

<https://orcid.org/0000-0003-0078-7221>  
<https://orcid.org/0000-0003-2378-3338>  
<https://orcid.org/0000-0003-1137-3649>  
<https://orcid.org/0000-0003-4155-8978>

## DESARROLLO DE HÍBRIDOS DE TRIGO CON CITOPLASMA AJENO DE CENTENO

## DEVELOPMENT OF WHEAT HYBRIDS WITH SUBSTITUTED RYE CYTOPLASM

Jenaro Reyes-Matamoros<sup>1</sup>, David Martínez-Moreno<sup>2</sup>, Antonio S. Valderrama-Romero<sup>3</sup>, Marco A. Mora-Ramírez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Instituto de Ciencias. Av. 14 sur 6301, Col. San Manuel, C. P. 72570, Puebla, Pue., México. [jenaro.reyes@correo.buap.mx](mailto:jenaro.reyes@correo.buap.mx)

<sup>2</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias Biológicas. Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio Edificio 112-A, Col. San Manuel, C.P. 72570, Puebla, Pue., México, [davidman850@hotmail.com](mailto:davidman850@hotmail.com)

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Cañete, Escuela Profesional de Agronomía. Calle Canal María Angola, Urb. Santa Rosa de Hualcará, San Vicente de Cañete, Lima, Perú, [avalderrama@undc.edu.pe](mailto:avalderrama@undc.edu.pe)

<sup>4</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias Químicas. Av. San Claudio y 18 Sur, Edificio FCQ 5, Col. San Manuel, C.P. 72570, Puebla, Pue., México, [marco.x.mora@gmail.com](mailto:marco.x.mora@gmail.com)

### Resumen

El objetivo del estudio fue realizar la evaluación productiva de genotipos de trigo con citoplasma de centeno en condiciones de temporal en el municipio de Cuyoaco, Puebla, México. Se evaluó un bloque de genotipos formado por el progenitor masculino, progenitor femenino, las cruzas directas; híbrido 2, híbrido 5, híbrido 9 e híbrido 10, y la variedad Zacatecas como testigo. El experimento fue de un factor con un diseño completamente al azar. Los resultados muestran que el híbrido 2 registró la mayor altura de la espiga principal con 9.06+/-1.22 cm, número de granos de la espiga principal con 31.04+/-9.33, masa de granos de la espiga principal con 1.32+/-0.39 g y masa de 1000 granos con 42.76+/-4.5 g en relación con los híbridos estudiados. Los híbridos con citoplasma de centeno muestran heredabilidad en la altura de la planta, altura de la espiga principal y masa de 1000 granos, ya que todos superan al progenitor masculino.

**Palabras clave:** cereales, genotipo, hibridación, mejoramiento de trigo.

## Abstract

The aim of the study was to carry out the productive evaluation of genotypes of wheat with rye cytoplasm under seasonal conditions in the municipality of Cuyoaco, Puebla, Mexico. A genotype block consisting of the male parent, the female parent, the direct crosses; hybrid 2, hybrid 5, hybrid 9 and hybrid 10, and the Zacatecas variety as a control was evaluated. The experiment was one-factor with a completely random design. The results show that hybrid 2 registered the highest height of the main spike with  $9.06\pm 1.22$  cm, number of grains of the main spike with  $31.04\pm 9.33$ , mass of grains of the main spike with  $1.32\pm 0.39$  g and mass of 1000 grains with  $42.76\pm 4.5$  g in relation to the hybrids studied. The hybrids with rye cytoplasm show heritability in plant height, height of the main spike and mass of 1000 grains, since they all exceed the male parent.

**Key words:** cereals, genotype, hybridization, wheat breeding.

## Introducción

Los cereales se han considerado históricamente como el eje de la agricultura, constituyen un conjunto de plantas de gran importancia para el hombre debido a su aporte energético y de nutrientes. Entre los cereales de mayor producción mundial se encuentran el maíz, el arroz y el trigo, que abastecen el 80% de la producción total de alimentos, este último es el cereal más consumido por el hombre occidental (Serna, 2009).

