	12,5 ($<0,497$)	10,4
Peso Hectolítrico	17,39* ($<0,06$)	24,7

* ($p < 0,05$) ** ($p < 0,01$)

Tabla 10: Rendimiento de grano y componentes del rendimiento en triticales en Santa Rosa, La Pampa, durante 2010.

Variedad	Altura de planta	Nº macollos por planta	Nº espigas por m ²	Nº granos por espiga	Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹)	Peso 1000 granos	Peso Hectolítrico
Tizné UNRC	131,7 a	3,3	266,7	39,0	4015,3	38,9	70,1 b
Don Santiago INTA	110,0 b	2,3	308,3	37,1	4008,3	34,8	69,9 b
Eronga 83	105,0 b	1,5	233,3	43,6	3784,7	37,2	74,2 a
Promedio	115,5	2,4	269,4	39,9	3935,0	37,0	71,4
Desvío estándar	13,0	1,1	56,4	4,3	107,2	2,0	2,5

Promedios en columna seguidas de la misma letra no difieren significativamente al 5%.

Las precipitaciones fueron altas durante septiembre, octubre y noviembre de 2010, originando condiciones muy favorables para el desarrollo de espiguillas y granos por espiga y su posterior llenado (Figura 1).

Eronga 83 y Don Santiago INTA presentaron estadísticamente menor altura de planta, Tizné UNRC supera al promedio en el número de macollos por planta y Don Santiago INTA el número de espigas por metro cuadrado.

Eronga 83 superó el promedio en el número de granos por espiga. Si bien el periodo entre el pasaje reproductivo y floración en esta variedad es menor que para Don Santiago INTA y Tizné-UNRC (43 vs 46 y 69 días) ha desarrollado más granos por espiga lo cual podría sugerir una limitante de los genotipos forrajeros, especialmente en Tizné UNRC. Sin embargo, esta última, al poseer mayor número de macollos fértiles por planta y un peso mayor de granos las supera en rendimiento.

Aunque sin diferencias estadísticas Eronga 83 presenta mayor peso Hectolítrico. En general, los genotipos procedentes del CIMMYT suelen poseer pesos específicos altos, ya que, se ha ejercido una gran presión de selección para ese carácter (Santiveri Morata, 1991).

Cardozo *et al.* (2005) registraron el rendimiento de 39 introducciones de triticales y seis testigos en Río Cuarto (Córdoba). La proyección del testigo de mayor rendimiento fue de 1055 kg ha⁻¹ mientras que el de menor rendimiento fue de 400 kg ha⁻¹. En ensayos previos, estos cultivares rindieron entre 2000 y 3000 kg ha⁻¹ (Grassi *et al.*, 2003, 2004).

Di Santo *et al.* (2005) analizaron cinco cultivares de la Universidad Nacional de Río Cuarto (Cayú, Genú, Ñincá, Quiñé y Tizné durante 2004 y 2005. Como promedio general obtuvieron 231,67 (120,12 a 310,6) espigas por m² y 1670 kg ha⁻¹ en el rendimiento de grano.

Grassi *et al.* (2007) evalúan la producción de grano forrajero. Este último destino fue el que mayor biomasa produjo (5247,0 kg ha⁻¹), pero fue el que aportó menor cantidad de biomasa aprovechable y energía metabólica.

Ramacciotti *et al.* (2010) en Córdoba, obtuvieron un rendimiento promedio de grano en triticales forrajeros de 1551 kg ha⁻¹ y 2508 kg ha⁻¹ para triticales con uso granífero.

Denaro *et al.*, (2010) analizaron en Río Cuarto la producción de grano y estabilidad de 23 líneas experimentales de triticales durante 2004, 2007, 2008 y 2009 conjuntamente con Santa Rosa, La Pampa, en 2006, 2008 y 2009. El promedio fue de 918,9 kg ha⁻¹

Correlaciones fenotípicas

En la Tabla 11 se muestran los valores de correlaciones simples entre pares de variables a través del coeficiente de Pearson. Resultaron significativas las correlaciones entre Rendimiento de grano (R) y espigas por metro cuadrado (Em²) (r=0,54 p=0,02), espigas por metro cuadrado y duración del periodo vegetativo (PV) (r=0,46 p=0,01), espigas por metro cuadrado y duración del período reproductivo (PR) (r=0,58 p= 0,05), peso de mil granos (P1000) y duración periodo vegetativo (r=0,55 p=0,02), y duración del periodo vegetativo y reproductivo (r=-0,93 p=0,000000005).

