

## Rendimiento de biomasa y grano en variedades de triticale en el valle de Mexicali

José Luis Velasco López<sup>1</sup>  
Roberto Soto Ortiz<sup>1§</sup>  
Carlos Enrique Ail Catzim<sup>1</sup>  
Onécimo Grimaldo Juárez<sup>1</sup>  
Silvia Mónica Avilés Marín<sup>1</sup>  
Alejandro Javier Lozano del Río<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Agrícolas-Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Delta s/n, Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México. CP. 21705. (ljose1924@gmail.com; carlos.ail@uabc.edu.mx; onecimo.grimaldo@uabc.edu.mx; monica.aviles@uabc.edu.mx). <sup>2</sup>Departamento de Fitomejoramiento-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. CP. 1923. (ajavierlozanodelrio@gmail.com).

§Autor para correspondencia: roberto.soto@uabc.edu.mx.

### Resumen

El valle de Mexicali es una región importante en la producción de carne y leche de origen bovino con aceptación en otros países principalmente Estados Unidos de América, Japón y Corea. Por tal motivo, se requiere forraje de calidad para la alimentación del ganado como el triticale, utilizado en diversas zonas de México; sin embargo, en el valle de Mexicali no se tiene información del comportamiento agronómico. El objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento de biomasa seca y grano de 10 variedades de triticale en los ciclos O-I 2014-2015 y 2015-2016, en el Valle de Mexicali. El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Se evaluaron 10 variedades de triticale de diferentes tipos de crecimiento, 4 primaverales, 2 facultativos, 4 invernales y avena. En el primer ciclo de evaluación, la mayor producción de biomasa total correspondió a la variedad AN105 y AN125 con 10.7 y 10.5 t ha<sup>-1</sup>, en rendimiento de grano las variedades AN105, AN38, AN125, AN31B, ABT y Eronga produjeron de 7.3 a 5.4 t ha<sup>-1</sup>. Para el segundo ciclo, las variedades superiores en biomasa total fueron AN31B, ABT, AN38, AN34, AN31P y Eronga con 6 a 4.9 t ha<sup>-1</sup> y en rendimiento de grano AN38, AN123, Eronga y AN125 de 4.1 a 3.1 t ha<sup>-1</sup>. En conclusión, las variedades invernales AN31B y AN34 mostraron potencial para la producción de biomasa total, la variedad facultativa AN38 y las variedades primaverales AN125 y Eronga, presentaron superioridad en rendimiento de grano en los dos ciclos de evaluación.

**Palabras clave:** *X Triticosecale* Wittmack, componentes de rendimiento, forraje.

Recibido: marzo de 2020

Aceptado: junio de 2020

## Introducción

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack) se utiliza como alimento para el ganado de engorda y leche, por su contenido nutricional en forraje y grano se encuentra dentro de los estándares para considerarlo de alta calidad al cumplir con los parámetros en contenido de fibra neutro detergente, ácido fibra detergente, energía neto de lactancia, digestibilidad de materia seca, gustosidad y proteína cruda, es un cultivo con potencial para reemplazar a otros cereales en la alimentación del ganado (Gelelcha *et al.*, 2007; Frías *et al.*, 2016).

Además de presentar mayor tolerancia a suelos salinos, altas temperaturas y mayor competitividad en ambientes desfavorables que los cultivos tradicionales como, trigo, avena, cebada y rye grass (Hewstone *et al.*, 1977). Las condiciones agroclimáticas anteriormente mencionadas son características de las regiones áridas de México, donde la salinidad de los suelos asociadas a altas temperaturas y la baja precipitación son los principales factores que limitan la producción de forraje y grano donde el cultivo de triticale puede ser una alternativa para estas regiones (Ballesteros *et al.*, 2015).

El cultivo de triticale se clasifica de acuerdo a su patrón de producción y necesidad de vernalización en: 1) primaverales, de rápido crecimiento (115 días a madurez fisiológica) y recomendados para un corte; 2) facultativos, de crecimiento rápido (145 días a madurez fisiológica), semi postrado, recomendado para dos cortes; y 3) invernales, de crecimiento postrado y tardío (165 días a madurez fisiológica) suficientes para realizar de tres a cinco cortes (Murillo *et al.*, 2001; Lozano del Río *et al.*, 2009).

Estudios de Lozano del Río *et al.* (2004); Mellado *et al.* (2005) documentaron rendimientos de forraje verde en triticales primaverales, invernales y facultativos con 50, 52 y 46 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, además se reportaron rendimientos de grano entre 8 y 12.72 t ha<sup>-1</sup> bajo condiciones de zonas áridas. También se reportó que el rendimiento final del grano es determinado por componentes como el número de espigas por metro cuadrado, tamaño de espiga, número de espiguillas por espiga, número de granos por espiga y peso de granos por espiga (Biscoe y Gallagher, 1977).

Los cuales son resultados del potencial genético de la variedad y de las condiciones ambientales en que se desarrolla (Slafer *et al.*, 2006). La importancia de obtener altos rendimientos de forraje y grano en el valle de Mexicali se debe a la demanda para la alimentación del ganado bovino en la producción de carne y leche, pero las condiciones climáticas de esta región son limitantes para abastecer la cantidad necesaria.

