

RENDIMIENTO DE GRANO Y FORRAJE DE LÍNEAS DE TRITICALE Y CENTENO EN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

FORAGE AND GRAIN YIELD OF TRITICALE AND RYE LINES AT BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Bernardo Murillo Amador^{1*}, Arturo Escobar H.², Homero Fraga Mancillas² y Roberto Pargas Lara²

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Mar Bermejo No. 195 Col. Playa Palo de Santa Rita, 23000 La Paz, B.C.S. Tel. 01 (612) 125-3633 ext. 3440. Fax. 01 (612) 125-5343. Correo electrónico: bmurillo@cibnor.mx. ² Universidad Autónoma de Baja California Sur. Apdo. Postal 19-B. 23080 La Paz, B.C.S. Tel. y Fax. 01 (612) 128-0802. La Paz, B.C.S., México

* Autor responsable

RESUMEN

En La Paz, Baja California Sur, en el ciclo 1991/1992 se evaluaron tres grupos de líneas de triticale (*X Triticosecale Wittmack*) y uno de centeno (*Secale cereale*), con el objeto de seleccionar líneas con potencial forrajero y de grano que se adapten a las condiciones ambientales de esta zona árida e identificar nuevas fuentes de variabilidad genética para el programa de investigación local. El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Se incluyeron 160, 45, 205 y 46 líneas de triticales de primavera, triticales de invierno, triticales facultativos y centenos, respectivamente. Del grupo de triticale de primavera se seleccionaron 22 líneas para forraje y 53 líneas para grano, con rendimientos superiores a 31 y 4.0 t ha⁻¹ de forraje y grano, respectivamente. De los triticales de invierno se seleccionaron 34 líneas para forraje y 4 líneas para grano con rendimientos superiores a 31 y 3.0 t ha⁻¹ de forraje y grano. De los triticales facultativos se seleccionaron 83 líneas para forraje y 18 líneas para grano con rendimientos superiores a 31 y 4.0 t ha⁻¹ de forraje y grano. De los centenos se seleccionaron 13 líneas para forraje y 3 líneas para grano con rendimientos superiores a 31 y 1.5 t ha⁻¹ de forraje y grano.

Palabras clave: *X. Triticosecale* Wittmack, *Secale cereale*, producción de grano y forraje.

SUMMARY

At La Paz, Baja California Sur, México three groups of triticale lines (*X. Triticosecale* Wittmack) and one group of rye lines (*Secale cereale*), were evaluated during the 1991-1992 cycle, in order to select lines with forage and grain yield potential, and to identify new sources of genetic variability for the local research program. The experimental design was a randomized block with three replications. Entries included were 160, 45, 205, and 46 lines of spring triticale, winter triticale, facultative triticale, and rye, respectively. Selections from spring triticale, include 22 lines for forage and 53 for grain with yields above 31 and 4.0 t ha⁻¹ of forage and grain while. From winter triticales 34 lines for forage and 4 lines for grain with yields above 31 and 3.0 t ha⁻¹ of forage and grain. From facultative triticale, 83 lines for forage and 18 lines for grain with yields above 31 and 4.0 t ha⁻¹ of forage and grain were selected. From winter rye 13 lines for forage and 3 for grain with yields above 31 and 1.5 t ha⁻¹ of forage and grain were selected.

Index Words: *X. Triticosecale* Wittmack, *Secale cereale*, grain and forage production.

INTRODUCCIÓN

Los cereales forrajeros de invierno [trigo (*Triticum aestivum* L.), centeno (*Secale cereale*), avena (*Avena sativa* L.), triticale (*X Triticosecale Wittmack*)] tienen la característica de producir alimento concentrado en un periodo corto de tiempo, con alto contenido de proteínas e hidratos de carbono solubles y bajo contenido de fibra que es poco lignificada (Bernardon, 1978). Se ha demostrado que triticale tiene un potencial de forraje y contenido proteico superior al de la avena, y rendimientos de ensilaje y forraje más altos que los de trigo, centeno, avena y cebada (*Hordeum vulgare* L.) (Varughese *et al.*, 1987; Huebner, 2000). En triticale, rendimiento y calidad de forraje son más prometedores que la producción de grano (Ward *et al.*, 1994). Asimismo, el triticale presenta mayor tolerancia a factores adversos como sequía, enfermedades foliares, suelos pobres, etc., por lo que presenta mayor rendimiento que otros cereales de grano pequeño, por lo que se le considera una alternativa de producción para áreas de temporal (Rodríguez y Moreno, 1994).

De los cereales, el centeno es considerado como el de mayor adaptación a un rango amplio de condiciones de suelo y tolerancia al frío (Evans y Scoles, 1976; Morey y Barnett, 1980; Stoskopf, 1985), dando como resultado que pueda cultivarse en diversos ambientes (Francois *et al.*, 1989), como las zonas áridas del Estado de Baja California Sur y otros estados de la República Mexicana, que además presentan problemas de salinidad del suelo y del agua.

La ganadería en Baja California Sur, es una actividad tradicional a pesar de soportar problemas como la falta de forraje en algunas épocas del año, mismo que se sustituye

con esquilmos de los cultivos tradicionales trigo, maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), garbanzo (*Cicer arietinum* L.) (Anguiano y Geraldo, 1988). Dada las condiciones climáticas de este Estado, es frecuente que tanto en invierno como en primavera haga falta forraje verde de buena calidad y el déficit se encuentra muy relacionado con la escasez de lluvia o de agua de riego.