Tabla 11. Coeficiente de correlación de Pearson entre variables de triticales en Santa Rosa, La Pampa, durante 2009

	R	Em²	P1000	NGE	PV	PR
R	1.00	0,54*	0,29	0,25	-0,23	0,45
Em²		1.00	-0,28	0,40	-0,46*	0,58**
P1000			1,00	0,22	0,55*	-0,39
NGE				1,00	0,08	0,09
PV					1.00	-0,93****
PR						1,00

Ref: R: rendimiento de grano kg ha⁻¹; Em²: Número de espigas por m²; NGE= número de granos por espiga; P 1000= peso de mil granos y PH: peso hectolítrico, PV= longitud del periodo vegetativo y PR= longitud del periodo de llenado de grano.

A menudo las correlaciones simples entre los componentes de rendimiento resultan poco informativas respecto a la relación funcional entre componentes de distinta jerarquía. La metodología del análisis de coeficientes de sendero proporcionan una aproximación a lo que pueden ser las estrategias biológicas de la determinación del rendimiento u otros caracteres complejos (Abbott *et al.*, 2007).

Coefficiente de sendero

Los efectos directos obtenidos en el análisis de sendero muestran que el número de espigas por metro cuadrado (Em^2) tiene una influencia positiva significativa sobre el rendimiento de grano (Tabla 12). El efecto indirecto negativo del número de espigas por metro cuadrado sobre el rendimiento vía peso de mil granos reduce el valor final de la correlación.

Tabla 12. Análisis de coeficiente de sendero para el Modelo 1.

		Directo	Indirecto	Total	Valor de p
Em^2 vs. R.					
Efecto directo	P_{26}	0.76			
Efecto indirecto vía P1000	$r_{25}P_{46}$		- 0,15		
Efecto indirecto vía NGEsp	$r_{24}P_{56}$		-0,07		
Correlación	r_{26}			0,54 **	0,02*
P1000 vs R.					
Efecto directo	P_{56}	0.53			
Efecto indirecto vía Em^2	$r_{25}P_{26}$		-0,21		
Efecto indirecto vía NGEsp	$r_{45}P_{46}$		-0.04		
Correlación	r_{56}			0,29	0,25
NGEsp vs R.					
Efecto directo	P_{46}	-0.17			
Efecto indirecto vía Em^2	$r_{24}P_{26}$		0.30		
Efecto indirecto vía P1000	$r_{45}P_{56}$		0,12		
Correlación	r_{46}			0.25	0,32
*($p < 0,05$) ** ($p < 0,01$) Determinación del sistema: R^2 : 0,4836					

Sandha et al. (1990 b) encuentran en triticale una fuerte relación del rendimiento con el número de espigas por unidad de superficie. En el trabajo de Carrillo *et al.* (1983) encuentran en triticale, que la herencia de este carácter presenta dominancia completa.

La duración del periodo reproductivo tuvo una influencia negativa moderada sobre el peso de mil granos (Tabla 13).

Tabla 13. Análisis de coeficiente de sendero para el Modelo 2

		Directo	Indirecto	Total	Valor de p
Em2 vs P1000					
Efecto directo	P ₂₅	-0,26			
Efecto indirecto vía NGEsp	r ₂₄ P ₄₅		0,14		
Efecto indirecto vía PR	r ₂₃ P ₃₅		-0,16		
Correlación	r ₂₅			-0,28	0,27
PR vs P1000					
Efecto directo	P ₃₅	-0,27			
Efecto indirecto vía Em ⁻²	r ₂₃ P ₂₅		-0,15		
Efecto indirecto vía NGEsp	r ₃₄ P ₄₅		0,03		
Correlación	r ₃₅			-0,39	0,11
NGEsp vs P1000					
Efecto directo	P ₄₅	0,35			
Efecto indirecto vía Em ⁻²	r ₂₄ P ₂₅		-0,10		
Efecto indirecto vía PR	r ₃₄ P ₃₅		-0,02		
Correlación	r ₄₅			0,22	0,36
*(p<005) ** (p<0.01)		Determinación del sistema: R ² : 0,2551			

El peso del grano, definido durante el periodo de llenado, depende fundamentalmente de la cantidad de asimilados disponibles para ser transportados hacia la espiga durante su formación. La actividad fotosintética durante el llenado y las reservas acumuladas durante el periodo preantesis contribuyen, en distinta medida, a la formación del grano (Hay y Walter, 1989).