El potencial de producción de forraje seco en cultivos como cebada y avena son de 5.68 y 6.13 t ha<sup>-1</sup> respectivamente y en forraje verde de cultivos como sorgo, avena y maíz reportan rendimientos de 44.3, 35.9, 58.6 t ha<sup>-1</sup>, en cuanto a rendimiento de grano, el trigo, sorgo y maíz presentan producciones de 5.9, 4.48 y 8.9 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2016). El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento de biomasa seca y grano de 10 variedades de triticale en el valle de Mexicali.

## Materiales y métodos

### Localidad

El estudio se realizó durante el ciclo otoño-invierno 2014-2015 (O-I 2014-2015) y otoño invierno 2015-2016 (O-I 2015-2016), en el campo experimental del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, en el ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México, ubicado entre las coordenadas 32° 24' latitud norte y 115° 11' longitud oeste, con una altitud de 15 m, en un suelo de textura arcillosa. El clima del valle de Mexicali se clasifica como árido cálido, muy extremo, con temperatura media anual de 22.9 °C, máxima de 48.5 °C y mínima durante invierno de -7 °C y una precipitación media anual de 60 mm (García, 1988).

### Material genético

Se evaluaron 10 variedades de triticale: cuatro de tipo primaveral (AN123, AN125, AN137, Eronga), dos de tipo facultativo (AN105, AN38) y cuatro de tipo invernal (AN31B, AN34, AN31P, ABT). Estos materiales fueron proporcionados por el programa de cereales de la Universidad Autónoma Agraria 'Antonio Narro' para el ciclo otoño invierno 2014-2015. En el ciclo otoño invierno 2015-2016, se utilizó el grano cosechado del ciclo anterior como semilla y como testigo una variedad comercial de avena forrajera (Bachiníva) de ciclo intermedio/precoc.

### Diseño experimental y manejo agronómico

Las variedades se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con 10 y 11 tratamientos, con tres repeticiones en cada uno, durante los ciclos O-I 2014-2015 y O-I 2015-2016 respectivamente. La parcela experimental consistió en 6 hileras/parcela y una distancia entre hilera de 0.3 m por 5 m de largo (9 m<sup>2</sup>), la parcela útil fue de 0.5 m de una hilera central (0.15 m<sup>2</sup>).

La siembra de los lotes se realizó bajo el sistema tradicional (en plano), mediante una sembradora para granos finos modelo SB-2008 16D se marcaron las hileras a una distancia de 0.3 m, posteriormente se sembró de manera manual, en suelo seco. En el primer ciclo de cultivo la siembra fue el 8 de enero de 2015 y en el segundo ciclo el 30 de noviembre de 2015 a una densidad de 120 kg ha<sup>-1</sup> según lo recomendado por Lozano *et al.* (2009). Las parcelas se separaron entre sí 0.3 m y entre bloques 1 m, se establecieron bordes con una longitud y altura de 0.8 y 0.5 m respectivamente.

La fórmula de fertilización empleada fue 120-80-00, la mitad del nitrógeno y el total del fósforo se aplicaron al momento de la siembra y la segunda mitad del nitrógeno se aplicó en el segundo riego. El cultivo se desarrolló en condiciones óptimas de humedad, se realizó el riego a la siembra y cuatro de auxilio, cuando más de 50% de las parcelas llegaron a las etapas de amacolla miento, encañe, floración y llenado de grano.

Identificando las etapas con base a la escala fenológica propuesta por Zadoks *et al.* (1974) que son 25, 32, 65 y 75 en ambos ciclos, con una lámina de riego total aproximada de 80 cm. El control de malezas se realizó con deshierbes manuales según fue requerido. No se realizó control de plagas y enfermedades durante el desarrollo del cultivo por baja incidencia.

## Variables evaluadas

Para estimar la biomasa seca, el muestreo destructivo se realizó cuando cada variedad llegó a la etapa de embuche (43, en la escala de Zadoks), considerando diferencia de días por su tipo de crecimiento y una vez que estos cumplieron con los criterios de corte en cereales de invierno propuestos por Lozano del Río *et al.* (2009) en ambos ciclos, las plantas se cortaron al nivel del suelo en un segmento de 0.50 m lineal, posteriormente en el laboratorio se separaron las hojas y tallos de cada muestra.

Se secaron en una estufa a 60 °C por 72 h, se registró su peso en gramos por parcela y el valor obtenido se transformó a toneladas por hectárea. Para la estimación del rendimiento de grano y sus componentes, cuando cada variedad llegó a la etapa de cosecha, se cortaron al nivel del suelo 2 m lineales de plantas en dos hileras centrales de cada parcela, posteriormente se trilló con una maquina estacionaria, el material trillado se limpió, se determinó su peso en kilogramos y se transformó a toneladas por hectárea ajustado a una humedad de 12%.

Los componentes de rendimiento se estimaron a partir de la recolección aleatoria de 10 espigas de cada parcela, de las cuales se midieron las siguientes variables: longitud de espiga (LE) y número de espiguillas/espiga (EE). Posteriormente, las espigas se trillaron de manera individual y se midieron las variables complementarias; granos/espiga (GE) y peso de granos/espiga (PGE). Para estimar el número de espigas por m<sup>2</sup> (EM2), se contaron las espigas presentes en dos hileras centrales de 1 m lineal en cada una de las parcelas cuando más de 50% de las plantas llegó a la etapa de madurez fisiológica (90, en la escala de Zadoks).

## Análisis estadístico

En todas las variables y por ciclo se realizaron análisis de varianza, comparación de medias (Tukey 0.05) y análisis de contrastes ortogonales entre los tipos de crecimiento de las variedades. En ambos ciclos se realizaron análisis de correlación lineal de Pearson entre el rendimiento de grano y sus componentes. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS 9.0 (SAS, 2002).