Según trabajos anteriores realizados en Baja California Sur (Anguiano y Geraldo, 1988) con triticale, usando variedades como Tigre, Sika, Whale, Alamos, Caborca y SD-81 su media de rendimiento de grano de 1.5 t ha⁻¹. En otros trabajos donde se ha comparado con otras especies el triticale produjo 40 % más rendimiento de grano que cebada y avena, y 15% más rendimiento que trigo; también en la acumulación de materia seca de la parte aérea y en el índice de área foliar el triticale superó a la cebada y avena (López, 1994). En Baja California Sur la mejor fecha de siembra es el-15 de noviembre, fecha en la cual la variedad Eronga 83 rindió en promedio 20 t ha⁻¹ de forraje verde con cinco cortes (Geraldo, 1988). En otros sitios del noroeste mexicano se ha encontrado que el máximo rendimiento de grano de triticale ha sido cercano a 9.7 t ha⁻¹ en condiciones óptimas de producción, para usarse como alimento para animales, incluyendo aves de corral, monogástricos y rumiantes, ya que sirve como un sustituto de otros cereales y como sustituto parcial de fuente de proteínas, como las de la soya (Varughese *et al.*, 1997).

Por sus características de tolerancia a la sequía, el triticale tiene un valor especial en aquellas áreas donde el agua empieza a ser un factor restrictivo o los costos son demasiado altos para producir alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Resource Seeds Inc., 1996), como ocurre en el Estado de Baja California Sur. No se reportan datos de trabajos realizados con centeno en el Estado; sin embargo, en otras regiones se han registrado rendimientos de grano hasta de 4.0 t ha⁻¹, y puede ser cultivado en condiciones climáticas marginales (Rataj *et al.*, 1998). Por sus características, esta especie puede ser un cultivo alternativo para el estado y para la región noroeste de México. Los objetivos de la presente investigación fueron, evaluar y seleccionar líneas de triticale y centeno por su potencial forrajero y rendimiento de grano e identificar nuevas fuentes de variabilidad genética para el programa de investigación local.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio de evaluación de líneas

La actividad de campo del presente estudio se realizó en la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), ubicada en las coordenadas geográficas 24°05' LN y 110°20' LW, a una altitud de 12 msnm. La textura

de los suelos es predominantemente migajón-arenosa. La Comisión Nacional del Agua (1996) reporta para La Paz B.C.S. que la precipitación media anual es de 200 mm, con distribución irregular a lo largo del año, temperatura media de 32 °C con máximas superiores a 40 °C en julio, agosto y septiembre, y mínimas de 16 °C; las aguas para riego son de mala calidad debido a concentraciones promedio de 3000 mg L⁻¹ de sólidos disueltos totales.

Material genético evaluado. Se evaluaron 160 líneas de un grupo de cruza de triticales de primavera, 45 líneas de triticales de invierno, 205 líneas de triticales facultativos, y 46 líneas de centenos de invierno, las cuales fueron proporcionadas por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT 1984-1986, 1992, 1993a,b, 1994) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de grupos de líneas de triticale y centeno evaluados en La Paz, B.C.S., ciclo 1991-1992.

Grupos de materiales	Número de entradas	Características (CIMMYT, 1991-1992)
Triticales de primavera	160	Son materiales de doble propósito (forraje y grano). Los más tardíos pueden ser buenos para corte de forraje en épocas de escasez y pueden utilizarse como heno o para ensilar. Los materiales altos son superiores a 1 m, mientras que los de altura corta no son inferiores a 0.75 m. Son insensibles al fotoperíodo. Son más precoces que el resto de los materiales. Algunas líneas presentan resistencia a sequía. No presentan problemas de enfermedades.
Triticales facultativos	205	Son materiales de doble propósito (forraje y grano). Son más precoces que los triticales de invierno y que las líneas de centeno. Algunas líneas son resistentes a sequía. No presentan problemas de enfermedades. Son materiales con alturas menores a 1 m. Son materiales insensibles al fotoperíodo. Algunas líneas presentan escasa actividad de la alfa-amilasa.
Triticales de invierno	45	Son materiales con mayor potencial forrajero, en los que se puede realizar múltiples cortes de forraje, porque presentan buena capacidad de rebrote. Soportan el pastoreo intensivo. Son insensibles al fotoperíodo, de altura corta. No presentan problemas de enfermedades. Son más tardíos que el resto de materiales de triticale evaluados.
Centenos	46	Son materiales con potencial forrajero, en los que se puede realizar varios cortes de forraje y pastoreos intensivos, pues tienen buena capacidad de rebrote. Son materiales tardíos. Poseen mayor resistencia a salinidad que los materiales de triticale evaluados. La mayoría de las líneas presentan alturas superiores a 1 m. Algunas líneas presentan alta tolerancia a suelos ácidos.

Manejo agronómico. La fecha de siembra fue el día 3 de diciembre de 1991. El suelo se preparó con barbecho, rastreo y nivelación. La siembra se hizo en suelo seco, a doble hilera con separación de 20 cm entre hilera, depositando manualmente la semilla en la parte superior del surco, a una profundidad de 4 cm; la densidad de siembra fue de 120 kg de semilla ha⁻¹. Se dieron seis riegos de auxilio, uno a la siembra y los cinco restantes se distribuyeron en las etapas fenológicas de amacollamiento y encañe, hoja bandera, embuche, espigamiento y floración. Se utilizó agua de riego considerada de mala calidad para los cultivos (Murillo-Amador, 1992). La fertilización fue con 120 kg de N ha⁻¹, utilizando urea (46 %) como fuente de nitrógeno y aplicando todo el fertilizante al momento de la siembra. Para mantener el cultivo libre de malezas, se hicieron deshierbes manuales; en lo que respecta a control de plagas y enfermedades no se presentaron daños significativos por lo cual no se realizó control alguno.

Variables cuantificadas

Rendimiento de forraje. Se realizó un corte de forraje para cada una de las líneas en los cuatro ensayos, en la etapa fenológica de "embuche", a los 62, 84, 115 y 115 días después de la siembra en promedio, para el grupo de cruza de triticales de primavera, triticales facultativos, centenos y triticales de invierno, respectivamente. Esta labor se hizo manualmente, utilizando para ello una rozadera; el corte de la planta se hizo aproximadamente a 5 cm de la superficie del suelo. El material cortado se pesó en una báscula convencional tipo reloj y se calculó el rendimiento (t ha⁻¹).