Bajo condiciones no limitantes, entre el 90 y 95 % de los asimilados provienen de la fotosíntesis (Austin *et al.* 1989). Sin embargo, las altas temperaturas y el déficit hídrico durante la formación del grano paralizan la fotosíntesis, acelerando la senescencia foliar y disminuyendo la duración de llenado (Wiegand y Cuellar, 1981). En esta situación, la contribución de los fotoasimilados almacenados en la parte vegetativa puede ser muy importante a la formación del grano.

Richards y Townley-Smith (1987) estimaron la contribución de las reservas preantesis, de alrededor de un 60% bajo estrés, mientras que en presencia de riego, solamente participaron en un 15% en el llenado de grano.

La duración del periodo reproductivo, vegetativo y el número de espigas por metro cuadrado no tuvieron influencia con el número de granos por espigas (Tabla 14)

Tabla 14. Análisis de coeficiente de sendero para el Modelo 3

		Directo	Indirecto	Total	Valor de p
PR vs NGE					
Efecto directo	P ₃₄	0,64			
Efecto indirecto vía PV	r ₁₃ P ₁₄		-0,80		
Efecto indirecto vía Em2	r ₂₃ P ₂₄		0,25		
Correlación	r ₃₄			0,09	0,73
PV vs NGE					
Efecto directo	P ₁₄	0,09			
Efecto indirecto vía Em ²	r ₁₂ P ₂₄		-0,20		
Efecto indirecto vía PR	r ₁₃ P ₃₄		0,37		
Correlación	r ₁₄			0,08	0,76
EM2 vs NGE					
Efecto directo	P ₂₄	0,43			
Efecto indirecto vía PV	r ₁₂ P ₁₄		-0,40		
Efecto indirecto vía PR	r ₂₃ P ₃₄		0,37		
Correlación	r ₂₄			0,40	0,10
*(p<0,05)		** (p<0.01)		Determinación del sistema: R ² : 0,2744	

La duración del periodo vegetativo muestra una influencia negativa directa altamente significativa sobre la duración del periodo reproductivo. El número de espigas por metro cuadrado tuvo un efecto directo positivo relativamente bajo sobre la duración del periodo reproductivo pero moderado en forma indirecta vía duración del periodo vegetativo (Tabla 15).

Tabla 15. Análisis del coeficiente de sendero para el Modelo 4

		Directo	Indirecto	Total	Valor de p
PV vs PR.					
Efecto directo	P ₁₃	-0,83			
Efecto indirecto vía Em ²	r ₁₂ P ₂₃		-0,09		
Correlación	r ₁₃			-0,92***	0,0000005
Em² vs PR.					
Efecto directo	P ₂₃	0,19			
Efecto indirecto vía PV	r ₁₂ P ₁₃		0,38		
Correlación	r ₂₃			0,58**	0,01
*(p<0,05)		** (p<0.01)		Determinación del sistema: R ² : 0,8738	

La determinación del sistema del modelo 4 (87,3%) describe mejor los efectos sobre la variable dependiente, seguido por el modelo 1 (48,3 %). Sin embargo, éste último no resultaría satisfactorio para la correcta interpretación de las causas funcionales entre variables.

Teniendo en cuenta los resultados de los cuatro modelos planteados se podría interpretar como que un mayor rendimiento de grano se lograría con un periodo vegetativo mas prolongado a expensas del periodo reproductivo; de esta manera mayor cantidad de espigas llenarían grano.

Funaro y Paccapelo (2001) en Santa Rosa, La Pampa, señalan que el peso de mil granos y número de granos por planta tuvieron un efecto directo muy significativo sobre el rendimiento de grano por planta en líneas experimentales (F_6) de tricepiro.

Mac Cormick y Paccapelo (2003) en Santa Rosa, La Pampa, encuentran que el número de espigas por planta, el número de granos por espiga y peso de mil granos tendrían un efecto directo significativo sobre el rendimiento de grano por planta en líneas experimentales de triticales y tricepiros.

