

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



Trabajo Final Presentado para Optar al Grado de Ingeniero Agrónomo

Título del trabajo

**ESTUDIO CITOGENETICO Y DE LA FERTILIDAD EN
TRITICALE**

ALUMNA: Silvia GERTIE

DNI: 28821224

DIRECTOR: Ing. Agr. MS Víctor A. FERREIRA

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

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Estudio citogenético y de la fertilidad en triticales

Autor: Silvia Gertie

DNI: 28821224

Director: Ing. Agr. Víctor Ferreira

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

Fecha de presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

DEDICATORIA

A mis padres Horacio y Stella por darme fuerzas para seguir siempre adelante.

A mis hermanos Maria Paz y Germán.

A mis abuelos Matteo y Carolina.

A mis amigos por estar siempre presentes.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a quien con su infinita paciencia e inconmensurable generosidad intelectual guío mis pasos en este largo pero gratificante andar en la senda del conocimiento científico. Me refiero al director de esta tesis Ing. Agr. MS Víctor A. Ferreira.

Agradezco a sí mismo a la Ing. Agr. MS Beatriz Szpiniak y al Ing. Agr. Ezequiel Grassi quienes acompañaron mi formación en el interesante campo de la Genética.

A los docentes de la cátedra de Genética en Veterinaria por su invalorable apoyo en mis practicas de laboratorio.

INDICE GENERAL
ESTUDIO CITOGENETICO Y DE LA FERTILIDAD EN TRITICALE

SECCION	Pág.
INDICE	
General	V
Cuadros	VI
Figuras	VII
RESUMEN.....	VIII
SUMMARY.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
MATERIALES Y METODOS	6
RESULTADOS	8
Caracteres de la espiga.....	8
Caracteres citológicos.....	10
Análisis de correlación para caracteres de la espiga y caracteres citológicos...	11
Coeficiente de sendero.....	14
DISCUSIÓN	15
CONCLUSIONES	21
BIBLIOGRAFIA	22
ANEXO.....	26

INDICE DE CUADROS

CUADRO	Pág.
Cuadro 1. Valores promedios de caracteres analizados en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.....	8
Cuadro 2. Número de espiguillas por espiga en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.....	8
Cuadro 3. Número de granos por espiga en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003	9
Cuadro 4. Índice de fertilidad en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.....	10
Cuadro 5. Porcentaje de viabilidad del polen en triticale forrajero. Río Cuarto, año 2003.....	10
Cuadro 6. Índice de meiótico en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.....	11
Cuadro 7. Micronúcleos por tétrada en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003	11
Cuadro 8. Análisis de correlación de Pearson: caracteres de la espiga y citológicos en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.....	12
Cuadro 9. Efectos directos e indirectos del índice meiótico, micronúcleos por tétrada y porcentaje de viabilidad del polen sobre el índice de fertilidad en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003	14

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pág.
Figura 1. Número de granos por espiga en triticales forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.....	9
Figura 2. Grado de correlación simple entre número de granos por espiga y el índice de fertilidad en triticales forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.....	12
Figura 3. Grado de correlación simple entre el índice de meiótico y el índice de fertilidad en triticales forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003	12
Figura 4. Grado de correlación simple entre el porcentaje de micronúcleos por tétrada y el índice meiótico en triticales forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.....	13

RESUMEN

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack) se emplea en la Argentina como forrajera estacional de invierno. Los triticales forrajeros presentan anomalías meióticas y fallas en la fertilidad que disminuyen su rendimiento potencial en granos. Para determinar disturbios meióticos, fertilidad de la espiga y su relación, se analizaron 5 plantas por año de cinco cultivares registrados por la UN de Río Cuarto. En 1 a 7 espigas por planta se contaron micronúcleos por tétrada y se calculó el índice meiótico. En las restantes espigas se determinó: número de granos por espiga, número de espiguillas por espiga e índice de fertilidad (número de granos/número de espiguillas por espiga). En cinco plantas por cultivar se determinó el porcentaje de polen viable. Se utilizó un diseño completo al azar; los cultivares se consideraron como tratamientos y las plantas como repeticiones para el análisis de variancia. Los micronúcleos por tétrada no tuvieron distribución normal y se analizaron mediante la prueba de Kruskal-Wallis. Se calcularon las correlaciones simples. Los valores promedio fueron: número de espiguillas por espiga = 19.9; número de granos por espiga = 28.09; índice de fertilidad = 1.4; porcentaje de polen viable = 93.16; índice meiótico = 0.61; micronúcleos por tétrada = 0.91. Las diferencias entre cultivares fueron no significativas. Se calculó el coeficiente de sendero, no encontrándose asociación entre caracteres citológicos y fertilidad. La inestabilidad citológica no fue considerada durante la selección por aptitud forrajera, en tanto que la fertilidad se consideró un carácter secundario. Los caracteres citológicos no estuvieron asociados con la fertilidad, sugiriendo un proceso de selección gamética durante la polinización. La determinación de la estabilidad citológica conviene realizarla mediante el índice meiótico dada su correlación con los micronúcleos por tétrada (-0.91***). La asociación entre granos por espiga y fertilidad ($r = 0.78^{***}$) permite suponer que pueden lograrse avances por selección considerando sólo el número de granos por espiga.

Palabras clave: Triticale forrajero, estabilidad meiótica, fertilidad.

SUMMARY

A study of cytogenetic and fertility of triticale

In Argentina, triticale (*X triticosecale* Wittmack) is used as a winter forager resource. The forager triticale shows meiotic abnormalities and reproductive failures that decrease the grain yield potential. To determinate meiotic disturbances, fertility and their relationships, 10 plant of each cultivar released by the UN of Río Cuarto were used. In order to determinate the percentage of tetrads with micronuclei and to calculate the meiotic index, 1 to 7 immature spikes were used. The other spikes were used to determinate: number of grains by spikes, number of spikelets by spikes and the fertility index (number of grain per spike/number of spikelets per spike). The pollen viability was determite employing 5 plants per cultivar. A randomized complet design was used; in the ANOVA the cultivar were considered as treatments, and the plants as repetitions. The percentage of tetrads with micronuclei did not show normal distribution, it was analyzed by the Kruskal-Wallis test. Single correlations were calculated. Medium values were: number of grains per spike = 19.9; number of spikelets per spike = 28.09; fertility index = 1.4; pollen viability = 93.16 %; meiotic index = 0.61 and tetrads with micronuclei = 0.91. Not significant differences between cultivars were found. The path analysis was calculated and correlations between cytological characters and fertility index were not found. The cytological instability was not considered in the forage selection, and the fertility was considered as a secondary character. The cytological stability determination had made by the meiotic index due its correlation with abnormal tetrads (0.91***). The relationship between number of grains per spike and fertility index was high positive and significant ($r= 0.78^{***}$) indicating that it is possible to improve fertility selecting only by number of grains per spike.

Key words: Forage triticale, meiotic stability, fertility.

INTRODUCCIÓN

En la región centro sur de la provincia de Córdoba predominan sistemas de producción mixtos. La continuidad y estabilidad de la producción ganadera anual depende, entre otros factores, de una adecuada cadena forrajera. En esta región las mayores necesidades se registran durante la época invernal, de escasas precipitaciones, con heladas intensas y frecuentes, cuando decae la producción de los pastizales y de las pasturas perennes implantadas (Covas, 1989). Las pasturas anuales invernales aportan la producción estacional de forraje fresco, ocupando no menos del 25 % de la superficie (Pagliaricci *et al.*, 1992).

Por otro lado, la diversificación de los cultivos en un agroecosistema contribuye a asegurar la producción y balancear racionalmente los componentes del mismo (Covas, 1989). Desde su introducción, los triticales (*X Triticosecale* Wittmack) se perfilaron como una buena alternativa forrajera (Tomaso, 1978, 1985) y se están difundiendo rápidamente en los sistemas ganaderos para pastoreo directo, henificación o como grano forrajero.

Los triticales presentan ventajas frente a otras forrajeras estacionales, como avena y centeno, por tener escasa incidencia de enfermedades foliares durante el período vegetativo (Cardozo *et al.*, 2003; Cardozo, 2004), alta tolerancia al frío y al pulgón verde, excelente rebrote y continua entrega de forraje de alta calidad, incluso hasta bien avanzado el ciclo vegetativo (Larrea *et al.*, 1984).

En la Universidad Nacional de Río Cuarto se han obtenido cultivares forrajeros (Ferreira y Szpiniak, 1994; Grassi *et al.*, 1997), con muy buenas características agronómicas que aportan a esa diversificación y de los cuales interesa aumentar los conocimientos citogenéticos. Los cultivares se han descrito de acuerdo a las normas del Instituto Nacional de Semillas (INASE) e inscripto en el Registro Nacional de la Propiedad (INASE, 1992, 1997).