## Resultados y discusión

En el ciclo O-I 2014/15, las variedades se desarrollaron a temperaturas medias de 15 a 23 °C, mínimas de 8 a 13 °C y máximas de 23 a 31 °C y con 215 horas frío. En el ciclo O-I 2015-2016, las temperaturas medias fueron de 11 a 21 °C, mínimas de 3 a 12 °C y máximas de 20 a 29 °C y con 789 h frío acumulado de emergencia a madurez fisiológica (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Datos climáticos en que se desarrollaron las variedades en los ciclos O-I 2014-2015 y O-I 2015-2016, ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California.**

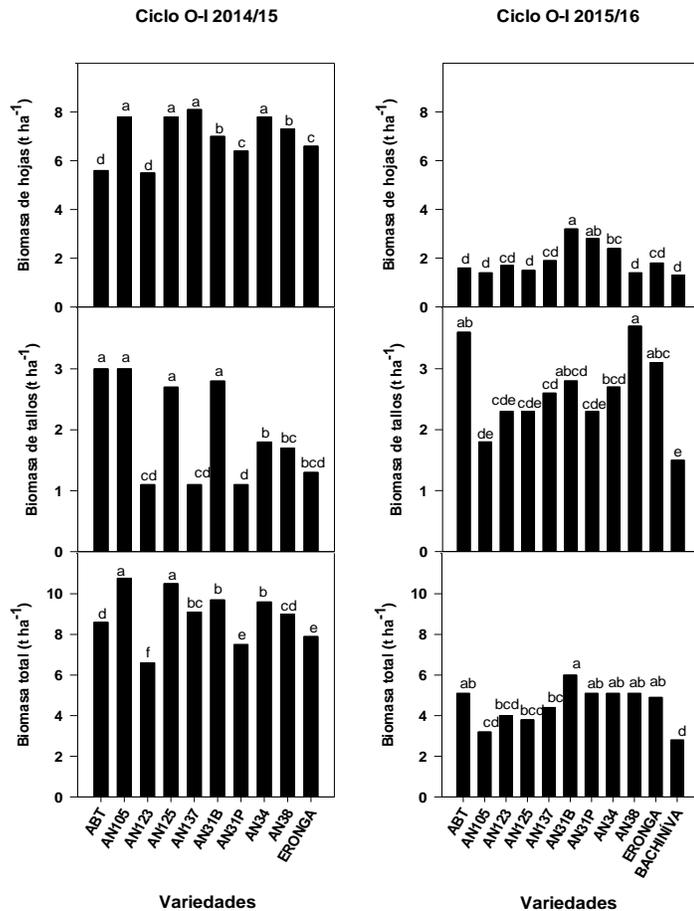
Ciclo	Mes	Tmax	Tmin	Tmed	HF	ETF
2014-2015	Enero	23.4	8.08	15.25	97	Emergencia-principio de amacollamiento
	Febrero	27.4	9.42	17.9	164	Amacollamiento- principio de encañe
	Marzo	29.4	11.74	20.5	200	Encañe-embuche
	Abril	30.4	11.61	21.4	208	Embuche-espigamiento
	Mayo	31.7	13.74	23	215	Llenado de grano-madurez fisiológica

Ciclo	Mes	Tmax	Tmin	Tmed	HF	ETF
2015-2016	Diciembre	20.3	3.2	11.3	367	Emergencia-principio de amacollamiento
	Enero	20.8	5.2	12.5	633	Amacollamiento-principio de encañe
	Febrero	26.5	8.2	17.1	740	Encañe-embuche
	Marzo	27.9	9.4	18.9	780	Espigamiento-llenado de grano
	Abril	29.8	12.1	21.4	789	Madurez fisiológica

Tmax= temperatura máxima; Tmin= temperatura mínima; HF= horas frío acumulados; ETF= etapa fenológica promedio de las variedades.

### Biomasa seca de hojas

En el ciclo O-I 2014-2015, los resultados de los análisis de varianza mostraron diferencias ( $p \leq 0.01$ ) entre las variedades, las pruebas de medias mostraron a las variedades AN137 con  $8.1 \text{ t ha}^{-1}$  y AN125, AN34, AN105 con  $7.8 \text{ t ha}^{-1}$  sobresalientes con respecto al resto de las variedades. En el segundo ciclo, se observaron diferencias ( $p \leq 0.01$ ) entre las variedades, las pruebas de medias, mostraron a las variedades AN31B y AN31P con  $3.2$  y  $2.8 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente, que fueron superiores al resto de las variedades de triticales y a la avena con  $1.3 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 1).



**Figura 1. Promedios de biomasa de hoja (BHOJ), biomasa de tallos (BTALL) y biomasa total (BTOT) para 10 variedades de triticale cortados en la etapa de embuche, evaluados en dos ciclos, O-I 2014-2015 y O-I 2015-2016 en el Valle de Mexicali, Baja California.** Barras con letras iguales dentro de cada gráfica no difieren estadísticamente ( $\text{tukey} \leq 0.05$ ).

Los análisis de contrastes ortogonales en el primer ciclo no se encontraron diferencias entre los diferentes tipos de crecimiento, a diferencia del segundo ciclo se observó diferencias entre los tipos de triticales, donde el tipo invernal fue superior en ( $1.1 \text{ t ha}^{-1}$ ) a los facultativos ( $0.8 \text{ t ha}^{-1}$ ), primaverales y ( $1.3 \text{ t ha}^{-1}$ ) y la variedad de avena.