Paccapelo *et al.* (2004) en Santa Rosa, La Pampa, analizando líneas experimentales de cereales sintéticos (triticales y tricepiros) encuentran que el número de espiga por planta influiría directa y muy significativamente sobre el rendimiento de grano por planta.

Castro *et al.* (2011) encuentran para triticales y tricepiros que el peso de 1000 granos tuvo un efecto directo altamente significativo sobre el rendimiento de grano por hectárea y el número de granos por espiga lo hace en forma significativa en Santa Rosa, La Pampa.

Puede observarse en los trabajos previamente mencionados que las experiencias realizadas en Santa Rosa, La Pampa, dieron resultados dispares. En ellas se han evaluado líneas experimentales en generaciones sucesivas originadas en un plan de mejora genética de estas especies sintéticas y ponen de relieve la importancia del componente ambiental para cada año de evaluación.

Yagbasanlar & Özkan (1995) encuentran para triticales en condiciones mediterráneas de Turquía un efecto directo alto y significativo del peso de granos (0,7823) y del número de espigas por planta (0,6777) sobre el rendimiento.

Análisis de componentes principales

En la Tabla 16 se muestra el aporte de las variables analizadas para las dos primeras componentes principales. La componente principal 1 (CP1) estaría definida por peso hectolítrico (PH) y número de granos por espiga (NGEsp) en forma positiva y por rendimiento de materia seca (MS), rendimiento de grano (RG) , número de macollos por planta, número de espigas por metro cuadrado y altura de la planta en forma negativa.

La componente principal 2 (CP2) en forma positiva por peso de mil granos (p1000) y altura de la planta y en forma negativa por número de espigas por metro cuadrado.

Tabla 16. Correlaciones de los autovectores con las variables originales de tres genotipos de triticales en Santa Rosa, La Pampa durante la campaña 2010.

Variable	CP1	CP2
Altura de la planta	-0,710	0,710
Número de macollos por planta	-0,880	0,470
Número de espigas por metro cuadrado	-0,780	-0,620
Rendimiento de grano (kg/ha)	-0,940	-0,060
Peso de 1000 granos	-0,003	0,997
Peso Hectolítrico	0,990	0,120
Rendimiento de materia seca (kg/ha)	-0,920	0,080
Número de granos por espiga	0,930	0,360

En la Figura 3 se muestra el biplot correspondiente al análisis de componentes principales. El plano conformado por las dos primeras componentes explica la totalidad de la variabilidad total. Respecto a la ubicación de los cultivares en el biplot se observa que Tizné-UNRC se asocia a la variable número de macollos por planta, Don Santiago INTA a número de espigas por metro cuadrado y Eronga 83 a PH.