Estos cultivares son hexaploides ($2n = 6x = 42$), se han caracterizado mediante electroforesis de las proteínas seminales (Odorizzi *et al.*, 2001; Gertie *et al.*, 2004) y se están realizando estudios tecnológicos a los efectos de verificar el resultado de algunas prácticas agronómicas sobre la producción de semilla (Grassi *et al.*, 2001a y b; Reynoso *et al.*, 2001; Grassi *et al.*, 2003, 2004). Sin embargo, su carácter de derivados de la hibridación intergenérica hace que presenten algunas irregularidades meióticas así como problemas de fertilidad y endosperma arrugado (Gupta y Priyadarshan, 1982; Kaltsikes *et al.*, 1984).

Parte de esos problemas pueden derivar de la esterilidad segregacional remanente, pero también pueden deberse a disturbios meióticos tales como la presencia de univalentes en metafase, cromosomas retrasados y puentes en anafase I y II, que se manifiestan como micronúcleos en las cuartetos y pueden producir gametos aneuploides (Scoles y Kaltsikes, 1974; Gupta y Priyadarshan, 1982; Kaltsikes *et al.*, 1984). Todas estas anomalías son responsables de la pérdida de segmentos cromosómicos o de cromosomas enteros que afectan el comportamiento de los cromosomas en la división celular, trayendo como consecuencia células hijas portadoras de deficiencias genéticas más o menos drásticas. (Tarkowski, 1968).

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

En base a un reducido nivel de estabilidad meiótica en la F_1 y valores variables en la F_2 , Merker (1973) sugirió que la estabilidad meiótica es gobernada por una combinación específica de poligenes, que se quiebra en los híbridos.

En términos prácticos, un análisis detallado del comportamiento meiótico de todo el germoplasma sería bastante lento y dificultoso. El índice meiótico propuesto por Löve (1949), porcentaje de cuartetos de polen normales, refleja la regularidad de apareamiento, siendo una medida sugestiva de las anomalías meióticas. Además no es conveniente realizar estudios previos a esta etapa de la división meiótica porque Shah *et al.*, (1987) comprobaron que la meiosis II es más irregular que la meiosis I. El número de univalentes, micronúcleos, cromosomas retrasados y puentes cromosómicos ocurren más frecuentemente en todas las etapas de la Meiosis II.

El índice meiótico es un indicador, que por su rapidez y facilidad de determinación, es muy utilizado para determinar la estabilidad genética de un cultivar. Löve (1949) estableció para trigo un límite de 90% del índice meiótico, clasificando a las plantas con índices superiores a ese valor en estables y con valores inferiores, en inestables. Cuando se utilizan plantas inestables en los cruzamientos traen problemas en las generaciones segregantes, originando progenies desuniformes, con probables variaciones fenocariotípicas.

El valor del índice meiótico está influenciado ambientalmente. Diversos autores encontraron variaciones en función de: las altas temperaturas (Larter *et al.*, 1968 citado en Scoles y Kaltsikes, 1974), el estrés de humedad (Larter y Yeung citado por Sisodia *et al.*, 1970), el atraso de la fecha de siembra (Sisodia *et al.*, 1970) y el nivel de fertilización foliar (Coraglio *et al.*, 2003). En todos los casos aumentó el nivel de anormalidades meióticas. En cambio Boyd *et al.* (1970) no encontraron efectos apreciables de la temperatura en el comportamiento de los cromosomas meióticos durante la microsporogénesis en trigo y triticale.

La frecuencia de aneuploidías es un problema importante en los triticales, debido a que en ellos confluyen genomios provenientes de especies con diferente modo de reproducción que funcionan en un único citoplasma (Lacadena, 1970), con cromosomas que tienen tiempos meióticos distintos, que ocasionalmente pierden cromosomas de centeno pudiendo revertirse hacia el otro material parental, el trigo (Gupta y Priyadarshan, 1982).

Tsuchiya y Larter (1969), no encontraron diferencias de producción de individuos aneuploides en poblaciones totalmente euploides y de poblaciones no controladas. La razón de la existencia de frecuencias similares de aneuploidía no consiguió explicación, a menos que se asuma que bajo condiciones de campo los individuos aneuploides son eliminados como resultado de un bajo poder germinativo o baja germinación.

Merker (1971) encontró una relación positiva entre el grado de aneuploidía y la inestabilidad meiótica (medida por los univalentes en metafase I). Tsuchiya (1973) sugiere que la alta fertilidad de las plantas euploides presentes en una población compensan la esterilidad. De sus resultados, Boyd *et al.* (1970) y Merker (1971) mostraron que la frecuencia de plantas aneuploides en la progenie de plantas euploides fue menor que la esperada de los estudios realizados de la meiosis. Boyd *et al.* (1970) atribuyeron esto a tres factores posibles:

- 1) Mientras la presencia de micrósporas anormales es alta, la transmisión de las mismas es baja.
- 2) La frecuencia de megásporas aneuploides es menor a la esperada por extrapolación de la microsporogénesis a la megasporogénesis.
- 3) Hay una selección en contra del normal desarrollo de las megásporas anormales.

Las irregularidades meióticas son reflejadas en aneuploidías y por lo tanto parcialmente también en el nivel de fertilidad, pero se necesita hacer selección independiente para un alto nivel de estabilidad meiótica y un alto nivel de fertilidad (Gupta y Priyadarshan, 1982).

Hsam y Larter (1973) concluyeron que la selección por regularidad citológica no vendría a ser necesaria para mejorar la fertilidad; sin embargo, ellos sugieren que la estabilidad citológica puede obtenerse si se practica una selección vigorosa para alta fertilidad.

Falçao *et al.* (1990) determinaron que la presencia de univalentes, cromosomas retrasados y micronúcleos tienen alta influencia genotípica. Además, no encontraron correlación entre el índice meiótico de las plantas analizadas y su fertilidad media, pero sí encontraron correlación positiva entre el índice y la fertilidad media de la progenie. Estos resultados les sugieren que el desbalance cromosómico en la meiosis puede no ser crítico para la formación del grano, quizás por el efecto buffer de la poliploidía, pero que comienza a ser crítico en la generación siguiente, afectando la fertilidad de la progenie. Datos semejantes fueron encontrados en trigo (Del Duca y Moraes Fernandes, 1980; Moraes Fernandes, 1982).

Estudios citológicos en el cultivar de triticale Beagle demostraron que a mayor cantidad de disturbios mitóticos y meióticos menor tamaño de las semillas (Tsuchiya, 1973; Oudjehih y Boukaboub, 2002). Moraes Fernandes (1982) en trigo no encontró diferencias significativas con respecto al peso de las mil semillas, entre plantas estables (índice meiótico superior al 90%) e inestables (índice meiótico menor al 90%), aunque siempre este último grupo tuvo una tendencia en disminuir el peso de las semillas.

Los cultivares registrados por la UN de Río Cuarto, se describieron de acuerdo a las normas INASE, que requieren caracteres exomorfológicos principalmente de espiga y grano que permiten su diferenciación. Dentro de los descriptores INASE, desde el punto de vista citológico sólo se requiere el número cromosómico y respecto a la fertilidad, el número medio de granos por espiga tomado en el año de la descripción. Para asegurar la pureza varietal, el Criadero fiscalizado de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNINARC) refunda cada cultivar anualmente a partir de una planta tipo. Sin embargo, hay sospechas de que cada uno mantiene irregularidades meióticas y se reiteran problemas de fertilidad que se acentúan más o menos según las condiciones climáticas de cada año.

Las correlaciones simples, ampliamente utilizadas en la investigación de los componentes del rendimiento, no siempre resultan suficientemente informativas acerca de la relación funcional entre componentes de diferente jerarquía y producto final. Cuando se estudian características de producción, de baja heredabilidad, suele intentarse una selección indirecta a través de los componentes del rendimiento. Estos, por lo general, al estar menos

influenciados por el ambiente, tienen mayor heredabilidad. Desde el punto de vista predictivo de la selección, es importante saber que al seleccionar una característica se modifica otra que está correlacionada con ella. Estas correlaciones, especialmente las negativas, pueden neutralizar los esfuerzos del mejorador (Paccapelo y Lorda, 1988).

El análisis funcional de la asociación entre los caracteres citológicos y el índice de fertilidad, puede realizarse mediante el método de los coeficientes de sendero (Mariotti, 1986).

La proporción de la variación total que tiene origen genético en una población puede estimarse por el Grado de Determinación Genética (GDG). En estas causas de origen genético se incluyen los efectos genéticos de dominancia, aditividad y epistasis sin ningún tipo de discriminación (Mariotti, 1986).

Hipótesis

Las fallas en la fertilidad de la espiga en los cv. de triticales forrajero del criadero UNINARC, están correlacionadas con la presencia de disturbios citológicos.

Objetivos

1. Comparar la fertilidad de la espiga en líneas de triticales forrajero del criadero UNINARC.
2. Determinar la presencia de disturbios citológicos.
3. Analizar la correlación la fertilidad de la espiga con los disturbios citológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los cultivares Cayú, Genú, Ñinca, Quiñé y Tizné-UNRC, sembrados en lotes de mantenimiento de la pureza varietal durante 2002 y 2003. Los lotes estuvieron ubicados en el campo experimental de la U.N. de Río Cuarto, sobre un suelo Hapludol típico de textura franco arenosa.