Altura de planta a cosecha. Esta variable se registró en centímetros antes de la cosecha de grano, mediante una regla graduada, desde el suelo hasta el ápice de la planta.

Rendimiento de grano. Se registró cuando las plantas llegaron a su madurez fisiológica, a los 115, 145, 165 y 177 días después de la siembra, en promedio para el grupo de cruza de triticales de primavera, triticales facultativos, triticales de invierno y centenos, respectivamente. El corte se hizo en pequeños manojos con una rozadera, para posteriormente trillarse, utilizando una máquina pequeña (tipo Pullman); el grano se colocó en bolsas de papel, se pesó y se calculó el rendimiento (t ha⁻¹) a 0 % de humedad.

Fenología. Para cada una de las líneas en cada grupo de materiales, se registraron las etapas fenológicas de días a emergencia, días a hoja bandera, días a espigamiento, días a floración y días a madurez fisiológica.

Diseño experimental

Cada ensayo se estableció por separado en parcelas preliminares de rendimiento, bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El tamaño de la parcela fue de 4.0 m² formada por tres surcos de 5 m de largo y 0.80 m de ancho. Para registrar el rendimiento de forraje el área seleccionada fue de 0.2 m², mientras que para rendimiento de grano fue de 3.2 m². Se iniciaron análisis de varianza y comparaciones de medias (Duncan, 0.05).

RESULTADOS

Rendimiento de forraje

Se detectaron diferencias significativas para esta variable en los triticales y centenos, lo que indica una alta variabilidad genética entre las líneas evaluadas. Debido a la cantidad de líneas evaluadas, esta variable se dividió en cuatro subgrupos de acuerdo a su intervalo de rendimiento, que fueron cualitativamente calificados como bajo (de 5 a 10 t ha⁻¹), bajo-medio (11 a 20 t ha⁻¹), medio (21 a 30 t ha⁻¹), y alto rendimiento (más de 31 t ha⁻¹). Aquí se presentan sólo las líneas seleccionadas por su alto rendimiento en cada grupo de materiales.

Triticales de primavera. El valor promedio de rendimiento de forraje verde fue de 22.7 t ha⁻¹. La línea de mayor rendimiento fue la 546 con 50.0 t ha⁻¹ (Cuadro 2). Esta línea de triticales mexicano, producto de la cruza GC.3/733.EB//MPE/3/LAMB-3/4/BUF-2, con la selección histórica CTM86M.2332-5Y-2B-1Y-3B-3RES-0B-1Y-0PAP, está considerada como una línea avanzada y promisoría. Las líneas de menor rendimiento fueron la 651 y la 626 con 8.7 y 7.5 t ha⁻¹, respectivamente; estas dos líneas, así como algunas cruza y la selección histórica de algunas líneas del grupo de triticales de primavera, fueron designadas como líneas avanzadas por el CIMMYT, pero en este estudio no presentaron los mayores rendimientos. Del grupo de materiales se seleccionaron 22 líneas con rendimientos superiores a 31 t ha⁻¹ (Cuadro 2). Dentro de estas líneas seleccionadas, se encuentran la 539, 540, 543, 548 y 549, las cuales en su base genética presentan los caracteres que poseen los triticales sustituidos (Fox *et al.*, 1990) y además, están consideradas por el CIMMYT como líneas avanzadas.

Triticales de invierno. En este conjunto de materiales, el rendimiento promedio de forraje verde fue de 35.0 t ha⁻¹. La línea que presentó el valor máximo fue la línea 1 con 52.5 t ha⁻¹, y es producto de la cruza RES-2700 FORAGE MATINTIN. La línea 45, producto de la cruza RES-10100 FORAGE MATINTIN, también se ubicó como

Cuadro 2. Rendimiento de forraje, promedio general, desviación estándar y número de líneas seleccionadas de grupos de triticale y centeno evaluados en La Paz, B.C.S., ciclo 1991/1992.

Grupos de material genético	Número de líneas seleccionadas	Rendimiento de forraje (t ha ⁻¹)	Promedio general (t ha ⁻¹)	Desviación estándar
Triticales de primavera				
510, 513, 516, 517, 519, 533, 539, 540, 543, 544, 546, 548, 549, 552, 580, 607, 632, 633, 635, 636, 640, 642	22	> 31	22.7	± 7.5
Triticales de invierno				
1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 44, 45	34	> 31	35.0	± 7.0
Triticales facultativos				
8, 12, 13, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 33, 34, 37, 41, 43, 45, 48, 54, 56, 60, 61, 63, 65, 66, 68, 69, 70, 72, 78, 81, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 97, 98, 100, 102, 103, 104, 113, 114, 115, 117, 119, 120, 123, 139, 140, 141, 142, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 166, 167, 168, 170, 172, 173, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 204, 205	83	> 31	29.6	± 6.1
Centenos				
1, 3, 4, 5, 11, 13, 19, 19, 25, 28, 33, 43, 44	13	> 61	28.8	± 5.8

una de las más rendidoras y presenta caracteres similares a la línea 1. De 45 líneas, se seleccionaron 34 con rendimientos superiores a 31 t ha⁻¹ (Cuadro 2), la mayoría de las cuales no presentan caracteres agronómicos similares a las más rendidoras.