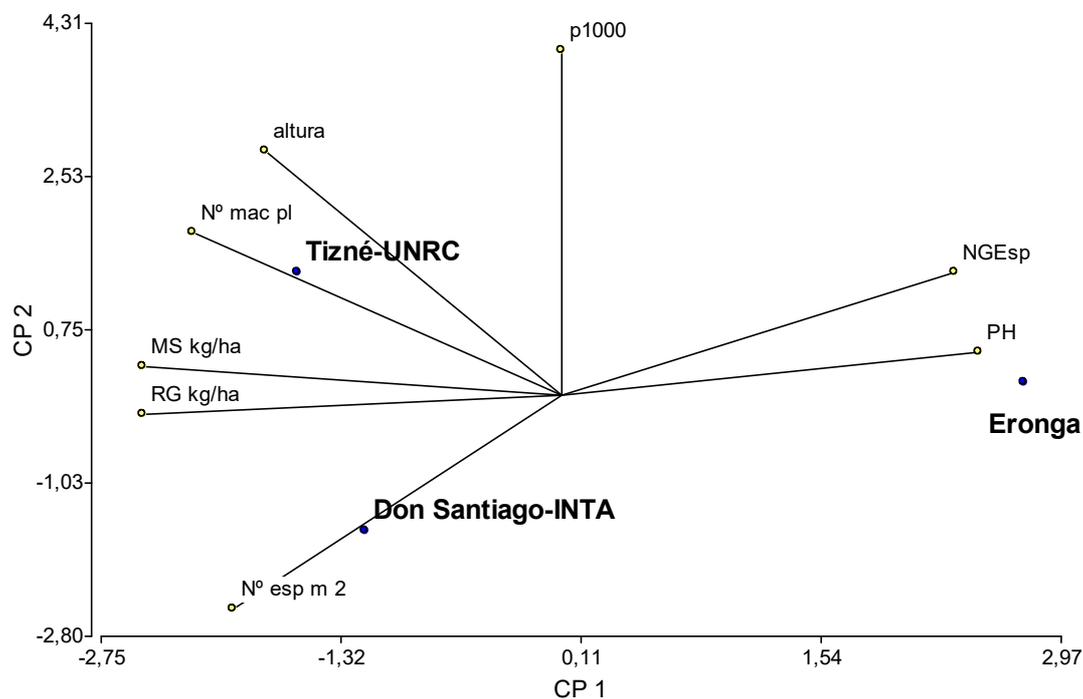


Figura 3. Biplot para los dos primeros componentes principales cuando se analiza el comportamiento de tres genotipos de triticale en Santa Rosa, La Pampa en 2010.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la determinación de la tasa de fecundación cruzada enfatiza la necesidad de un aislamiento temprano de las familias o líneas derivadas de un programa de mejora en su proceso de incremento de semilla. Posteriormente en la etapa de purificación sería beneficioso la conducción de espiga por hilera a fin de detectar plantas fuera de tipo provenientes de ocasionales cruza.

De acuerdo a la hipótesis planteada es posible utilizar cultivares de triticales con distintas aptitudes en esta región. Un cultivar seleccionado por producción de grano puede aportar buen rendimiento de materia seca aunque concentrada en un menor periodo de tiempo.

La compensación entre componentes de rendimiento del grano indicaría la necesidad de repetir este tipo de análisis.

BIBLIOGRAFIA

- Abbott, L.A.; S.M.Pistorale y O.S.Filippini. 2007. Análisis de coeficientes de sendero para el rendimiento de semilla en *Bromus catharticus*. *Cien.Inv.Agr.* 34(2):141-149.
- Allard, R.W. 1960. Reproductive systems in cultivated plants. P. 31-42. In *Principles of plant breeding*. John Wiley Sons, Inc. New York.
- Amigone, M.A.; Kloster, A.M. & Bertram, N. 2006. Producción de forraje en el área de Marcos Juárez. . www.engormix.com
- AOAC, 1990. Official methods of analysis (15th Ed). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA.
- Austin, R.B. 1989. Ecophysiology of crop plant. An overview. Curso Superior de Mejora Genética Vegetal. IAMZ, Zaragoza. 1988-1989.
- Balzarini, M.G.; Casanoves, F.; Di Rienzo, J.A.; González, L.A.; Robledo, C.W. y E.M.Tablada. 2002. Manual del usuario. versión 1.1. Grupo Infostat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba.
- Briggs, F.N. and P. F. Knowles (ed.) .1977. Mode of reproduction in relation to plant breeding methods. P. 36-51. *Introduction to plant breeding*. Reingold Publ. Corp., New York.
- Cardozo, M.; Grassi, E.; Szpiniak B. Y V. Ferreira. 2005. Selección de introducciones de triticale para doble propósito. *Revista de la Universidad Nacional de Río Cuarto*. Vol. 25 (2) 109-124.
- Carrillo, J.M., Monteagudo A. y Sanchez Monge E. 1983. Inheritance of yield components and their relationship to plant height in hexaploid triticale. *Z. Pflanzenzuchtg.* 84: 265-283.
- Castro, N.; Domínguez R. y H. Paccapelo. 2011. Análisis del rendimiento de grano y sus componentes en cereales sintéticos (Tricipiros y Triticales). *Revista de la Facultad de Agronomía*. Aceptado.
- Coldeira, A.S. y A.C. Ruggiero. 2011. Relación entre la morfología de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) en floración y el rendimiento de grano. *Biblioteca Facultad de Agronomía de la UNLPam*.
- Denaro F., Ferreira A., Castillo E., Grassi E., Paccapelo H. y Ferreira V. 2010. Producción de grano forrajero y estabilidad en líneas de triticale. *Jornadas de Mejoramiento Genético de Forrajeras*. LLavallol, 9 y 10 de septiembre de 2010. Libro de Actas. Pág. 118.
- de Vries, A.P. 1971. Flowering biology of wheat particularity in view of hybrid seed production. *A review*. *Euphytica* 20:152-170.