### Biomasa seca de tallos

En el primer ciclo, los resultados de los análisis de varianza mostraron diferencias ( $p \leq 0.01$ ) entre las variedades, en las pruebas de medias se observó que cuatro variedades de triticale ABT y AN105 con  $3 \text{ t ha}^{-1}$ , AN31B con  $2.8 \text{ t ha}^{-1}$  y AN125 con  $2.7 \text{ t ha}^{-1}$  fueron superiores estadísticamente. En el segundo ciclo, se observaron diferencias ( $p \leq 0.01$ ) entre las variedades, las pruebas de medias mostraron a los triticales AN38, ABT, Eronga y AN31B con rendimientos de 3.7, 3.6, 3 y  $2.8 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente, superiores a la avena ( $1.5 \text{ t ha}^{-1}$ ).

Los contrastes ortogonales en el primer ciclo mostraron diferencias estadísticas entre los triticales invernales y primaverales ( $p \leq 0.05$ ), siendo los invernales superiores en ( $0.6 \text{ t ha}^{-1}$ ), esto es atribuido a que los invernales presentan mayor potencial para producir hijuelos que los primaverales como lo reporta Lozano *et al.* (2009). En el segundo ciclo se observó diferencias entre invernales y primaverales, siendo superiores los invernales en ( $0.1 \text{ t ha}^{-1}$ ).

### Biomasa seca total

En el primer ciclo, los resultados de los análisis de varianza mostraron diferencias ( $p \leq 0.01$ ) entre las variedades evaluadas, las pruebas de medias mostraron que AN105 y AN125 fueron superiores que las otras variedades con producciones de  $10.7$  y  $10.5 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente, en un estudio realizado por Colín *et al.* (2009) reportaron rendimiento de  $7 \text{ t ha}^{-1}$  en triticale bajo condiciones de riego en el estado de Coahuila. En el segundo ciclo, se observaron diferencias ( $p \leq 0.01$ )

Entre las variedades evaluadas, las pruebas de medias mostraron a los triticales AN31B (6.0), ABT (5.1), AN38 (5.1), AN34 (5.1), AN31P (5.1) y Eronga (4.9) con los mayores rendimientos y superiores a la avena ( $2.8 \text{ t ha}^{-1}$ ), similares a lo reportado por Lozano del Río *et al.* (2009) con rendimientos de 4.1 y máximos de  $5.8 \text{ t ha}^{-1}$  en un estudio de triticale realizado en los estados de Coahuila, Nuevo León y Chihuahua. Con base a los resultados en este estudio, el triticale puede ser una opción para las condiciones del valle de Mexicali.

En los análisis de contrastes ortogonales (Cuadro 2), en el primer ciclo los triticales facultativos fueron superiores a los invernales y primaverales en  $1.1$  y  $1.4 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente. Estos resultados son similares a lo documentado por Lozano *et al.* (2009) indicando que los facultativos presentan potencial para producir hijuelos y hojas en ambientes semiáridos.

**Cuadro 2. Comparación de medias para biomasa seca, por contrastes ortogonales por tipos de crecimiento de triticales.**

Ciclo	Grupos	BHOJ ( $\text{t ha}^{-1}$ )	BTALL ( $\text{t ha}^{-1}$ )	BTOT ( $\text{t ha}^{-1}$ )
O-I 2014-2015	PV vs FC	7	7.5 ns	1.5 2.3 ns 8.5 9.9**
	FC vs INV	7.5	6.7 ns	2.3 2.1 ns 9.9 8.8**
	INV vs PV	6.7	7 ns	2.1 1.5* 8.8 8.5**

Ciclo	Grupos	BHOJ (t ha <sup>-1</sup> )		BTALL (t ha <sup>-1</sup> )		BTOT (t ha <sup>-1</sup> )	
O-I 2015-2016	PV vs FC	1.7	1.4 ns	2.5	2.7**	4.3	4.2**
	FC vs INV	1.4	2.5**	2.7	2.8 ns	4.2	5.3**
	INV vs PV	2.5	1.7**	2.8	2.5**	5.3	4.3**
	PV vs BC	1.7	1.2 ns	2.5	1.5**	4.3	2.7**
	FC vs BC	1.4	1.2 ns	2.7	1.5 ns	4.2	2.7 ns
	INV vs BC	2.5	1.2**	2.8	1.5 ns	5.3	2.7**
	TCL vs BC	2	1.2 ns	2.7	1.5 ns	4.7	2.7 ns

Grupos= tipos de crecimiento de triticales; PV= primaverales; FC= facultativos; INV= invernales; TCL= triticales; BC= avena variedad Bachiníva; O-I 2014-2015= ciclo otoño invierno 2014-2015; O-I 2015-2016= ciclo otoño invierno 2015-2016; BHOJ= biomasa de hoja; BTALL= biomasa de tallos; BTOT= biomasa total; ns= no significativo; \* = significativo al 0.05; \*\* = significativo al 0.01.

Por lo tanto, los triticales facultativos pueden ser potenciales para la producción de forraje seco cortados en la etapa de embuche. En el segundo ciclo los invernales fueron superiores a los facultativos y los primaverales en (1.1 t ha<sup>-1</sup>), finalmente los primaverales e invernales fueron superiores a la avena en (1.5 y 2.6 t ha<sup>-1</sup>).