Triticales facultativos. El valor promedio para este grupo fue de 29.6 t ha⁻¹ de forraje verde. La línea 84 presentó el valor máximo (46.2 t ha⁻¹), su base genética corresponde a YOGUI'S"/TATU 1 CTY87-69-4MI-1BI-5PAP-OY TCLFACIN-35584, correspondiente a una cruce que se seleccionó en el Valle del Yaqui, sitio que presenta condiciones ambientales muy parecidas al Valle de La Paz, B.C.S.. También es clasificada como línea avanzada por el CIMMYT, con alta capacidad adaptativa y cierta estabilidad a los diversos ambientes. Otras líneas con base genética similar a la 84, son la 81, 83, 85, 86, 88, 89, 90 y 91, que se encuentran dentro de las líneas seleccionadas por su alto rendimiento de forraje. De 205 líneas, se seleccionaron 83 líneas con rendimientos superiores a 31 t ha⁻¹ (Cuadro 2).

Centenos de invierno. El valor promedio del grupo fue de 28.8 t ha⁻¹ de forraje verde. De este grupo se seleccionaron a 13 líneas de un total de 46, por haber presentado rendimientos superiores a 31 t ha⁻¹ (Cuadro 2). La línea de máximo rendimiento fue la 5 con 45.0 t ha⁻¹, cuya base genética es S.CEREALE TK78.413-32836-71-1M-0M. Las líneas 3 y 4, con similar base genética, también fueron seleccionadas por su alto rendimiento de forraje.

Rendimiento de grano

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para esta variable en todos los grupos de materiales de triticale y centeno evaluados, lo que indica variabilidad genotípica en el potencial de rendimiento de grano entre las líneas evaluadas. Debido a la variabilidad entre líneas, éstas se clasificaron en cuatro subgrupos, de acuerdo a su intervalo de rendimiento: bajo (0.1 a 2.9 t ha⁻¹), bajo-medio (3.0 a 3.9 t ha⁻¹), medio (4.0 a 4.9 t ha⁻¹), y alto rendimiento (más de 5.0 t ha⁻¹).

Triticales de primavera. El valor promedio de rendimiento de grano fue de 3.7 t ha⁻¹. La línea con mayor rendimiento fue la 545 con 5.8 t ha⁻¹, cuya base genética es FOCA-2-1, CIT3387-1B-1Y-1B-3Y-2M-1Y-1M-4RES-0B-2Y-0PAP. La línea de menor rendimiento fue la 656 con 1.43 t ha⁻¹. En este grupo, 44 líneas presentaron rendimientos entre 4.0 a 4.9 t ha⁻¹ y nueve líneas presentaron rendimientos superiores a 5.0 t ha⁻¹. En total se seleccionaron 53 líneas con rendimientos superiores a 4.0 t ha⁻¹ (Cuadro 3); en ellas se encuentran las líneas 93, 97, 104, 511, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 548, 549 y 589 que presentan caracteres de triticales sustituidos, asociados con una mayor longitud de espiga y un mayor incremento en el número de granos por espiga (Fox *et al.*, 1990).

Triticales de invierno. El rendimiento promedio de grano fue de 1.9 t ha⁻¹. Este grupo no presentó líneas con rendimiento superior a 5.0 t ha⁻¹; las líneas 34, 36, 39 y 40, fueron seleccionadas, por haber presentado los valores máximos (3.0, 3.0, 3.1, 3.1 t ha⁻¹, respectivamente). La

Cuadro 3. Rendimiento de grano, promedio general, desviación estándar y número de líneas seleccionadas de triticale y centeno evaluadas en La Paz, B.C.S., ciclo 1991/1992.

Grupos de material genético	Número de líneas seleccionadas	Rendimiento de forraje (t ha ⁻¹)	Promedio general (t ha ⁻¹)	Desviación estándar
<i>Triticale de primavera</i>				
511, 513, 516, 518, 519, 520, 524, 526, 527, 533, 534, 535, 536, 538, 540, 544, 546, 547, 549, 550, 551, 552, 554, 555, 556, 558, 566, 568, 579, 585, 587, 589, 597, 603, 606, 607, 610, 623, 631, 632, 634, 635, 642, 643	53	>4.0	3.7	±0.7
las siguientes líneas presentaron rendimientos superiores a 5.0 t ha ⁻¹				
537, 539, 541, 542, 543, 545, 548, 557, 560				
<i>Triticale de invierno</i>				
34, 36, 39, 40	4	>3.0	1.9	±0.6
<i>Triticales facultativos</i>				
93, 104, 125, 126, 144, 145, 186, 188, 189, 191, 196, 197, 199, 201, 202	18	>4.0	2.9	±0.9
Las siguientes líneas presentaron rendimientos superiores a 5.0 t ha ⁻¹ : 36, 37, 97				
<i>Centeno</i>				
4, 11, 40	3	>1.5	1.0	±0.3

línea 34 presenta los caracteres LT1071.82, con la selección histórica -0MI-0MI-1YI-5Y-0WM de un vivero de triticale de invierno CBINVTCL; la línea 36 presenta similares caracteres a la 34. La línea 39 presenta los caracteres MAH 10434.87-2WM CBINVTCL, mientras que la línea 40 presenta caracteres similares a la línea 39.

Triticales facultativos. El promedio de rendimiento de grano fue de 2.9 t ha⁻¹ (Cuadro 3). En este grupo, 15 líneas presentaron rendimientos entre 4.0 y 4.9 t ha⁻¹, y sólo tres líneas rindieron más de 5.0 t ha⁻¹, destacando la línea 37 con 7.0 t ha⁻¹. Su base genética, SIKa 26/3/MERINO"S"/JLO170//TESMO2 CTY88.120-8BI-2PAP-OYTCLFACIN-35537. La línea 36 (SIKA 26/3/MERINO"S"/JLO 170//TESMO 2 CTY88.120-8BI-1PAP-OY TCLFACIN-35536), con base genética similar a la línea 37, se ubicó dentro de las tres mejores, con rendimiento superior a 5.0 t ha⁻¹. La línea línea 10 presentó el valor mínimo (0.8 t ha⁻¹). De este grupo de materiales se seleccionaron 18 líneas con rendimientos superiores a 4.0 t ha⁻¹.