- de Vries, A.P. 1972. Some aspects of cross pollination in wheat (*Triticum aestivum* L.) Pollen concentration in the field as influenced by varietal pattern, weather conditions, and level as compared to the height of the pollen donor. *Euphytica* 21:185-203.
- Di Nucci de Bedendo, E., J. De Battista, M. Díaz, M. Costa y N. Formento 2004 Evaluación de genotipos de triticale en dos localidades de Entre Ríos. VI Cong. Nac. Trigo y IV Simp. Nac. de Cereales de siembra otoño-invernal. Actas en CD
- Di Santo, H.; Pochettino, C.; Grassi, E.; Szpiniak, B. y V. Ferreira. 2005. Efecto del cultivar, densidad de siembra y fertilización nitrogenada sobre la producción de semilla de triticale forrajero. 28 Congreso de Producción Animal. Bahía Blanca, 19 al 21 de Octubre.
- Eastham, K. and Sweet, J. (2002). Genetically modified organisms (GMOs): The significance of gene flow through pollen transfer. Report No. Environmental issue No. 28, European Environment Agency (EEA), Copenhagen, Denmark, http://reports.eea.eu.int/environmental_issue_report_2002_28/en
- Funaro, D. O. y H. A. Paccapelo. 2001. Efectos directos e indirectos de componentes sobre el rendimiento de granos por planta en cereales sintéticos (Triticales y Tricepiros). CD y Actas del V Congreso Nacional de Trigo y III Simposio Nacional de Cereales de siembra otoño-invernal. Carlos Paz, Córdoba. 25 al 28 de septiembre.
- García del Moral, L.F., J.M. Ramos, M.B. García del Moral and P. Jiménez-Tejada. 1991. Ontogenic approach to grain production in spring barley based on path-coefficient analysis. *Crop Sci.* 31: 1179-1185.
- García del Moral, L.F., Y. Rharrabti, D. Villegas y C. Royo. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under mediterranean conditions: an ontogenic approach. *Agron. J.* 95: 266-274.
- Giunta, F., R. Motzo and M. Deidda. 1993. Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment. *Field Crops Res.* 33: 399-409.
- Grassi, E.; L. Reynoso L.; Odorizzi, A; Szpiniak, B. y V. Ferreira. 2003. Producción de semilla en triticales forrajeros con riego suplementario en Río Cuarto, Córdoba. *Rev. UNRCuarto* 23 (1-2)49-57
- Grassi, E.; Odorizzi, A. ;Reynosos L.; Szpiniak B. Y V. Ferreira. 2004. Producción de semilla en triticales forrajeros. Efecto de diferentes practicas agronómicas. *Rev. De la UNRC.* 24(1-2):43-56.
- Grassi, E.; Pochettino, C.; Szpiniak, B. Y V. Ferreira. 2007. Potenciales aptitudes de uso en cultivares y líneas de triticale forrajero. *Revista Argentina de Producción Animal.* Vol. 27 (1) 176-177.