El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado (DCA). En cada año estudiado se seleccionaron y marcaron 5 plantas al azar, dentro de cada cultivar.

Previo a la cosecha se recolectaron de 1 a 7 espigas inmaduras de cada planta marcada para comprobar la presencia de micronúcleos en las cuartetos o tétradas. Se fijaron en solución Newcomer durante 24 hs, pasando luego a alcohol 70° y 4°C hasta su observación. Las observaciones se efectuaron en aplastados de las anteras de una flor por vez, teñidos con carmín acético, empleando 2 flores por espiga y realizando un recuento en telofase II de 200 tétradas por planta. Se utilizó el índice meiótico $IM = \text{tétradas sin micronúcleos} / \text{total de tétradas}$ (Löve, 1949) y se cuantificó el número de micronúcleos por tétrada (MxT).

Al momento de la cosecha se recolectaron todas las espigas de las plantas marcadas y se determinó el número de espiguillas por espiga (NEE), el número de granos por espiga (NGE) y el índice de fertilidad ($IF = NGE/NEE$).

La viabilidad del polen se determinó recolectando muestras de polen fresco de las plantas empleadas en el año 2003; se analizó un total de 5 plantas de cada cultivar a excepción de los cultivares Quiñé y Cayú-UNRC en los que se analizaron 4 plantas. El polen se coloreó con carmín acético. Los granos con falta de coloración o con distribución defectuosa del colorante fueron clasificados como no viables. La viabilidad se expresó en porcentaje ($PPV = \text{granos de polen normales} \times 100 / \text{granos de polen totales}$).

Se obtuvieron los valores medios y sus correspondientes desvíos estándar y rangos de variación para las observaciones citológicas y de fertilidad. Se analizaron mediante el ANAVA y la prueba de rangos múltiples de Duncan para diferenciar promedios. Los MxT no tuvieron distribución normal, consecuentemente se analizaron con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

El grado de asociación entre las distintas variables se efectuó a través del análisis de correlación simple (Steel y Torrie, 1988) y coeficiente de sendero o path analysis (Sokal y

Rohlf, 1981). Todos los análisis estadísticos se efectuaron mediante los procedimientos del programa InfoStat (2002).

El modelo estadístico utilizado para las variables NEE, NGE e IF fue el siguiente: $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \gamma_{ijkl} + e_{ijk}$, donde μ = media general, α_i = efecto del cultivar, β_j = efecto del año o ambiente, $\alpha\beta_{ij}$ = interacción año y el cultivar, γ_{ijkl} = efecto submuestreo y e_{ijk} = error experimental o efecto de la planta dentro del cultivar. Para las variables PPV, IM y MxT se utilizó un modelo semejante al descrito anteriormente con la diferencia que no se incluyó el efecto de submuestreo y además para PPV no se analizó el efecto del año o ambiente e interacción año y cultivar debido a que este carácter solo fue medido en el año 2003.

RESULTADOS

Los valores medios de los triticales analizados para los caracteres de la espiga y los citológicos con su correspondiente desvío estándar (DE) y rango de variación se muestran en el Cuadro 1. Se observaron amplios rangos de variación para los caracteres estudiados a excepción del PPV. El resumen de los resultados promedio para todos los caracteres analizados se presenta en el Cuadro A del Anexo.

Cuadro 1. Valores promedios de 6 caracteres analizados en 5 cultivares de triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.

Variable	Media \pm DE	CV %	RV
NEE	19.90 \pm 3.85	19.63	6.00 – 26.00
NGE	28.09 \pm 9.17	32.63	3.00 – 52.00
IF	1.40 \pm 0.38	27.32	0.50 – 2.08
PPV	93.16 \pm 4.74	5.08	82.53 – 98.44
MxT	0.92 \pm 0.63	69.10	0.17 – 2.92
IM	0.61 \pm 0.19	31.41	0.17 – 0.92

NEE = número de espiguillas por espiga; NGE = número de granos por espiga; IF = índice de fertilidad (NGE/NEE); PPV = porcentaje de polen viable; MxT = micronúcleos por tétrada; IM = índice meiótico.

El efecto cultivar año y la interacción año x cultivar fue no significativa para todos los caracteres estudiados, a excepción de IF donde el año mostró diferencias significativas ($p = 0.03$, Cuadros B, C, D, E, F, G del Anexo).

Caracteres de la espiga

a) Número de espiguillas por espiga (NEE)

El cultivar Quiñé-UNRC fue el de mayor NEE con una media de 22.73 y el menor Cayú-UNRC con 18.07 (Cuadro 2). Tizné y Ñinca-UNRC presentaron las mayores rangos de variación. La máxima diferencia promedio fue de 26.7 espiguillas entre los cultivares, pero las diferencias entre cultivares fueron no significativas ($p = 0.36$, Cuadro B del Anexo).

Cuadro 2. Número de espiguillas por espiga en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.

Cultivar	Medias \pm DE	CV %	RV
Quiñé	22.73 \pm 3.40	14.79	18.5 – 28.0
Genú	20.56 \pm 2.35	11.35	17.5 – 25.5
Tizné	19.57 \pm 6.63	35.99	6.0 – 26.0
Ñinca	19.02 \pm 7.85	36.36	14.3 – 41.0
Cayú	18.07 \pm 3.73	19.96	13.5 – 24.6

b) Número de granos por espiga (NGE)

El NGE promedio del conjunto de triticales fue 28.09 ± 9.17 (Cuadro 1). Quiñé-UNRC tuvo el mayor valor medio para NGE y Ñinca-UNRC el menor. El CV promedio de todos los cultivares fue de 32.63 % y los rangos de variación resultaron muy amplios en Tizné y Ñinca-UNRC coincidiendo con lo observado para NEE. Los valores medios, desvios y rangos de variación se presentan en el cuadro 3 y se grafican en la figura 1.

Desde el punto de vista estadístico no se halló diferencias significativas para distinguir los cultivares ($p = 0.10$, Cuadro C del Anexo).

Cuadro 3. Número de granos por espiga en triticales forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.

Cultivar	Medias \pm DE	CV %	RV
Quiñé	34.57 ± 10.07	27.30	23 – 52
Genú	32.00 ± 9.80	27.42	24 – 52
Tizné	25.82 ± 12.51	51.36	3 – 44
Cayú	24.81 ± 7.37	18.87	19 – 44
Ñinca	23.17 ± 10.78	43.12	11 – 48

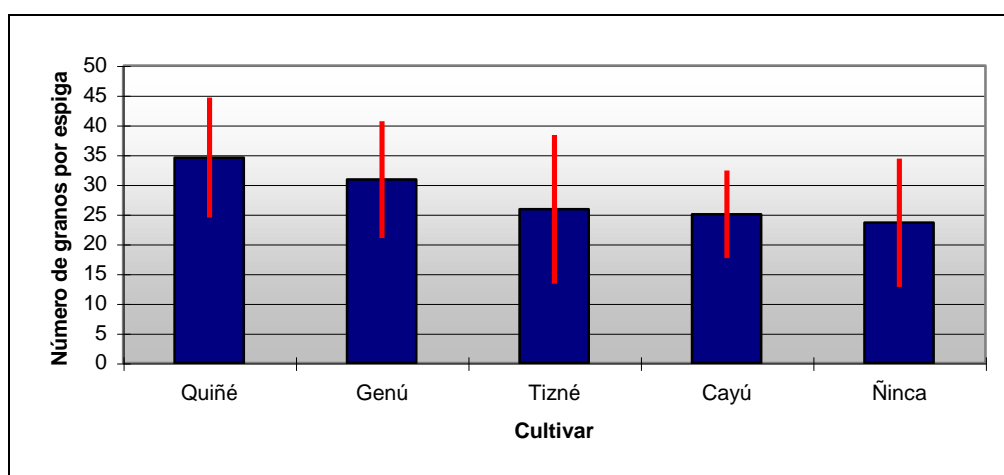


Figura 1: Número de granos por espiga en triticales forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.

c) Índice de fertilidad (IF)

Genú-UNRC presentó el mayor IF y Ñinca-UNRC el menor. Cayú-UNRC presentó el menor rango de variación, mientras que Tizné y Ñinca-UNRC tuvieron amplio y similar

rango de variación. Los valores medios, coeficientes y rangos de variación se presentan en el Cuadro 4.

El IF observado no presentó diferencias significativas para los distintos cultivares estudiados ($p=0.32$, Cuadro D del Anexo).

Cuadro 4. Índice de fertilidad en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.

Cultivar	Medias \pm DE	CV %	RV
Genú	1.57 \pm 0.40	25.16	1.12 – 2.40
Quiñé	1.48 \pm 0.34	23.39	0.91 – 2.00
Cayú	1.33 \pm 0.32	22.63	1.05 – 2.00
Tizné	1.30 \pm 0.47	38.16	0.50 – 2.04
Ñinca	1.20 \pm 0.44	34.41	0.74 – 2.28

d) Viabilidad del polen (PPV).

La viabilidad del polen promedio presentó valores altos, superando el 92% en todos los cultivares (Cuadro 5). Quiñé-UNRC presentó el menor coeficiente y rango de variación. Referente a la viabilidad del polen las diferencias entre cultivares fueron estadísticamente no significativas ($p=0.74$, Cuadro E del Anexo).