Centenos de invierno. La media general fue de 1.0 t ha⁻¹ de grano. Se seleccionaron tres líneas (Cuadro 3), con rendimiento superior a 1.5 t ha⁻¹ de grano. La más rendidora fue la línea 40 con 1.8 t ha⁻¹ cuya base genética es CENT.FGP.21-0M; la menos rendidora fue la línea 33 con 0.09 t ha⁻¹.

Altura de planta

En esta variable se detectaron diferencias significativas en todos los grupos de materiales de triticale y centeno evaluados, indicando así una alta variabilidad genotípica en esta característica.

Triticales de primavera. El promedio de altura de planta a la madurez del grano en este grupo de materiales fue de 95.34 cm, y la línea con mayor altura fue la 571 con 120 cm, mientras que las líneas de menor altura fueron la 645 y 622 con 75 cm.

Triticales de invierno. La altura promedio de planta a la cosecha en este grupo fue de 62.80 cm. La línea con mayor altura promedio fue la número 45 con 90 cm, mientras que la línea 10 fue la de menor altura con 47 cm.

Triticales facultativos. La altura promedio a cosecha en este grupo de materiales fue de 80.60 cm, donde la línea 197 fue la de mayor altura con 102 cm, y la línea 135 fue la de menor altura con 62 cm.

Centenos de invierno. El promedio de altura de planta que presentó este grupo de materiales fue de 101.93 cm. La línea con mayor altura fue la 7 con 120 cm, y las líneas de menor altura promedio fueron 19, 31, 1, 3, 20, 29 y 34, con 90 cm.

Fenología

Triticales de primavera. En las etapas fenológicas de emergencia, amacollamiento y encañe no hubo diferencias entre las líneas evaluadas, ya que en todas las líneas esos eventos ocurrieron a los 4, 29 y 45 días posteriores a la siembra. En las etapas de hoja bandera, embuche, espigamiento, floración y madurez fisiológica, sí hubo diferencias significativas entre líneas, cuyos promedios generales fueron de 55, 62, 68, 75 y 115 días posteriores a la siembra, respectivamente. La línea más precoz fue la número 518, con 106 días a madurez fisiológica, y la más tardía fue la 546 con 125 días.

Triticales de invierno. En las etapas de emergencia, amacollamiento y encañe no hubo diferencias entre las líneas, ya que todas presentaron 4, 47 y 56 días posteriores a la siembra, respectivamente. Sólo hubo diferencias significativas entre líneas en las etapas de hoja bandera, embuche, espigamiento, floración y madurez fisiológica, cuyos promedios fueron de 95, 115, 123, 128 y 165 días posteriores a la siembra, respectivamente. La línea más precoz fue la 3, con 150 días a madurez fisiológica, y las líneas más tardías fueron la 10, 17, 20 y 40 con 175 días.

Triticales facultativos. Al igual que el resto de materiales de triticales, en las etapas de emergencia, amacollamiento y encañe no se presentaron diferencias entre las líneas y sus valores fueron 6, 22 y 41 días posteriores a la siembra, respectivamente. Hubo diferencias significativas entre líneas en las etapas de hoja bandera, embuche, espigamiento, floración y madurez fisiológica, con promedios de 78, 84, 93, 99 y 145 días posteriores a la siembra, respectivamente. Las líneas más precoces fueron la 2 y 3, con 127 días a madurez fisiológica, y la más tardía fue la 132 con 155 días.

Centenos de invierno. En este grupo de materiales, al igual que en los materiales de triticales, en las tres primeras etapas no se presentaron diferencias entre las líneas, ya que mostraron 4, 48 y 65 días posteriores a la siembra, en la emergencia, amacollamiento y encañe, respectivamente. Se detectaron diferencias estadísticas significativas entre las líneas en las etapas de hoja bandera, embuche, espigamiento, floración y madurez fisiológica, con promedios de 105, 115, 125, 131 y 177 días posteriores a la siembra, respectivamente. La línea de centeno más precoz fue la 22, con 95 días a madurez fisiológica, y las líneas más tardías fueron la 39, 40 y 41, con 188 días.

DISCUSIÓN

El grupo de triticales facultativos presentó el mayor número de líneas seleccionadas (83 líneas) con rendimiento

de forraje verde superior a 31 t ha⁻¹. El menor número de líneas de rendimiento alto (más de 1.5 t ha⁻¹) lo presentó el grupo de centenos (Cuadro 3). Estos resultados coinciden con Autrique y Pfeiffer (1994), quienes mencionan que el triticales es superior en la producción de biomasa a otros cereales como centeno, avena y cebada.

López (1994) también menciona que la producción de materia seca de la parte aérea en triticales es mayor que la de trigo y cebada, y que en índice de área foliar, el triticales es mayor que cebada y avena. En centeno, LeMahieu y Brinkman (1990) probaron un sistema de siembra de doble cultivo (soya con trigo, centeno, avena y cebada) y encontraron que el trigo de invierno presentó los rendimientos más altos, el centeno de invierno y avena presentaron rendimientos intermedios, y los menores rendimientos los presentó la cebada. Según Bruckner y Raymer (1990), en producción de forraje el centeno fue la especie mejor adaptada a un alto estrés mientras que trigo fue la especie mejor adaptada a un bajo estrés con ambientes para altos rendimientos.