### Longitud de espiga

En ambos ciclos, los análisis de varianza no mostraron diferencias entre variedades, en el primer ciclo los valores fueron de 10.4 a 12.9 cm y en el segundo de 9.5 a 11.5 cm. Mendoza *et al.* (2014) reportan valores entre 16.6 y 17.2 cm en variedades de triticale evaluados para producción de semilla con 50% de fertilización química y 50% de biofertilizante. Los contrastes ortogonales en el primer ciclo no se encontraron diferencias entre los tipos de crecimiento de triticales, en el segundo ciclo los primaverales fueron superiores de los facultativos con 1.1 cm y los invernales fueron superiores de los primaverales con 0.1 cm.

### Espiguillas por espiga

Los análisis de varianza mostraron diferencias ( $p \leq 0.01$ ) entre las variedades, las pruebas de medias (Cuadros 3 y 4) mostraron a las variedades AN105, AN31B, AN34, AN31P, AN38 y Eronga, superiores con valores entre 29.6 y 32. En el segundo ciclo se observó diferencias estadísticas ( $p \leq 0.01$ ), las variedades ABT, AN31P, AN31B, AN34 y AN38 fueron quienes presentaron los valores más altos que van de 24.8 a 28.8 espiguillas por espiga.

**Cuadro 3. Rendimiento promedio de grano y sus componentes para 10 variedades de triticale, evaluados en el Valle de Mexicali, Baja California (O-I 2014-2015).**

Variedades	RG (t ha <sup>-1</sup> )	EM2	LE (cm)	EE	GPE	PGE (g)
AN123	4.3 bcd	335 a	10.4 a	25.6 b	62.3 a	2.5 ab
AN125	6.1 ab	450 a	10.5 a	26.3 b	59 a	2.3 b
AN137	4.5 bcd	285 b	12 a	28 b	67.6 a	3 ab
Eronga	5.4 abcd	444 a	11.8 a	29.6 ab	63 a	2.5 ab
AN105	7.3 a	390 a	11.8 a	32 ab	62 a	2.4 b

Variedades	RG (t ha <sup>-1</sup> )	EM2	LE (cm)	EE	GPE	PGE (g)
AN38	6.9 a	425 a	10.8 a	29.6 ab	73.3 a	2.6 ab
AN31B	5.7 abc	381 a	11.3 a	31 ab	59.6 a	2.2 b
AN34	4 cd	318.3 a	12 a	31 ab	60.3 a	2.4 b
AN31P	3.6 d	284.3 a	11.6 a	31 ab	56.3 a	2 b
ABT	5.7 abc	286 a	12.9 a	36 a	73.3 a	3.5 a
CV%	12.1	24.4	9.1	7.9	11.1	14
DMS	1.9	257.8	3.1	6.9	20.8	1
Primaverales	5.1	378.8	11.2	27.4	63	2.6
Facultativos	7.1	407.7	11.3	31	67.7	2.5
Invernales	4.8	317.5	12	32.2	62.4	2.6

Dentro de cada columna, medias con literales iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha= 0.05$ ); CV= coeficiente de variación en %; DMS= diferencia mínima significativa; O-I 2014-2015= ciclo otoño invierno 2014-2015; O-I 2015-2016= ciclo otoño invierno 2015-2016; LE= longitud de espiga; EE= espiguillas por espiga; GPE= granos por espiga; PGE= peso de granos por espiga; EM2= espigas por metro cuadrado; RG= rendimiento de grano.

**Cuadro 4. Rendimiento promedio de grano y sus componentes para 10 variedades de triticale, evaluados en el Valle de Mexicali, Baja California (O-I 2015-2016).**

Variedades	RG (t ha <sup>-1</sup> )	EM2	LE (cm)	EE	GPE	PGE (g)
AN123	3.5 ab	238.6 b	11.3 a	24.7 bc	66.6 a	2.3 a
AN125	3.1 abc	326 ab	10.3 a	24.6 bc	54.6 abc	1.9 a
AN137	2.8 bcd	284.6 ab	10.7 a	22.8 c	62.2 ab	1.9 a
Eronga	3.3 abc	271.3 ab	10.4 a	23 c	51.4 bc	2.3 a
AN105	2.5 bcde	274 ab	9.5 a	22 c	48.1 c	1.6 a
AN38	4.1a	376 a	9.8 a	24.8 abc	56.1 abc	1.8 a
AN31B	1.4 ef	315.6 ab	10.9 a	27.3 ab	50.5 bc	1.6 a
AN34	1.5 def	248 b	10.1 a	25.7 abc	50.8 bc	1.4 a
AN31P	1.2 f	274.3 ab	10.8 a	28 ab	53.5 abc	1.4 a
ABT	2.2 cdef	268.6 ab	11.5 a	28.8 a	65.1 a	2.4 a
CV%	17.1	13.9	6.7	5.4	8	22
DMS	1.2	117.8	2.1	4	13.1	1.2
Primaverales	3.2	280.2	10.7	23.8	58.7	2.1
Facultativos	3.3	325.2	9.6	23.4	52.1	1.7
Invernales	1.6	276.7	10.8	27.5	55	1.8

Dentro de cada columna, medias con literales iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha= 0.05$ ); CV= coeficiente de variación en %; DMS= diferencia mínima significativa; O-I 2014-2015= ciclo otoño invierno 2014-2015; O-I 2015-2016= ciclo otoño invierno 2015-2016; LE= longitud de espiga; EE= espiguillas por espiga; GPE= granos por espiga; PGE= peso de granos por espiga; EM2= espigas por metro cuadrado; RG= rendimiento de grano.