- Grassi, E.; Ferreira, A.; Castillo, E.; Ganum Gorriz, M. J. y V. Ferreira. 2008. Interacción genotipo ambiente en siembras tempranas de triticale forrajero. VII Congreso Nacional de Trigo. V Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño Invernal. Santa Rosa, La Pampa. 2-4 de Julio. Actas en CD.
- Gülmezoglu, N. 2004. Spontaneous cross pollination studies on Triticale (x *Triticosecale* wittmack) genotypes. *Pakistan Journal of Biological Sciencies* 7 (7): 1164-1167.
- Hay, R.K.M. & A.J.Walker. 1989. An introduction to the physiology of crop yield. Longman Scientific Technical. 292 p.
- Hede, A.R. 2000. A new approach to triticale improvement. [www. Cimmyt.org](http://www.Cimmyt.org)
- Huel, P. and R.J. Matus Cádiz. 2001. Isolation distance for minimizing out-crossing in spring wheat. *Crop Sci.* 41:1348-1351.
- Infostat. 2002. versión 1.1. Manual del usuario. Grupo Infostat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba.
- Jensen, N.F. 1968. Isolation requirements for wheat. *Wheta Newsl.* 15:26-29.
- Kiss, A. 1970. Spontaneous crossing between hexaploid triticale Rosner and triticale 64. *Wheat Inf. Service*, 31: 24-25.
- Martin, T.J. 1990. Out-crossing in twelve hard red winter wheat cultivars. *Crop Science* 30: 59-62.
- Mac Cormick, T. y H.A.Paccapelo. 2003. Caracteres de selección indirecta para el rendimiento de grano por planta en líneas experimentales de tricepiros y triticales. *J. Basic and Applied Genetics* 15 (Supl. 2):121-122.
- Miralles, D.J. ; Richards, R.A.; Slafer, G.A. 2000. Duration of the stem elongation period influences the number of fertile florets in wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology* 27,931-940.
- Paccapelo, H.A., D.O. Funaro, T.B. Mac Cormick & O.A. Melis. 2004. Rendimiento de grano y sus componentes en cereales sintéticos (tricepiros y triticales). *Revista Facultad de Agronomía de la UNLPam.* Vol 15 (1/2): 3-8.
- Ramacciotti, J., M. Rampo, J. Sartori y R.H.Maich. 2010. Triticale para grano, opción de bajo costo en ambientes con poco agua. *La voz del campo.* Córdoba. 2 de Julio de 2010. www.lavoz.com.ar.
- Richards, R.A. & T.F. Townley Smith. 1987. Variations in leaf area development and its effects on water use, yield and harvest index of droughted wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 38:983-92.

- Royo, C., M. Abaza, R. Blanco and L.F. García del Moral. 2000. Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated growth stress. *Aust. J. Plant Physiol.* 27:1051-1059.
- Royo, C., J. Voltas and I. Romagosa. 1999. Remobilization of preanthesis assimilates to the grain for grain only and dual-purpose (forage and grain) triticale. *Agron.J.* 91:312-316.
- Rupert, E. A., J.A. Rupert and K. D. Beatty. 1973. Cytological selection for fertility among triticales. *Proc. 4 Intern. Wheat Genet. Symp., 1973. Agric. Expe. Sta. Columbia, Miss, USA. Pp : 259-264.*
- Santiveri Morata, Francisca. 1991. Influencia del habito de crecimiento sobre el comportamiento agronómico de triticale hexaploides (x triticosecale Wittmack). Tesis doctoral. Universidad de LLeida, España.
- Sanda, G.S., Sharma B.D. ,K.S. Gill & G.S. Dhindsa. 1990 b. Studies on determining the contribution of different characters in triticale. *En Proc 2nd. Int Triticale Symp. Passo Fundo, 93-97.*
- Sowa, W. & H.Krysiak. 1996. Outcrossing in winter triticale, measured by occurrence of tall plant. *In Triticale: today and tomorrow. Pg. 593-596.*
- Tomaso, J. C. 2008. Cereales Forrajeros de Invierno: Producción de Materia Seca, Manejo del Cultivo, Curvas de Producción. INTA Bordenave. www.engormix.com
- Tosun, M.; I. Akgun and S. Sagsöz. 1997. Determination of percentage of self and cross pollination in some triticale genotypes. *Agric. Fac. Ataturk Univ., 28: 381-389.*
- Wright, S. 1921. Correlations and caution. *Journal of Agricultural Research* 20: 557-585.
- Wiegand, C.L. & J.A. Cuellar. 1981. Duration of grain filling and kernel weight of wheat ass affected by temperature. *Crop Scie.* 21:95-101.
- Yeung, K. C. and E. N. Larter. 1972. Pollen production and disseminating properties of triticale relative to wheat. *Can J. Plant Sci., 52: 569-574.*
- Yagbasanlar, T. 1991. Seed set by crossing-pollination in triticale (x *Triticosecale wittmack*). *J. Agric. Fac. Cukurova Univ., 6: 127-136.*
- Zadoks, J. C. ; T.T.Chang y C.F. Konzak.1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *CIMMYT: México.*
- Zhong-hu H. and S. Rajaram. 1994. Differential responses of bread wheat characters to high temperature. *Euphytica* 72: 197-203.