En el presente estudio, algunos materiales seleccionados por su alto rendimiento en forraje también fueron seleccionados por su alto rendimiento de grano. Así, en los triticales de primavera, 16 líneas (10 % del total) fueron seleccionadas para ambos propósitos, siete líneas fueron seleccionadas para forraje, con una base genética similar a la de algunas líneas seleccionadas por su alto rendimiento de grano. La línea 651 se ubicó dentro de las líneas que presentaron los más bajos rendimientos de forraje y grano, aunque posee una base genética LECHON/PRL//WOLF, CTM25334-0M-0Y-0M-7Y-2B-0RES, considerada con caracteres que le confieren el grado de línea avanzada y promisoria. El porcentaje de líneas seleccionadas para ambos propósitos fue bajo. Pero debe considerarse que la selección de líneas se hizo por mayor rendimiento de forraje eligiendo sólo aquellas líneas superiores a 31 t ha⁻¹ de forraje verde. Sólo 13.7 % del total de líneas se seleccionó por rendimiento de forraje, mientras que 33.1 % del se seleccionaron por rendimiento de grano.

Para las líneas de triticales de invierno, consideradas con mayor potencial forrajero, sólo dos líneas presentaron potencial para ambos propósitos (forraje y grano), pero 75.5 % del total de líneas fueron seleccionadas como rendidoras de forraje; sólo 8.8 % (4 líneas) resultaron seleccionadas por su rendimiento de grano, dos de las cuales la 39 y 40 se ubicaron en el grupo de bajo rendimiento de forraje. Esto corrobora que los triticales de invierno poseen mayor potencial forrajero y adaptación a las condiciones ambientales en que fueron evaluados. En los triticales facultativos, el mayor porcentaje de líneas seleccionadas fue por rendimiento de forraje (40.4 %) y sólo 8.7 % por rendimiento

de grano. Aunque estos materiales están considerados como de doble propósito, sólo 4.8 % (10 líneas) fueron seleccionados para tal fin, de las cuales, siete líneas provienen de los mismos progenitores (NIMIR 1/GNU1CTM86-414-2MI-1MI-1BI-2PAP-OYTCLFACIN-35686 y DLF/SPHD(PFT80380)// CIVET#2CTM-23327-2M-1MI-3MI-1BI-1PAP-OY TCLFACIN-35696). Un grupo de líneas seleccionadas por su rendimiento de forraje, presenta caracteres genéticos similares a otras líneas seleccionadas (ANOAS 5/3/DLF99//CIN"S"/BGL"S" CTM86-118-11MI-2MI-5BI-1PAP-OY TCLFACIN-35620); no obstante, la línea 23 que también posee características genéticas de línea avanzada y promisorias, resultó de bajo rendimiento de grano y forraje.

Con respecto a las líneas de centeno, el mayor porcentaje de líneas seleccionadas fue para rendimiento de forraje (28.2 %) como se esperaba, mientras que sólo 6.5 % se seleccionaron para grano, sólo 4.3 % mostraron potencial con ambos propósitos. Las líneas 1, 19 y 33, seleccionadas por alto rendimiento de forraje mostraron el menor rendimiento de grano. Nótese que los centenos presentaron los rendimientos de grano más bajos, respecto a los triticales, corroborando así que los caracteres genéticos de la mayoría de las líneas de centeno son para la producción de forraje.

En cuanto a la precocidad, todas las líneas evaluadas fueron iguales en las tres primeras etapas fenológicas (emergencia, amacollamiento y encañe), pero hubo diferencias estadísticas entre líneas a partir de la etapa de hoja bandera. Los triticales de primavera resultaron los más precoces, con 115 días a la madurez fisiológica, seguidos por los triticales facultativos, triticales de invierno y finalmente los centenos, con 145, 165 y 177 días a madurez fisiológica, respectivamente.

De acuerdo con lo anterior, se postularán como variedades a las líneas de doble propósito seleccionadas de los triticales de invierno, debido a su alto potencial para rendimiento de grano y forraje; asimismo, se considerarán las 16 líneas de doble propósito de triticales de primavera y el resto de líneas seleccionadas por rendimiento de grano, ya que fueron los materiales más precoces, que son los más convenientes para las condiciones climáticas del Estado de Baja California Sur, donde la temporada calurosa inicia más pronto que en otros estados de la República Mexicana. Con respecto a los triticales facultativos y los centenos, se mantendrán en estudio las 10 líneas de doble propósito y los materiales seleccionados para forraje, ya que su producción de grano no es lo suficientemente rentable bajo estas condiciones, y estos materiales resultaron ser más tardíos.

Tanto las líneas de triticales como las de centeno seleccionadas se consideran una buena alternativa y son promisorias para la producción de forraje con un intervalo de rendimiento de 45 a 52.5 t ha⁻¹, pues superan a las variedades comerciales, como son Whale S-81, Tigre, Sika, Alamos, Caborca y SD-81 que apenas rinden 19 t ha⁻¹ de forraje verde (Anguiano y Geraldo, 1988), y como Eronga 83 que rinde en promedio 20 t ha⁻¹ de forraje verde (Geraldo, 1988). Las líneas de triticales más rendidoras en grano en el presente trabajo, también superan a otros materiales de triticales evaluados en otras regiones en condiciones de temporal o secano (Cuéllar, 1996; Cuéllar *et al.*, 1998), como la línea experimental MZA*CML 202/IGA que produjo 1332 kg ha⁻¹; sin embargo, en áreas de valles altos con precipitaciones mayores a 500 mm, los triticales rinden en promedio 3.6 t ha⁻¹ de grano con rendimiento máximo hasta de 5.3 t ha⁻¹ (González, 1996).

En áreas de secano o temporaleras como Toluca-Atzacomulco y con genotipos de triticales liberados por el CIMMYT, se han obtenido rendimientos máximos de grano hasta de 7.66 t ha⁻¹ (genotipo Dagro/Ibex//Civet#2) y de 4.66 t ha⁻¹ en la variedad de triticales denominada Eronga (Estrada *et al.*, 1998). Con respecto a centeno, Harmati (1990) menciona que es un cultivo alternativo para sembrarse en suelos pobres con un régimen bajo de humedad, ya que es una especie tolerante a la sequía, tolerante al monocultivo y tiene requerimientos bajos de fertilizante. Aunque algunos estudios han encontrado que el rendimiento de grano en centeno es superior a triticales y trigo, con 3.9 t ha⁻¹ para centeno y 3.4 t ha⁻¹ para triticales (Baniunienne, 1999), en el presente estudio los rendimientos mayores de grano en las líneas de centeno no superaron en rendimiento a los materiales superiores de triticales.