El número de espiguillas por espiga encontrados en ambos ciclos, son similares a los que documenta Mohammed *et al.* (2011) quienes registraron de 25 a 30 espiguillas por espiga, este autor señala que el número de espiguillas por espiga está determinado por la heredabilidad genética más que por las condiciones climáticas.

Los contrastes ortogonales del primer ciclo mostraron que los invernales son superiores a los facultativos y primaverales en 1.2 y 4.8. En el segundo ciclo los primaverales fueron superiores a los facultativos en 0.4 y los invernales superiores de los facultativos en 4.1 espiguillas por espiga.

### **Granos por espiga**

En el primer ciclo no se encontró diferencias entre las variedades con valores entre 56 y 73. A diferencia, en el segundo ciclo se observó diferencias estadísticas ( $p \leq 0.01$ ) entre las variedades, las pruebas de medias (Cuadros 3 y 4) mostraron a las variedades AN123, ABT, AN137, AN38 y AN31B, con los mayores valores entre 53 y 66 granos por espiga. Este comportamiento se pudo deber a que durante el desarrollo del grano las condiciones ambientales permitieron una buena polinización y formación de grano para todas las variedades.

### **Peso de granos por espiga**

Los análisis de varianza mostraron diferencias ( $p \leq 0.01$ ) entre las variedades, las pruebas de medias (Cuadros 3 y 4) mostraron a las variedades ABT, AN137, AN38, AN123 y Eronga, con los mayores pesos de granos por espiga que van de 2.5 a 3.5 g. En el segundo ciclo no se observaron diferencias entre las variedades con valores de 2 a 3.5. Estos resultados son similares a lo que reporta Ballesteros *et al.* (2015) con valores de 2.24 a 3.6 g por espiga, el cual está determinado por la cantidad de nitrógeno aplicado y de las condiciones climáticas del ciclo del cultivo.

### **Espigas por metro cuadrado**

En los análisis de varianza no se observaron diferencias entre las variedades, los valores observados fueron de 284 a 450. A diferencia del segundo ciclo, donde se observaron diferencias estadísticas ( $p \leq 0.01$ ) entre variedades, AN38, AN125, AN31B, AN137, AN31P, AN105, Eronga, y ABT presentaron los valores más altos entre 268 a 376 espigas por  $m^2$  (Cuadros 3 y 4).

Los contrastes ortogonales en el primer ciclo no mostraron diferencias entre tipos de triticales, en el segundo ciclo los triticales facultativos se diferenciaron de los primaverales con 45 más espigas por  $m^2$ . Estos valores son superiores que lo reportado por Paccapelo *et al.* (2017) de 235 a 314 espigas por  $m^2$ .

### **Rendimiento de grano**

En el primer ciclo, los análisis de varianza mostraron diferencias ( $p \leq 0.01$ ) entre las variedades, las pruebas de medias (Cuadros 3 y 4) mostraron a las variedades AN105, AN38, AN125, AN31B, ABT y Eronga, con mayores rendimientos de 7.3, 6.9, 6.1, 5.7, 5.7 y 5.4  $t ha^{-1}$ , respectivamente. Estos valores son similares a los reportados por Mendoza *et al.* (2011) con 6.61  $t ha^{-1}$ , Castro *et al.* (2011) 5.5  $t ha^{-1}$  y Goyal *et al.* (2011) 5.6  $t ha^{-1}$ , quienes documentan que la fertilización, fecha y densidad de siembra del cultivo de triticales influyen en el rendimiento final del grano.

En el segundo ciclo se observó diferencias estadísticas ( $p \leq 0.01$ ) entre variedades, presentando a AN38, AN123, Eronga y AN125 mayores rendimientos con valores de 4.1, 3.5, 3.3 y 3.1 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Cuadros 3 y 4). El mayor rendimiento de grano de las variedades observadas en el ciclo O-I 2014-2015, posiblemente se debió a la presencia de días frescos (temperaturas medias diarias, 18 a 22 °C) durante las etapas de espigamiento y antesis, que favoreció el buen desarrollo de las espigas y llenado de grano.

A diferencia del ciclo O-I 2015-2016 la amplia variación en las temperaturas diarias durante las etapas de encañe (8 a 19 °C) y espigamiento (12 a 21 °C), posiblemente afectaron el rendimiento de grano. En los análisis de contrastes ortogonales (Cuadro 5), en el primer ciclo los triticales facultativos se diferenciaron de los primaverales en rendimiento de grano superándolos en 2 t ha<sup>-1</sup> y los primaverales de los invernales con una superioridad de 0.3 t ha<sup>-1</sup>, en el segundo ciclo, los facultativos se diferenciaron de los primaverales y de los invernales con 0.1 y 1.7 t ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 5. Comparación de medias para rendimiento de grano y sus componentes, por contrastes ortogonales por tipos de crecimiento de triticales.**