Cuadro 5. Porcentaje de viabilidad del polen en triticale forrajero. Río Cuarto, año 2003.

Cultivar	Medias \pm DE	CV%	RV
Quiñé	96.14 \pm 1.81	1.88	94.31 - 97.93
Ñinca	94.44 \pm 6.72	7.12	82.53 - 98.44
Cayú	93.86 \pm 4.05	4.32	90.36 - 98.41
Tizné	92.19 \pm 3.91	4.24	87.34 - 96.34
Genú	90.43 \pm 4.55	5.03	84.73 - 95.14

Caracteres citológicos

a) Índice meiótico (IM)

Los valores medios y el coeficiente de variación se presenta en el Cuadro 6. Se destacó el alto rango de variación del cultivar Genú-UNRC y en menor medida de Ñinca-UNRC. El IM no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los distintos cultivares ($p=0.44$, Cuadro F del Anexo).

Cuadro 6. Índice meiótico en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.

Cultivar	Medias ± DE	CV %	RV
Genú	0.65 ± 0.21	38.47	0.23 – 0.79
Tizné	0.65 ± 0.16	23.84	0.39 – 0.84
Cayú	0.60 ± 0.24	35.29	0.17 – 0.92
Ñinca	0.59 ± 0.18	30.85	0.35 – 0.90
Quiñé	0.55 ± 0.17	29.18	0.37 – 1.08

b) Micronúcleos por tétrada (MxT)

Entre los distintos cultivares no hubo diferencias significativas para MxT ($p = 0.22$, Cuadro G del Anexo), probablemente debido a la gran variación dentro de cada cultivar, como puede observarse con desvíos estándar muy elevados, sobre todo en los cultivares Cayú y Genú -UNRC (Cuadro 7).

Cuadro 7. Micronúcleos por tétrada en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.

Cultivar	Medias ± DE	CV %	RV
Cayú	1.09 ± 0.66	85.15	0.16 – 2.31
Ñinca	1.07 ± 0.50	51.19	0.20 – 1.61
Genú	1.05 ± 0.95	75.71	0.35 – 2.92
Quiñé	1.02 ± 0.49	52.37	0.49 – 1.77
Tizné	0.98 ± 0.29	45.34	0.31 – 1.08

Análisis de correlación para caracteres de la espiga y caracteres citológicos.

A partir de las variables estudiadas se analizó su grado de correlación (Cuadro 8). Se destacaron las correlaciones positivas del NGE con NEE (0.72***) y con el IF (0.78***), así como la muy significativa y negativa correlación del IM con el correlativa MxT (-0.91***). Las correlaciones restantes fueron bajas y no significativas.

A modo ilustrativo se graficó la dispersión de puntos obtenida de la asociación gráfica entre NGE e IF (Figura 2), IM e IF (figura 3) e MxT y IM (Figura 4).

Cuadro 8. Análisis de correlación de Pearson: caracteres de la espiga y citológicos en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.

	NEE	NGE	IF	PPV	IM
NGE	0.72***				
IF	0.21 ns	0.78***			
PPV	0.29 ns	0.08 ns	-0.26 ns		
IM	-0.01 ns	0.15 ns	0.22 ns	-0.16 ns	
MxT	0.02 ns	-0.1 ns	-0.12 ns	0.20 ns	-0.91***

NEE = número de espiguillas por espiga; NGE = número de granos por espiga; IF = índice de fertilidad (NGE/NEE); PPV = porcentaje de viabilidad del polen; IM = índice meiótico; MxT = micronúcleos por tétradas; ns = diferencias no significativas; (***) = $p < 0.001$.

Gráficos de correlación

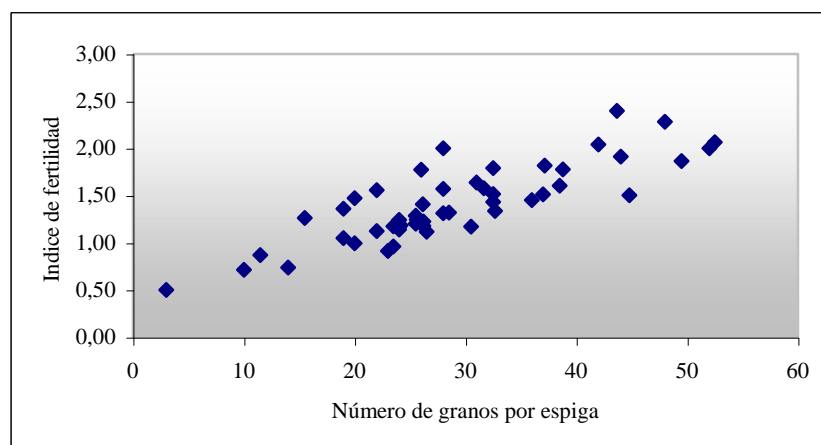


Figura 2. Grado de correlación simple entre número de granos por espiga y el índice de fertilidad en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.

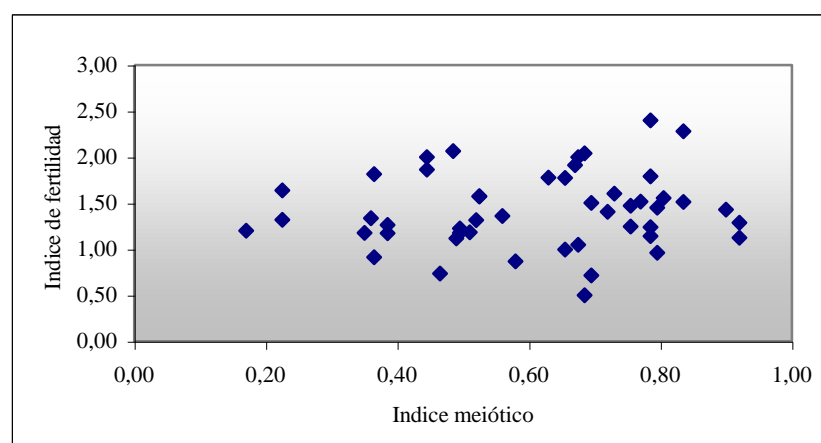


Figura 3. Grado de correlación simple entre el índice meiótico y el índice de fertilidad en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.

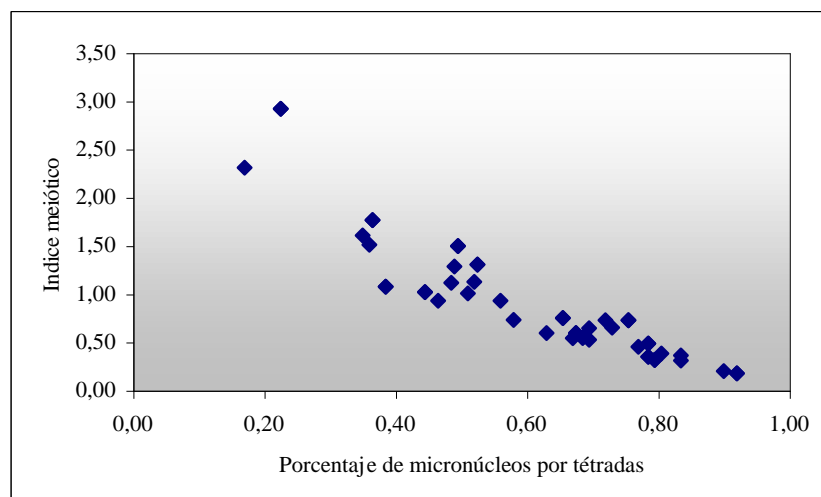


Figura 4. Grado de correlación simple entre el porcentaje de micronúcleos por tétradas y el índice meiótico en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.

Coefficiente de sendero

No se encontró relación directa e indirecta estadísticamente significativa entre IM, MxT y PPV con respecto al IF. Los resultados del coeficiente de sendero se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Efectos directos e indirectos del índice meiótico, micronúcleos por tétrada y porcentaje de viabilidad del polen sobre el índice de fertilidad en triticale forrajero.

Río Cuarto, años 2002 y 2003.

Efecto	Directa	Indirecta	Total (r)
IM vs. IF			
Vía Directa	0.24ns		
Vía indirecta por NEE		-0,05 ns	
Vía indirecta por NGE		0,18 ns	
Vía indirecta por MxT		-0,21 ns	
Vía indirecta por PPV		0,03 ns	
Total		0,20 ns	0,3823 ns
MxT vs. IF			
Vía Directa	0.23 ns		
Vía indirecta por NEE		0,01 ns	
Vía indirecta por NGE		-0,11 ns	
Vía indirecta por IM		-0,21 ns	
Vía indirecta por PPV		-0,04 ns	
Total		-0,12 ns	0,5943 ns
PPV vs. IF			
Vía Directa	-0.20 ns		
Vía indirecta por NEE		-0,18 ns	
Vía indirecta por NGE		0,11 ns	
Vía indirecta por IM		-0,04 ns	
Vía indirecta por MxT		0,04 ns	
Total		-0,26 ns	0,2426 ns

NEE = número de espiguillas por espiga; NGE = número de granos por espiga; IF = índice de fertilidad (NGE/NEE); PPV = porcentaje de viabilidad del polen; IM = índice meiótico; MxT = micronúcleos por tétrada; ns = diferencias no significativas.