La altura de planta fue uno de los problemas que tuvo el triticales en sus inicios, ya que las plantas eran demasiado altas, de madurez tardía (Varughese *et al.*, 1987), sensibles al fotoperíodo y parcialmente estériles, con una tendencia a producir semillas arrugadas; por ello, es conveniente considerar plantas con altura intermedia y baja. No obstante, los adelantos en el mejoramiento del triticales han sido significativos y han resuelto en gran medida los problemas relacionados con el acame, la fertilidad floral, la calidad deficiente del grano y la madurez tardía (Varughese *et al.*, 1997).

El grano de triticales tiene una calidad nutritiva semejante a la del trigo, y se parece más al trigo que al centeno en cuanto a tamaño, forma y composición química del grano, puede utilizarse como componente del forraje y se combina mejor con el trigo en la elaboración de pan para consumo humano (Varughese *et al.*, 1987). El mayor contenido de lisina del triticales, su mejor digestibilidad proteínica y su

balance de minerales, lo hacen especialmente adecuado para reemplazar o complementar a otros cereales en la alimentación humana o animal. Algunos estudios mencionan que el triticale iguala o supera al trigo cuando se utiliza como componente del alimento animal; el grano de triticale es también muy prometedor como sustituto del trigo, maíz, sorgo, cebada y centeno (Varughese *et al.*, 1987). Al combinar las calidades nutritivas del triticale con sus diversos usos y capacidad de desarrollarse en ambientes difíciles, hacen de este cereal una atractiva opción para los productores (Varughese *et al.*, 1987). La información y datos obtenidos en la presente investigación son de gran utilidad en la determinación del potencial de rendimiento de forraje y grano de triticale y centeno en el Estado de Baja California Sur, México, para futuras investigaciones relacionadas con las especies y el tema actual.

CONCLUSIONES

El rendimiento promedio del grupo de triticales de primavera fue 22.7 y 3.7 t ha⁻¹ de forraje y grano, respectivamente. De este grupo se seleccionaron 22 líneas para forraje y 53 líneas para grano con rendimiento superior a 31 y 4.0 t ha⁻¹ de forraje y grano.

El rendimiento promedio del grupo de triticales de invierno fue 35.0 y 1.9 t ha⁻¹ de forraje y grano, respectivamente. De este grupo se seleccionaron 34 líneas para forraje y 4 líneas para grano con rendimiento superior a las 31 y 3.0 t ha⁻¹ de forraje y grano.

El rendimiento promedio del grupo de triticales facultativos fue 29.6 y 2.9 t ha⁻¹ de forraje y grano, respectivamente. De este grupo se seleccionaron 83 líneas para forraje y 18 líneas para grano con rendimiento superior a las 31 y 4.0 t ha⁻¹ de forraje y grano.

El rendimiento promedio del grupo de líneas de centeno fue 28.8 y 1.0 t ha⁻¹ de forraje y grano, respectivamente. De este grupo se seleccionaron 13 líneas para forraje y 3 líneas para grano con rendimiento superior a las 31 y 1.5 t ha⁻¹ de forraje y grano.

Las líneas con menor altura a cosecha fueron las del grupo de triticales de invierno con 62.80 cm en promedio, mientras que las de mayor altura fueron las cruces de triticales de primavera con 95.3 cm en promedio. Las líneas de centeno presentaron una altura promedio de 101.9 cm.

Las líneas de triticale de primavera fueron las más precoces, con 115 días a madurez fisiológica, seguidas de los triticales facultativos, triticales de invierno y centenos, con 145, 165 y 177 días a madurez fisiológica, respectivamente.

Se considera necesario continuar con más evaluaciones de rendimiento de grano y forraje a través de años y diferentes localidades del Estado de Baja California Sur para estimar con mayor precisión el rendimiento promedio de grano y forraje, así como la estabilidad de los materiales genéticos seleccionados.