Grupos	RG (t ha <sup>-1</sup> )	EM2	LE (cm)	EE	GE	PGE (g)
<b>O-I 2014-2015</b>						
Pv vs Fc	5.1 7.1**	378.8 407.7 ns	11.2 11.3 ns	27.4 31 ns	63 67.7 ns	2.6 2.5 ns
Fc vs Inv	7.1 4.8 ns	407.7 317.5 ns	11.3 12 ns	31 32.2**	67.7 62.4 ns	2.5 2.6 ns
Inv vs Pv	4.8 5.1**	317.5 378.8 ns	12 11.2 ns	32.2 27.4**	62.4 63 ns	2.6 2.6 ns
<b>O-I 2015-2016</b>						
Pv vs Fc	3.2 3.3**	280.2 325.2*	10.7 9.6**	23.8 23.4**	58.7 52.1 ns	2.1 1.7 ns
Fc vs Inv	3.3 1.6**	325.2 276.7 ns	9.6 10.8 ns	23.4 27.5**	52.1 55 ns	1.7 1.8 ns
Inv vs Pv	1.6 3.2 ns	276.7 280.2 ns	10.8 10.7**	27.5 23.8 ns	55 58.7 ns	1.8 2.1 ns

Grupos= tipos de crecimiento de triticales; Pv= primaverales; Fc= facultativos; Inv= invernales; O-I 2014-2015= ciclo otoño invierno 2014-2015; O-I 2015-2016= ciclo otoño invierno 2015-2016; RG= rendimiento de grano; EM2= espigas por metro cuadrado; LE=longitud de espiga; EE= espiguillas por espiga; GPE= granos por espiga; PGE= peso de granos por espiga; ns= no significativo; \* = significativo al 0.05; \*\* = significativo al 0.01.

La superioridad de los facultativos se puede deber a las temperaturas en el periodo de floración y llenado de grano, lo que posiblemente aseguró una óptima polinización con temperaturas mínimas, máximas y medias de 11, 30 y 21 °C y un adecuado llenado de grano con temperaturas mínimas, máximas y medias de 13, 31 y 23 °C, estos valores se encuentran dentro del rango reportado por Felix *et al.* (2009) con temperaturas óptimas en floración de 10 a 24 °C y de 12 a 26 °C en llenado de grano.

Por lo que las variaciones de temperaturas entre máximas y mínimas durante el día influyeron en el rendimiento de grano en las variedades que las horas frío acumuladas desde la siembra a la cosecha, ya que en el ciclo 2014-2015 las horas frío acumuladas fueron de 215 y en el ciclo 2015-2016 fueron 789.

## Correlación de rendimiento de grano y sus componentes

Los análisis de correlación para ambos ciclos (Cuadro 6), mostraron que espigas por m<sup>2</sup> y pesos de granos por espiga están mayormente correlacionados con el rendimiento del grano ( $r= 0.57$ ), que el resto de los componentes. Granos por espiga, espiguillas por espiga y longitud de espiga presentaron una correlación menor de  $r= 0.49$ ,  $r= 0.46$  y  $r= 0.32$ , respectivamente, lo que concuerda con lo reportado por Paccapelo *et al.* (2004); Abeledo *et al.* (2003); Castro *et al.* (2011).

**Cuadro 6. Coeficientes de correlación del rendimiento de grano y sus componentes, para 10 variedades de triticale evaluados en el Valle de Mexicali, Baja California. (O-I 2014-2015 y O-I 2015-2016).**

	EM <sup>2</sup>	EE	GE	LE	PGE
EE	0.08				
GPE	0.05	0.57***			
LE	-0.04	0.76***	0.66***		
PGE	0.08	0.49***	0.72***	0.56***	
RG	0.57***	0.46***	0.49***	0.32**	0.57***

LE= longitud de espiga; EE= espiguillas por espiga; GPE= granos por espiga; PGE= peso de granos por espiga; EM<sup>2</sup>= espigas por metro cuadrado; RG= rendimiento de grano; \* = significativo al 0.05; \*\* = significativo al 0.01; \*\*\* = significativo al 0.001.

Por lo que los mayores incrementos en rendimiento de grano en triticale serían posibles si se aumenta la producción de espigas por unidad de superficie, peso de granos por espiga, granos por espiga y espiguillas por espiga como reporta Solís *et al.* (2004).

## Conclusiones

Para las condiciones agroecológicas prevalecientes en el presente estudio, las variedades invernales AN31B y AN34 mostraron potencial para la producción de biomasa total, la variedad facultativa AN38 y las variedades primaverales AN125 y Eronga, presentaron superioridad en rendimiento de grano en los dos ciclos de evaluación. El rendimiento de grano de los triticales evaluados, fue explicado por los componentes espigas por metro cuadrado, peso de granos por espiga, granos por espiga y espiguillas por espiga asimismo fueron afectados por la variación en las temperaturas máximas y mínimas durante el desarrollo del cultivo.

La variedad de avena (Bachiníva) tuvo menor rendimiento de biomasa total, biomasa de hojas y biomasa de tallos que las variedades de triticale. Los triticales de tipos invernales presentaron el mayor potencial productivo en biomasa seca total, los de tipo facultativo y primaveral en rendimiento de grano. Para la producción de doble propósito forraje y grano la variedad AN38 de triticale de tipo facultativo pueden ser opción para el valle de Mexicali, al ser competitivos en forraje con respecto a la avena y en grano con respecto al trigo.