DISCUSION

La influencia ambiental sobre los cultivares y caracteres considerados, no resultó considerable, debido probablemente a la similitud en las temperaturas y en las precipitaciones globales durante los meses que se produce la diferenciación de los ápices reproductivos (Figura H del Anexo). Sin embargo, muchos autores han encontrado influencia del efecto año sobre las irregularidades meióticas (Larter *et al.*, 1968 citado por Scoles y Kaltsikes, 1974; Larter y Yeung citado por Sisodia *et al.*, 1970; Coraglio *et al.*, 2003; Szpiniak de Ferreira, 1983); para caracteres de la espiga se encontraron influencias ambientales semejantes (Boyd *et al.*, 1970; Sisodia *et al.*, 1970; Szpiniak de Ferreira, 1983; Szpiniak de Ferreira, 1983).

Dentro de los caracteres de la espiga, el NGE fue el carácter más variable, con líneas que tuvieron valores extremos promedios de granos por espiga y con mediano a alto coeficiente de variación. Esta alta variación del NGE es coincidente con lo encontrado por otros autores en triticale (Funaro y Paccapelo, 2001) y en tricepiro (Scaldaferro *et al.*, 2001). Los macollos fértiles influyen indirectamente sobre el rendimiento vía el número de granos, en donde hay que tener en cuenta que el vástago principal produce más granos que los macollos (Funaro y Paccapelo, 2001).

El NEE fue el carácter menos variable presentando escasa variación entre los cultivares. Valores semejantes de NEE fueron encontrados por Tarkowski (1968) en el cultivar Nakajima. Cultivares con mucho o poco NGE tienden a tener un similar NEE; datos semejantes fueron encontrados por Szpiniak de Ferreira (1983).

El promedio del índice de fertilidad fue 1.4 con un $CV = 27.32\%$. El análisis realizado permitió verificar que los cultivares no difieren en fertilidad y que hay una gran variación dentro de cada uno.

La fertilidad de las flores en la espiga depende, entre otros motivos, del vigor del macollo dentro de la planta. Usualmente las espigas principales, centrales, muestran mayor fertilidad que las laterales. Por otro lado la fertilidad varía a lo largo de la espiga. Si se considera a la misma en tercios, el tercio medio es el que tiene mayor fertilidad, le sigue el tercio inferior y al final el superior. La fertilidad medida en número de granos por espiguilla es una característica de respuesta directa a la fertilidad y de baja heredabilidad (Guidobaldi y Maich, 2001).

El NGE y el NEE presentaron una alta y positiva relación con el IF. La alta correlación del IF con NGE también fue confirmada por Szpiniak (1983) en triticale y por Scaldaferrò (2002) en tricepiro. MacCormick y Paccapelo (2003) determinaron que el número de macollos fértiles por planta, el NGE y el peso de mil granos tuvieron un efecto directo significativo sobre el rendimiento de grano por planta.

La evaluación del IF sería más eficiente realizarla indirectamente por el NGE debido a: su fácil determinación y por su alta correlación con la fertilidad siendo el principal determinante de la misma. Esta sugerencia concuerda con los datos obtenidos en triticale de Gustafson y Qualset (1975) y Szpiniak (1983), y de Scaldaferrò (2002) en tricepiro.

La fertilidad es un aspecto reproductivo que depende, entre otros factores, de la producción normal de polen. La inestabilidad en células madres del grano de polen puede ocurrir sin perjuicios para el cultivar si la meiosis de la gameta femenina es normal y los granos de polen afectados no intervienen en la fertilización. Sin embargo, la estabilidad citológica es difícil y lenta de estudiar en el gametofito femenino, por lo que se realiza en las células madres de la micrósporas.

La esterilidad del polen puede ser debida al pobre crecimiento de las plantas, a deficiencia de clorofila, aberraciones cromosómicas y otros factores (Khanna, 1991). De acuerdo a Chauhan (1976, citado en Khanna, 1991) el tapete de la antera juega un rol definitivo en el desarrollo de las micrósporas.

Los porcentajes de viabilidad media de los granos de polen fueron altos en todos los cultivares. Estos valores concuerdan con lo obtenido con Saprà y Heyne (1973) y Khanna (1991) que encontraron entre un 85 – 95 % de viabilidad promedio en distintas líneas de triticales.

Distintos autores (Tarkowski, 1968; Saprà y Heyne 1973; Sisodia *et al.*, 1970) determinaron que la viabilidad del polen en triticale es inferior a la de trigo y centeno. La cantidad de polen producido es menor comparado con la del trigo, pero claramente suficiente para eliminarlo como fuente potencial de infertilidad.

Estos mismos autores hallaron que el porcentaje de viabilidad del polen variaba dependiendo de las líneas, poblaciones, lugares y del año en estudio. Sisodia *et al.* (1970) no encontraron variación en la viabilidad entre distintas fechas de siembra.

El porcentaje de viabilidad del polen no presentó correlación con los caracteres analizados. Gustafson y Qualset (1975) obtuvieron resultados semejantes, concluyendo que el uso de la viabilidad del polen se encuentra limitada para utilizarla como factor de selección de fertilidad porque hay baja (pero sin significancia estadística) o nula correlación entre estos caracteres.

La aneuploidía está relacionada con la fertilidad e indirectamente con la estabilidad meiótica, aunque en cultivos poliploides como el triticale, la fertilidad es menos afectada por el grado de aneuploidía.

La gameta femenina puede ser altamente aneuploide y permanecer funcional, en cambio las gametas masculinas son funcionales únicamente cuando son euploides o casi euploides y no son funcionales en condiciones de hypo o hiperploidía (Scoles y Kaltsikes, 1974). La transmisión de la aneuploidía, por lo tanto, se produce mayormente por la gameta femenina y en mucho menor grado por la masculina. O'Mara (1953) y Pieritz (1966) (ambos autores citados por Gupta y Priyadarshan, 1982) y Tsuchiya y Larter (1969) concuerdan que la mayoría de las gametas masculinas que son funcionales son euploides por causa de una fuerte selección a favor del polen euploide pero las gametas femeninas pueden ser funcionales aunque contengan anomalías y no están sujetas a esta competencia. Scoles y Kaltsikes (1974) suponen que la diferencia de tolerancia de aneuploidía en las gametas masculinas y femeninas de triticale puede estar relacionada con sus reservas.

Saura (1957) planteó para trigo que a pesar de que las variedades pueden dar un pequeño porcentaje de gametas anormales, es muy probable que en el momento de la germinación y formación del tubo polínico y posterior fecundación de la oósfera, éstas sean superadas en velocidad por los granos de polen con número de cromosomas normal.

Consecuentemente, una planta euploide pero meióticamente inestable puede producir cigotos aneuploides y ellos serán funcionales; en cambio, habría un mecanismo de selección que hace que las gametas masculinas aneuploides no se terminen de desarrollar, que no sean funcionales o que tengan menor capacidad competitiva con respecto a los granos de polen euploides. Por esta razón es poco probable que la viabilidad del polen se halle correlacionada con la inestabilidad meiótica, reafirmando los resultados obtenidos.

Sería interesante por las razones ya mencionadas estudiar la macrosporogénesis, porque si los mismos factores que causan irregularidades en las células madres del polen (confirmadas por los bajos valores del IM y MxT) actúan en la formación de las gametas

femeninas, esto disminuirá la probabilidad de obtener megásporas normales y probablemente estas sean las que se encuentren afectando en mayor grado en la fertilidad.

Es importante recordar que el fitotecnista hace su selección basándose en el aspecto de las plantas, reteniendo las formas deseadas. Las plantas de los cultivares estudiados han sido seleccionadas por caracteres morfológicos y de producción de biomasa; las mismas son uniformes morfológicamente, pero no así citológicamente. Esto se comprobó con los análisis citológicos realizados, donde ningún cultivar en promedio tuvo un IM igual o superior a 90%, valor necesario para clasificarlo como estable, al menos en cultivares de trigo (Löve, 1949).

El comportamiento de los cromosomas puede dificultar o impedir la obtención de individuos esperados. Según Saura (1957) una planta con IM alto puede no ser genéticamente estable debido a su condición de heterocigota para uno o dos pares de genes. Este individuo segregara, lógicamente, aunque su meiosis sea normal. Por otro lado, jamás podrá esperarse estabilidad en una planta con IM bajo.

El valor medio más alto de IM lo presentaron los cultivares Genú y Cayú-UNRC, que en ambos casos rondó el 65%, valor muy por debajo del propuesto por Löve para trigo. Únicamente se podrían considerar como estables las plantas Cayú-UNRC 5 y 8 con un IM = 92% y Ñinca-UNRC 10 con un IM = 90% (Cuadro A del Anexo). No obstante se debe destacar que este valor mínimo propuesto por el autor es para trigo, un cultivo que ha tenido siglos de adaptación y selección; en cambio, en el triticales, un nuevo anfiploide con frecuentes alteraciones meióticas, el valor aceptable del IM podría ser inferior.