BIBLIOGRAFÍA

- Anguiano, F.C. y M.J. Geraldo. 1988. Evaluación de rendimiento de grano y forraje de seis genotipos de triticale en seis fechas de siembra. In: Memoria de la Primera Reunión Científica y Forestal. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Baja California Sur. Octubre 10 de 1988. La Paz, Baja California Sur, México. p. 13
- Autrique, R.J.E. y W.H. Pfeiffer. 1994. Triticales de doble propósito: una nueva alternativa. In: Ramírez, V.P., F. Zavala G., N.E. Treviño H., E. Cárdenas C. y M. Martínez R. (compiladores). Memorias del 11º congreso latinoamericano de genética (área vegetal) y XV congreso de fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. México. p. 108.
- Baniuniene, A. 1999. Comparison of productivity of winter cereals on sandy loam soil. Agriculture (Lithuania) v. 66:108-115.
- Bernardon, E.A. 1978. Cultivos forrajeros. Secretaría de Educación Pública. Dirección General de Educación Tecnológica y Agropecuaria. 104 p.
- Bruckner, P.L. and P.L. Raymer. 1990. Factors influencing species and cultivar choice of small grains for winter forage. Journal of Production Agriculture. 3 (3):349-355.
- CIMMYT. 1984-1986. Report on Wheat Improvement. 187 p.
- CIMMYT. 1991-1992. Notas sobre las características generales de los materiales remitidos a la Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- CIMMYT. 1992. Wheat Special Report No. 4. Skovmand, B. Wheat and Triticale Cultivar Abbreviations. 340 p.
- CIMMYT. 1993a. Wheat Special Report No. 19. Woolston, J.E. Wheat, barley and triticale cultivars: a list of publications in which national cereal breeders have noted the cooperation on germplasm they received from CIMMYT. 68 p.
- CIMMYT. 1993b. Results of the 1989-90 and 1990-91 *Triticale* nurseries: the twenty-first and twenty-second international *triticale* yield nurseries (ITYN). Mexico, DF (Mexico). 56 p.
- CIMMYT. 1994. Results of the 21st and 22nd International *Triticale* screening nurseries (ITSNs) 1989-90 and 1990-91. México, DF. 34 p.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 1996. Información hidrológica y climatológica de Baja California Sur. Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal en Baja California Sur. La Paz, B.C.S. 112 p.
- Cuéllar, T.H. 1996. Estabilidad del rendimiento de genotipos de trigo y triticale en el altiplano temporalero. In: Sahagún C.J., P. Ramírez, V. y F. Castillo, G. (eds.). Memorias del XVI Congreso de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. p. 21.
- J. Ron P., C. López C., R. Javier P., y D. González E. 1998. Evaluación de un grupo élite de genotipos de trigo y triticale en el altiplano potosino-jaliscoense. In: P. Ramírez, V., F. Zavala G., N.O. Gómez M., F. Rincón S. y A. Mejía C. (eds.). Memorias del XVII Congreso de Fitogenética: Notas científicas. SOMEFI, Chapingo, México. p.18 .
- Estrada, C.G., C. G. Martínez, M. Mergoum, y H. Pfeiffer. 1998. Rendimiento y estabilidad de cultivares de triticale y trigo en la región Toluca-Atzacomulco, México. In: P. Ramírez V., F. Zavala G., N.O. Gómez M., F. Rincón S. y A. Mejía C. (eds.).

- Memorias del XVII Congreso de Fitogenética: Notas científicas. SOMEFI, Chapingo, México. p.17.
- Evans, L.E. and G.J. Scoles. 1976. Cytogenetics, plant breeding and agronomy. In: W. Bushuk (ed.) Rye Production, Chemistry and Technology. Am. Assoc. Cereal Chem. St. Paul, MN. p.13-26
- Francois, L.E., T.J. Donovan, L. Lorenz, and E.V. Maas. 1989. Salinity effects on rye grain yield, quality, vegetative growth, and emergence. *Agronomy Journal*, 81(5):707-712.
- Fox, P.N. B. Skovmand, B.K. Thompson, H.J. Braun, and H.J. Cormier. 1990. Yield and adaptation of hexaploid spring triticale. *Euphytica* 47:57-64.
- Geraldo, M.J. 1988. Determinación del número de cortes en triticale en diferentes fechas de siembra. In: Memoria. Primera Reunión Científica y Forestal. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Baja California Sur. Octubre 10 de 1988. La Paz, Baja California Sur, México. p. 17.
- González, I.R. 1996. Nuevas variedades de trigo y triticale de temporal para valles altos. In: Sahagún C.J., P. Ramírez. V., and F. Castillo G. (comps.). In: Memorias del XVI Congreso de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. México. p. 25.
- Harmati, I. 1990. Rye variety and nitrogen fertilization experiments on sand. *Novenytermeles (Hungary)* 39(4):349-356.
- Huebner, G. 2000. Triticale forage. Yield and feed value compare to traditional cereal grains. Manitoba Agriculture, Canada. <http://www.esso-farm-tek.com/summer1998/forage.html>.
- LeMahieu, P.J. and M.A. Brinkman. 1990. Double-cropping soybean after harvesting small grains as forage in the north central USA. *J. Prod. Agric.* 3 (3):385-389.
- López, C.C. 1994. Variación en rendimiento de grano, desarrollo fásico y crecimiento de cereales bajo condiciones de campo. In: Ramírez V., P., F. Zavala G., N.E. Treviño H., E. Cárdenas C. y M. Martínez R. (comps.). Memorias del 11º Congreso Latinoamericano de Genética (área vegetal) y XV Congreso de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. México. p. 113.
- Morey, D.D. and R.D. Barnett. 1980. Rye. In: W.R. Fehr and H.H. Hadley (eds.) Hybridization in Crop Plants. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, W. pp: 523-534.
- Murillo-Amador, B. 1992. Caracterización de tipos de frijol "chicharo de vaca" [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] para producir ejote en el valle de La Paz. Tesis Profesional, Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 90 p.
- Rataj, D., D. Kohoutek, M. Ovsiaikova, and J. Petrovic, 1998. A possibility of growing (*Secale cereale* f. multicaule Metzg) in the region of the Low Tatras Mountains. *J. Agric. Sci.* 44(3):168-178.
- Rodríguez, P.J.E. y G. R. Moreno. 1994. Secano, variedad de triticale para áreas de temporal. In: Ramírez V., P., F. Zavala G., N.E. Treviño H., E. Cárdenas C. y M. Martínez R. (comps.). Memorias del 11º Congreso Latinoamericano de Genética (área vegetal) y XV Congreso de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. México. p. 109.
- Resource Seeds Inc. 1996. Triticale. <http://www.forages.css.orst.edu/Resources/Vendors/Seed/RSI/Cows.html#Silage>.
- Stoskopf, N. 1985. Cereal Grain Crops. Reston Publishing, Teston, VA.
- Varughese, G., Barker T., y Saari E. 1987. Triticale. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). México. D.F. 32 p.
- _____, Pfciffer, W.H., and R.J. Peña. 1997. Triticale: A Reappraisal. <http://www.wordbank.org/html/cgiar/newsletter/april97/tritic.html>. 5 p.
- Ward, S., J. Crowder, and R. Nelson. 1994. Triticale forage yields at Overton for 1993-94. http://leviathan.tamu.edu:70/0/dac/rburns/overton/forage_live-stock.1996/fdro96.html.