## Literatura citada

- Abeledo, L. G.; Calderini, D. F. and Slafer, G. A. 2003. Genetic improvement of yield responsiveness to nitrogen fertilization and its physiological determinants in barley. *Euphytica*. 133(3):291-298.
- Ballesteros, R. E.; Morales, R. E. J.; Franco, M. O.; Santoyo, C. E.; Estrada, C. G. y Gutiérrez, R. F. 2015. Manejo de fertilización nitrogenada sobre los componentes del rendimiento de triticale. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6(4):721-733.
- Biscoe, P. V. and Gallagher, J. N. 1977. Weather, dry matter production and yield. *In*: Landsberg, J. J. and Cutting, C. V. (Ed.). *Environmental effects on crop physiology*. Academic Press, London. 75-100 pp.
- Castro, N.; Rufach, H.; Capellino, F.; Domínguez, R. y Paccapelo, H. 2011. Evaluación del rendimiento de forraje y grano de triticales y tricepiros. *Rev. Investig. Agrop.* 37(3):281-289.
- Colín, R. M.; Zamora, V. V. M.; Torres, T. M. A. y Jaramillo, S. M. A. 2009. Producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada forrajera en la región lagunera de México. *Téc. Pec. Méx.* 47(1):27-40.
- Félix, V. P.; Ortiz, E. J.; Fuentes, D. G.; Quintana, Q. J. y Grajeda, G. J. 2009. Horas frío con relación al rendimiento de trigo. Áreas de producción del estado de Sonora. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Centro de Investigación Regional del Noroeste (CIRNO)-Campo Experimental Valle del Yaqui, Ciudad Obregón, Sonora, México. Folleto técnico núm. 63. 44 p.
- Fras, A.; Gołebiewska, K.; Gołebiewski, D.; Mankowski, D. R.; Boros, D. and Szcówka, P. 2016. Variability in the chemical composition of triticale grain, flour and bread. *J. Cereal Sci.* 71:66-72.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, DF. 217 p.
- Gelelcha, S.; Fantahun, B.; Yaie, B. and Girma, B. 2007. Triticale (*X Triticosecale* Wittmack) a new addition to the Ethiopian cereals. *Afr. Crop Sci. Conf. Proceed.* 8(1):1991-1995.
- Goyal, A.; Beres, B. L.; Randhawa, H. S.; Navabi, A.; Salmon, D. F. and Eudes, F. 2011. Yield stability analysis of broadly adaptative triticale germplasm in southern and central Alberta Canada, for industrial end-use suitability. *Canad. J. Plant Sci.* 91(1):125-135.
- Hewstone, C.; Acevedo, J. and Clarke, M. 1977. Comportamiento de triticales bajo condiciones extremas de humedad en la zona sur. *In*: Hewstone, C. (Ed.). *Estudios preliminares de triticales en la zona sur de Chile*. INIA Publ. Misc. 5. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Estación Experimental Carillanca. Temuco, Chile. 26-29 pp.
- Lozano del Río, A. J.; Zamora, V. V. M.; Ibarra, J. L.; Rodríguez, H. S. A.; De la cruz, L. E. y De la rosa, I. M. 2009. Análisis de la interacción genotipo-ambiente mediante el modelo AMMI y potencial de producción de triticales forrajeros (*X Triticosecale* Wittmack). *Universidad y Ciencia.* 25(31):81-92.
- Lozano del Río, A. J.; Hernández, A.; González, R. and Béjar, M. 2004. Triticale in México. *In*: Mergoum, M. and Gómez-Macpherson, H. (Ed.). *Triticale improvement and production. Food and Agriculture. Organization of the United Nations*. Rome. 123-130 pp.
- Mellado, Z. M.; Madariaga, B. R. and Matus, T. E. I. 2005. Aguacero-INIA, nuevo cultivar de triticale de primavera para Chile. *Agric. Téc.* 65(1):90-95.

- Mendoza, E. M.; Cortez, B. E.; Rivera, R. J. G.; Rangel, L. J. A.; Andrio, E. E. and Cervantes, O. F. 2011. Época y densidad de siembra en la producción y calidad de semilla de triticale (*X Triticosecale* Wittmack). *Agron. Mesoam.* 22(2):309-316.
- Mendoza, E. M.; Sámano, R. S.; Cervantes, O. F.; Andrio, E. E.; Rangel, L. J. A. y Rivera, R. J. G. 2014. Evaluación de la fertilización integral en la producción de semilla de triticale (*X Triticum secale* Wittmack). *Phyton.* 83(1):93-100.
- Mohammad, F.; Ahmad, I.; Khan, N. U.; Maqbool, K.; Naz, A. and Shaheen, S. 2011. Comparative study of morphological traits in wheat and triticale. *Pakistan J. Bot.* 43(1):165-170.
- Murillo, A. B.; Escobar, H. V.; Fraga, M. H. and Pargas, L. R. 2001. Rendimiento de grano y forraje de líneas de triticale y centeno en Baja California Sur, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 24(2):145-153.
- Paccapelo, H. A.; Funaro, D. O.; Mac, C. T. B. and Melis, O. A. 2004. Rendimiento de grano y sus componentes en cereales sintéticos (tricipiros y triticales). *Rev. Fac. Agron. Universidad Nacional de la Pampa.* 15(1-2):3-8.
- SAS, Institute, Inc. 2002. Version 9.0 of system SAS for Windows, copyright. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- SIAP. 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.gob.mx/siap/>.
- Slafer, G. A. and Savin, R. 2006. Physiology of crop yield. *In: encyclopedia of plant and crop science.* (Ed. Goodman, R.). Taylor and Francis, New York. 1360 p.
- Solís, M. E.; Hernández, M. M.; Borodanenko, A.; Aguilar, A. J. L. and Grajeda, C. O. A. 2004. Duración de la etapa reproductiva y el rendimiento de trigo. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(4):323-332.
- Zadoks, J. C.; Chang, T. T. and Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14(6):415-421.