Los cultivares no difirieron significativamente para IM, el valor medio para el conjunto fue 61%, con un coeficiente de variación muy alto. Algo semejante ocurrió con los valores de MxT, en los cuales tampoco se encontraron diferencias significativas. Estos resultados estarían indicando que una alta proporción de células madres del grano de polen darán gametos aneuploides y, por lo tanto, granos de polen poco competitivos. La alta viabilidad del polen indica que hay algún mecanismo de selección en contra de los gametos desbalanceados no permitiendo que los mismos terminen de desarrollarse.

El IM se correlacionó negativamente con MxT ($r = -0.91^{***}$). Estos resultados sugieren que cuando se estudia la estabilidad citológica no es necesario determinar MxT, es suficiente con el IM propuesto por Löve (1949) el cual es un método más fácil y rápido de

determinar que el anterior y en el cual solamente hay que cuantificar la presencia o ausencia de micronúcleos en telofase II.

En el análisis de correlación simple, los caracteres de la espiga y los citológicos no presentaron asociación directa. Tampoco se halló relación con el IF mediante vías directas e indirectas analizadas a través del coeficiente de sendero. Se encontraron plantas con valores de IM altos y con bajos a medianos valores de IF, tales como Ñinca 10 y Cayú 5 y 8, mientras que otras como Ñinca 3, Genú 5 y Cayú 10 tuvieron bajos valores de IM e IF (Cuadro A del Anexo). Estos datos demuestran que no hay asociación entre los caracteres de la espiga y los caracteres citológicos.

Los resultados son coincidentes con los encontrados por diversos autores en distintos cultivos tales como trigo (Del Duca y Moraes Fernandes, 1980), triticales granífero (Falção *et al.*, 1990), triticales forrajero (Ferrari, 2004), segregantes de triticales forrajero x granífero (Torres y Ordoñez, 1997), tricepiro (Szpiniak *et al.*, 1997; Ferreira *et al.*, 2001; Scaldaferrero *et al.*, 2001; Scaldaferrero, 2002). Stoinova y Tsvetkov (2004) no encontraron relación entre los disturbios encontrados en la metafase I y la producción de granos en cebada.

La irregularidad meiótica tiende a reducir la fertilidad debido al incremento de aneuploidía, pero la misma no tuvo relación directa con la fertilidad. Esta falta de asociación entre los caracteres de la espiga y las variables citológicas indica que los disturbios meióticos verificados en las tétradas no pueden explicar la fertilidad reducida por si solos y sus efectos pueden quedar enmascarados por otros factores como irregularidades en la megasporogénesis, en la ploidía o producto de otras variables (Sisodia *et al.*, 1970; Merker, 1971; Gupta y Priyadarshan, 1982; Szpiniak, 1983; Guidobaldi y Maich, 2001; Scaldaferrero, 2002). Además influyen las ya mencionadas condiciones ambientales.

Según Muntzing (1957), los disturbios meióticos y la esterilidad son dos síntomas de un mismo disturbio fisiológico. La esterilidad puede ser parcialmente resultante de irregularidades meióticas causadas por disturbios fisiológicos independientes de la meiosis resultantes de irregularidades observadas en la mitosis y en parte causada por efectos somáticos. Este último efecto se evidencia en líneas que poseen distinto grado de irregularidades meióticas tienen el mismo nivel de fertilidad esto se observó en Genú 8 y Quiñé 2 ambos con un mismo valor de IM (≈ 0.6) y con IF muy distinto (0.23 y 0.73 respectivamente, Cuadro A del Anexo).

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

CONCLUSIONES

Los cultivares Cayú, Genú, Ñinca, Quiñé y Tizné-UNRC no se pudieron diferenciar estadísticamente por los caracteres estudiados.

La evaluación del IF sería eficiente realizarla mediante la cuantificación del NGE debido a su fácil determinación y alta correlación con la fertilidad. El NEE no puede utilizarse como indicador de la fertilidad porque el mismo no varía en función del NGE.

Un mejoramiento del IF se llevaría a cabo a través de la selección combinada de este carácter con el NGE y no utilizar el mismo aisladamente.

La inestabilidad meiótica estudiada es transmitida por el polen concordando lo encontrado con la bibliografía. También es probable, que en gran medida la inestabilidad meiótica se trasmite por la gameta femenina.

Los caracteres de fertilidad no se correlacionaron con los disturbios encontrados en la meiosis, demostrando que la fertilidad es un elemento complejo en el cual intervienen otras variables no analizadas en este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- BOYD, W.J.R., N.S. SISODIA and E.N. LARTER 1970 A comparative study of the cytological and reproductive behaviour of wheat and triticale subjected to two temperature regimes. **Euphytica** **19**:490-497.
- CARDOZO, M.S., E.M. GRASSI, B. SZPINIÁK y V. FERREIRA 2003 Severidad de enfermedades fúngicas en triticale forrajero. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. Seminario XXIX Jornadas Argentinas de Botánica y XV Reunión Anual Sociedad de Botánica de Chile. **Bol. Soc. Arg. Bot.** **38** Sup.:258-259. San Luis, Argentina.
- CARDOZO, M.S. 2004 **Relevamiento de enfermedades fúngicas y selección de líneas de triticale**. Trabajo final de grado. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- CORAGLIO, Ma.C., L.E. TORRES, B. COSTERO y A. ORDÓÑEZ. 2003 Efecto de la fertilización foliar sobre el índice meiótico en triticale hexaploide (*Triticosecale* Wittmack). XXXII Cong. Arg. y IV Jorn. Argentino-Chilenas de Genética. **JBAG** **15(2)** **Supplement:82**. Huerta Grande, Córdoba.
- COVAS, G. 1989 Pampa semiárida: nuevos cultivos. **Ciencia Hoy** **1(2)**:75-77.
- DEL DUCA, L.J. and MORAES FERNANDES, M.I. 1980 Meiotic instability in some brazilian common wheat cultivars. **Cereal Res. Commun.** **8**:619-625.
- FALÇAO, T.M., M.I. MORAES FERNANDES and M.H. ZANETTINI 1990 Genotypic and environmental effects on chromosomal abnormalities in hexaploid triticale grown in southern Brazil and correlation between meiotic behavior and fertility of progenies. **Proc. 2nd Int. Triticale Symp.**:320-328. Passo Fundo, R.G. do Sul, Brazil.
- FERRARI, M.R. 2004 **Estudio de la composición genómica de forrajeras mediante técnicas electroforéticas y de citogenética clásica y molecular**. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- FERREIRA, V. y B. SZPINIÁK 1994 Mejoramiento de triticale y tricepiro para forraje en la U.N. de Río Cuarto. En: **Semillas Forrajeras, Producción y Mejoramiento**:110-120. Orient. Gráf. Ed., B. Aires.
- FERREIRA, V., B. SZPINIÁK, E. GRASSI y M. SCALDAFERRO 2001 Fertilidad en líneas selectas de tricepiro (triticale x trigopiro). **JBAG** **14(1)**:15-23. Sociedad Argentina de Genética.
- FUNARO, D.O. y H.A. PACCAPELO 2001 Efectos directos e indirectos de componentes sobre el rendimiento de grano por planta de cereales sintéticos (triticales y tricepiros). **V Congreso Nacional de Trigo, III Simposio de Cereales de Siembra Otoño Invernal**. Carlos Paz. Córdoba. Argentina.
- GERTIE, S., E. GRASSI, B. SZPINIÁK y V. FERREIRA 2004 Diferenciación de cultivares de triticale forrajero. XXXIII Cong. Arg. de Genética. **JBAG** **16 Supplement:101**. Malargüe, Mendoza.
- GRASSI, E., D. CROATTO, B. SZPINIÁK y V. FERREIRA 1997 Nuevo cultivar de triticale de uso forrajero". **IV Jorn. CyT, FAV-UNRC, Actas T I**:292-294. Río Cuarto.

- GRASSI, E., A. ODORIZZI, L. REYNOSO, B. SZPINIAK y V. FERREIRA 2001a Producción de semilla en triticales forrajeros obtenidos en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. **XII Congreso Brasileiro de sementes. ABRATES 11(2):90.** Curitiba, Paraná.
- GRASSI, E., A. ODORIZZI, D. CROATTO, B. SZPINIAK, L. REYNOSO y V. FERREIRA 2001b Triticale forrajero: producción de semilla en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Efecto de la fertilización nitrogenada y la densidad de siembra. **Rev. Arg. Prod. Animal 21 (3-4):181-190.**
- GRASSI, E., L. REYNOSO, A. ODORIZZI, B. SZPINIAK y V. FERRIERA 2003 Producción de semilla en triticales forrajeros con riego suplementario en Río Cuarto, Córdoba. **Rev. UNRC 23 (1-2):49-57.**
- GRASSI, E., A. ODORIZZI, L. REYNOSO, B. SZPINIAK y V. FERREIRA 2004 Producción de semilla en triticale forrajero. Efecto de diferentes prácticas agrónomicas. **Rev. UNRC 24 (1-2):43-56**
- GUIDOBALDI, H.A. and R.H. MAICH 2001 Changes in primordia and fertile florets in hexaploid triticale selected disruptively for spikelet fertility. **Annual Wheat Newsletter 47:18** <http://grain.jouy.inra.fr/ggpages/awn/47/Textfiles/ARGENTINA.html>
Consultado 12/10/2004.
- GUPTA, P.K. and P.M. PRIYADARSHAN 1982 Triticale: present status and future prospects. **Advances in Genetics 21:255-345.**
- GUSTAFSON, J.P. and C.O. QUALSET 1975 Genetics and breeding of 42-chromosomes triticale. II Relations between chromosomal variability and reproductive characters. **Crop Sci. 15:810-813.**
- HSAM, S.L. and E.N. LARTER 1973 Identification of cytological and agronomic characters affecting the reproductive behavior of hexaploid triticale. **Can. J. Genet. Cytol. 15:197-204.**
- INASE 1992 Res. N° 48/92. **Bol. Oficial N° 27.487, 1ª. Sección, p. 26,** del 06/10/92. B. Aires.
- INASE 1997 **Res. Directorio N°10 y 11.** B. Aires.
- INFOSTAT 2002 **InfoStat, versión 1.1. Manual del Usuario.** Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina.
- KALTSIKES, P.J., J.P. GUSTAFSON and A.J. LUKASZEWSKI 1984 Chromosome engineering in triticale. **Can. J. Genet. Cytol. 26(2):105-110.**
- KHANNA, V.K. 1991 Germination, pollen fertility and crossability between triticale and wheat and reversion patterns in early segregating generations. **Wheat Information Service 73:15-18.**
- LACADENA, J.R. 1970 **Genetica Vegetal. Fundamentos de su Aplicación.** Segunda edición. Agesa. Madrid
- LARREA, D.R., H. HOLZMAN y M. TULESI 1984 Estado de desarrollo, calidad de forraje y rendimiento en triticale. **Rev. Arg. Prod. Animal 4(2):157-167.**
- LÖVE, R.M. 1949 La citología como ayuda práctica al mejoramiento de cereales. **Rev. Arg. Agron. 16:1-13.**

- MacCORMICK, T. y H. PACCAPELO 2003 Caracteres de selección indirecta para el rendimiento de grano por planta en líneas experimentales de tricepiros y triticales. XXXII Cong. Arg. y IV Jorn. Argentino-Chilenas de Genética. **JBAG 15(2) Supplement:121**. Huerta Grande, Córdoba.
- MARIOTTI, J.A. 1986 **Fundamentos de Genética. Aplicaciones al Mejoramiento Genético Vegetal**. Serie Biología, Monografía N°32. OEA, Washington DC.
- MERKER, A. 1971 Cytogenetic investigations in hexaploid triticales. I Meiosis, aneuploidy and fertility. **Hereditas 68**:283-291.
- MERKER, A. 1973 Cytogenetic investigations in hexaploid triticales. II Meiosis and fertility in F1 and F2. **Hereditas 73**:285-290.
- MORAES FERNANDES, M.I.B. de 1982 Estudo sa instabilidade meiótica em cultivares de trigo. **Pesq. Agropec. Brasileira, Brasilia, 17 (8):1177-1191**.
- MUNTZING, A. 1957 Cytogenetic studies in ryewheat. **Genetics 1957**:51-56.
- ODORIZZI, A., E. GRASSI, B. SZPINIAK y V. FERREIRA 2001 Identificación de cultivares de triticales forrajero mediante el uso de electroforesis en gel de poliacrilamida (PAGE)". **XII Congreso Brasileiro de sementes. ABRATES 11(2):234**. Curitiba, Paraná.
- OUJJEHIH, B. y A. BOUKABOUB 2002 Cahiers d'études et de recherches francophones / **Agricultures 9(6):519-23**.
- PACCAPELO H.A. y H.O LORDA 1988 Determinación de los efectos relativos directos e indirectos de los componentes del rendimiento de trigo. <http://www.agro.unlpam.edu.ar/publicaciones/vol0302.htm> Consultado 15/02/2005.
- PAGLIARICCI, H., A. OHANIAN, C. SAROFF, J. GARCÍA, B. PONSONE, T. PEREYRA y A. AMUCHÁTEGUI 1992 Sistema de producción de carne del centro-sur de la provincia de Córdoba. I. Productividad primaria y secundaria. **3ª J. CyT FAV UNRC. R-141**. Río Cuarto.
- REYNOSO, L., E. GRASSI, A. ODORIZZI, B. SZPINIAK y V. FERREIRA 2001 Producción de semilla en triticales forrajeros con riego suplementario en Río Cuarto, Córdoba. **V Congreso de Trigo / III Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño Invernal. Actas sin paginar Panel 23**. Carlos Paz, Córdoba.
- SAPRA, V. T.y E.G. HEYNE 1973 Meiosis and pollen viability in hexaploid triticales. **Crop Sci. 13**:301-302.
- SAURA, F. 1957 El índice meótico de trigos argentinos y su valor fitotécnico. **Rev. Fac. Agron. Vet. 14(1):76-84**.
- SCALDAFERRO, M., G. MAGNABOSCO, E. GRASSI, L. REYNOSO, B. SZPINIAK y V. FERREIRA 2001 Fertilidad y rendimiento en grano de líneas de ticepiro en Río Cuarto, Córdoba. **V Congreso de Trigo / III Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño Invernal. Actas sin paginar Panel 18**. Carlos Paz, Córdoba.
- SCALDAFERRO, M. 2002 **Citogenética y fertilidad en tricepiro (triticales x trigopiros)**. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Misiones.
- SCOLES, G.J. and P.J. KALTSIKES 1974 The cytology and cytogenetics of triticales. **Z. Pflanzenzüchtg 73**:13-43.

- SHAH A.J., N. SHAHANU y N.N. ANSARI 1987 Cytological investigations in hexaploid *Triticale*. **Wheat Service Information** N° 66.
<http://www.grs.nig.ac.jp/wheat/wis/No66/p1/1.html> Consultado 10/11/2004
- SISODIA, N.S., E.N. LARTER y W.J.R. BOYD 1970 Effect of planting date on the meiotic and reproductive behavior of hexaploid triticale (*Triticale* hexaploide Lart.) **Crop Sci.** 10:543-545.
- SOKAL, R.R. y F.J. ROHLF 1981 **Biometry. Principles and Practice of Statistics in Biological Research.** Second edition. W. H. Freeman and Company. San Francisco
- STEEL, R. y J. TORRIE 1988 **Bioestadística: Principios y Procedimientos.** 2^{da} Ed. McGraw-Hill, México.
- STOINOVA, J. and S. TSVETKOV 2004 Meiosis and productivity relationship in bulgarian winter barley lines. **Barley Genetics Newsletter** 34.
http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/bgn/34/js1_2.htm Consultado 9/11/2004.
- SZPINIAK de FERREIRA, B. 1983 Relación entre fertilidad e índice meiótico en ocho cultivares de triticale (*X Triticosecale* Wittmack). **Mendeliana** 6(1):43-52.
- SZPINIAK, B., E. GRASSI, M. SCALDAFERRO, y V. FERREIRA 1997 Relación entre fertilidad y micróspora sin micronúcleos en tricepiro. **XXVIII Congreso Argentino de Genética.** 153.
- TARKOWSKI, C. 1968 Aneuploidy disturbances in PMC meiosis and plant fertility in triticale Nakajima. **Genética Polonica** 9:87-95.
- TOMASO, J.C. 1978 Ensayos Regionales. **Bol. Técn. N° 21.** INTA Bordenave.
- TOMASO, J.C. 1985 Ensayos Regionales. **Inf. Téc. N° 45.** EEA INTA Bordenave.
- TORRES, L. y A. ORDOÑES 1997 Caracteres citológicos-agronómicos en triticales hexaploides (*Triticosecale* Wittmack). Análisis de las correlaciones. **XXVIII Congreso Argentino de Genética. R-53.** San Miguel de Tucumán.
- TSUCHIYA, T. 1973 Frequency of euploids in different seed size classes of hexaploids triticale. **Euphytica** 22:592-599.
- TSUCHIYA, T. and E.N. LARTER 1969 Chromosome stability in some hexaploid strains of triticale. **Crop Sci.** 9:235-236.

ANEXOS

Cuadro A: Resumen de los datos promedio por planta de: número de espigas, número de espiguillas, número de granos, índice de fertilidad, índice meiótico y número de micróspora por tétrada en triticale forrajero. Río Cuarto, años 2002 y 2003.

Cultivar	N°planta	NE	NEE	NGE	IF	IM	MxT	PPV
Cayú	1	1,50	13,50	20,00	1,47	0,76	0,73	
Cayú	2	1,75	19,33	19,00	1,05	0,68	0,60	
Cayú	3	1,50	15,00	22,00	1,56	0,81	0,38	
Cayú	4	3,00	20,20	25,60	1,25	0,76	0,73	
Cayú	5	3,00	19,00	22,00	1,12	0,92	0,18	
Cayú	6	1,50	14,00	28,00	2,00	0,68	0,60	66,82
Cayú	7	1,50	23,00	44,00	1,91	0,67	0,54	92,54
Cayú	8	2,00	17,50	25,50	1,29	0,92	0,18	98,41
Cayú	9	2,00	24,67	32,67	1,34	0,36	1,51	90,63
Cayú	10	3,50	20,75	25,50	1,20	0,17	2,31	
Genú	1	2,50	20,00	24,00	1,14	0,79	0,35	
Genú	2	4,00	18,43	26,14	1,41	0,72	0,73	
Genú	3	3,50	17,50	28,00	1,57	0,53	1,31	
Genú	4	5,00	22,83	26,50	1,12	0,49	1,29	
Genú	5	4,00	20,83	28,50	1,32	0,23	2,92	
Genú	6	2,00	21,00	43,67	2,40	0,79	0,35	84,73
Genú	7	2,50	20,67	31,67	1,58	0,53	1,31	93,64
Genú	8	3,50	18,40	31,00	1,64	0,23	2,92	95,14
Genú	9	2,50	21,50	32,50	1,52	0,77	0,45	86,56
Genú	10	1,50	25,50	52,50	2,07	0,49	1,12	92,07
Ñinca	1	3,00	19,50	23,50	1,18	0,50	1,50	
Ñinca	2	1,00	21,20	26,20	1,23	0,50	1,50	
Ñinca	3	4,50	21,60	26,20	1,18	0,35	1,61	
Ñinca	4	2,00	14,50	11,50	0,87	0,58	0,73	
Ñinca	5	4,00	20,50	24,17	1,18	0,51	1,01	
Ñinca	6	2,00	14,33	19,00	1,36	0,56	0,93	97,92
Ñinca	8	2,00	19,00	14,00	0,74	0,47	0,93	97,38
Ñinca	9	2,00	41,00	48,00	2,28	0,84	0,36	82,53
Ñinca	10	2,50	22,75	32,50	1,43	0,90	0,20	95,93
Quiñé	1	4,00	25,17	23,00	0,91	0,37	1,77	
Quiñé	2	1,50	24,00	38,50	1,60	0,73	0,65	
Quiñé	3	4,00	28,00	44,80	1,50	0,70	0,53	
Quiñé	4	2,00	26,50	49,50	1,86	0,45	1,02	
Quiñé	5	2,00	19,00	24,00	1,24	0,79	0,49	
Quiñé	6	5,00	20,00	37,14	1,82	0,37	1,77	94,31
Quiñé	7	1,00	26,00	52,00	2,00	0,45	1,02	96,19
Quiñé	8	3,00	18,50	32,50	1,79	0,79	0,49	97,93
Quiñé	9	3,00	21,40	38,80	1,78	0,63	0,60	74,92
Quiñé	10	2,50	21,00	28,00	1,32	0,52	1,13	
Tizné	1	2,50	20,00	20,00	1,00	0,66	0,75	
Tizné	2	2,50	14,00	10,00	0,71	0,70	0,65	
Tizné	3	1,50	26,00	30,50	1,17	0,39	1,08	
Tizné	4	1,50	20,50	42,00	2,04	0,69	0,55	

Tizné	5	2,50	25,00	36,00	1,45	0,80	0,32	
Tizné	6	2,00	15,67	26,00	1,77	0,66	0,75	71,93
Tizné	7	2,00	12,50	15,50	1,26	0,39	1,08	90,97
Tizné	8	1,50	6,00	3,00	0,50	0,69	0,55	96,34
Tizné	9	1,50	24,50	23,50	0,96	0,80	0,32	94,10
Tizné	10	2,00	24,50	37,00	1,52	0,84	0,31	87,34

NEE = número de espiguillas por espiga; NGE = número de granos por espiga;
 IF = índice de fertilidad (NGE/NEE); IM = índice meiótico: MxT = micronúcleos por
 tétradas; PPV = porcentaje de viabilidad del polen.

Análisis de la varianza para los caracteres considerados en 5 cultivares de triticales forrajeros, Río Cuarto, años 2002 y 2003.

Cuadro B: Análisis de la varianza del número de espiguillas por espiga.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	1003,96	18	55,78	2,68	0,0006	
Cultivar	222,3	4	55,57	1,23	0,3631 (N° de planta)	
Ambiente	21,27	1	21,27	0,47	0,5094 (N° de planta)	
Cultivar*Ambiente	354,62	4	88,66	1,97	0,1835 (N° de planta)	
Error experimental	405,77	9	45,09	2,17	0,0276	
Submuestreo	2953,32	142	20,8			
Total	3957,28	160				

Cuadro C: Análisis de la varianza número de granos por espiga.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	6041,17	18	335,62	2,42	0,0021	
Cultivar	2405,82	4	601,46	2,6	0,1073 (N° de planta)	
Ambiente	620,09	1	620,09	2,68	0,1357 (N° de planta)	
Cultivar*ambiente	936,44	4	234,11	1,01	0,4498 (N° de planta)	
Error experimental	2078,82	9	230,98	1,66	0,1029	
Submuestreo	19703,93	142	138,76			
Total	25745,11	160				

Cuadro D: Análisis de la varianza índice de fertilidad.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	9,77	18	0,54	2,85	0,0003	
Cultivar	2,28	4	0,57	1,36	0,3221 (N° de planta)	
Ambiente	2,61	1	2,61	6,21	0,0343 (N° de planta)	
Cultivar*ambiente	1,11	4	0,28	0,66	0,6356 (N° de planta)	
Error experimental	3,78	9	0,42	2,2	0,0252	
Submuestreo	27,07	142	0,19			
Total	36,85	160				

Cuadro E: Análisis de la varianza porcentaje de viabilidad del polen para el año 2003.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor (Error)
Modelo	752.37	8.00	95.05	1.37	0.2950
Cultivar	101.94	4.00	25.49	0.16	0.9499 (Planta)
Planta	650.42	4.00	162.61	2.37	0.1067
Error	892.84	13.00	68.68		
Total	1645.21	21.00			

Cuadro F: Análisis de la varianza índice meiótico.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.23	9	0.03	0.66	0.7428
Cultivar	0.15	4	0.04	0.95	0.4463
Ambiente	0.01	1	0.01	0.25	0.6199
Ambiente*Cultivar	0.1	4	0.03	0.66	0.6225
Error	1.53	39	0.04		
Total	1.76	48			

Cuadro G: Análisis de la varianza micronúcleos por tétrada.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.03	9	0.34	0.81	0.6115
Cultivar	2.48	4	0.62	1.49	0.2239
Ambiente	0.04	1	0.04	0.1	0.7480
Ambiente*Cultivar	0.68	4	0.17	0.41	0.8024
Error	16.23	39	0.42		
Total	19.25	48			

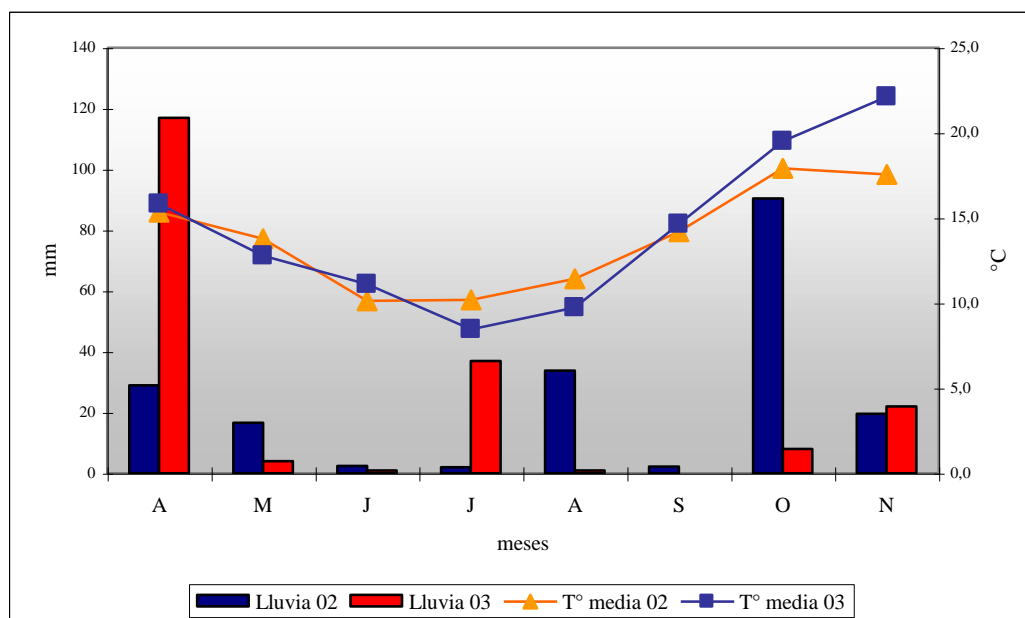


Figura H: Precipitaciones medias mensuales para el período Abril a Noviembre de los años 2002 y 2003 en Río Coarto. Fuente: Cátedra de Agrometeorología y Climatología Agrícola, FAV-UNRC