A nivel mundial, la FAO proyectó la producción de trigo en 771.72 millones de toneladas que ocuparon una superficie sembrada de 243 millones de ha y fueron producidas en 125 países. Los principales países productores de trigo con respecto a la proporción total de 2016/17 son: China (17%), India (13%), Federación de Rusia (11%), Estados Unidos de América (6%) y Francia (5%). Para el periodo 2016/17, China fue el principal productor de trigo con 134,34 millones de toneladas cosechadas en una superficie de 24,50 millones de ha (FAOSTAT, 2017). En México, la superficie cosechada en 24 estados para 2017 fue de 661.4 mil hectáreas dando un total de producción de 3.5 millones de toneladas que refieren un decremento de 9.3% con respecto al año agrícola anterior. El cultivo de trigo tiene una mayor concentración en la zona norte y noroeste del país, el 81% se concentran en los estados de Sonora (43%), Baja California (11%), Guanajuato

(9%); Sinaloa (8%), Michoacán (6%) y Jalisco (4%) (SIAP, 2019). Es necesario señalar que, las variedades resistentes las condiciones desfavorables del ambiente, cultivadas en las zonas agrícolas de riego no siempre garantizan el incremento de la cosecha debido a su falta de plasticidad (Reyes y Martínez, 2001). Surge entonces el problema de la adaptación- correspondencia entre genotipo y medio ambiente, variedad y tecnología.

En este sentido, entre los métodos más conocidos para la obtención de nuevo material genético original para la selección de variedades estables a las condiciones desfavorables del medio ambiente, se ha utilizado en forma insuficiente la herencia citoplásmica y las interacciones núcleo-citoplásmicas como factor inductivo de nuevos caracteres valiosos (Kihara, 1982; Kimber y Tsunewaki, 1988). En esta relación tienen muy especial interés los híbridos de trigo, obtenidos por el método de cruzamiento regresivo, en los cuales el núcleo del trigo blando *Triticum aestivum* L. funciona en un citoplasma ajeno de diferentes especies de *Aegilops*, *Triticum* y *Secale* (Maan y Lucken, 1971). En estos híbridos, la dirección y la dinámica de los procesos de crecimiento y desarrollo están condicionados a las interacciones de los sistemas genéticos del núcleo (del progenitor masculino) y del citoplasma (del progenitor femenino). Por lo tanto, los trabajos tendientes a generar variedades de trigo resistentes a factores adversos resultan importantes. En este documento se presentan los resultados de la evaluación productiva de híbrido de trigo con citoplasma de centeno en condiciones de temporal en el municipio de Cuyoaco, Puebla, México.

## Material y métodos

El estudio se realizó en el municipio de Cuyoaco que se localiza en la parte centro-norte del estado de Puebla, México. Sus coordenadas geográficas son los paralelos: 19° 31' 00" y 19° 43' 06" de latitud norte, y los meridianos 97° 30' 00" y 97° 42' 54" de longitud oeste, a 2437 msnm (INEGI, 2014). En calidad de material vegetal se evaluó un bloque de genotipos de trigo considerados en el cuadro 1. Los híbridos del 2 al 10 son el resultado de la variación de la población híbrida de la cruce directa de los progenitores, donde cada híbrido se agrupó de acuerdo con las características morfológicas de la espiga.

Cuadro 1. Genotipos de trigo estudiados.

Fuente de variación	Genotipos	Abreviatura
Híbrido Centeno Línea 96	Progenitor femenino	P1
Safed Lerma	Progenitor masculino	P2
Híbrido Centeno Línea 96 x Safed Lerma	Híbrido 2	H2
Híbrido Centeno Línea 96 x Safed Lerma	Híbrido 5	H5
Híbrido Centeno Línea 96 x Safed Lerma	Híbrido 9	H9
Híbrido Centeno Línea 96 x Safed Lerma	Híbrido 10	H10
Variedad Zacatecas	Testigo	T

Los híbridos de trigo estudiados fueron creados por Semenov (1978) mediante el método de cruzamiento regresivo. En estos híbridos el núcleo del trigo *Triticum aestivum* L. funciona en un citoplasma ajeno de diferentes especies de *Aegilops*, *Triticum* y *Secale*. El esquema de la obtención de los híbridos de trigo está representado en la figura 1.

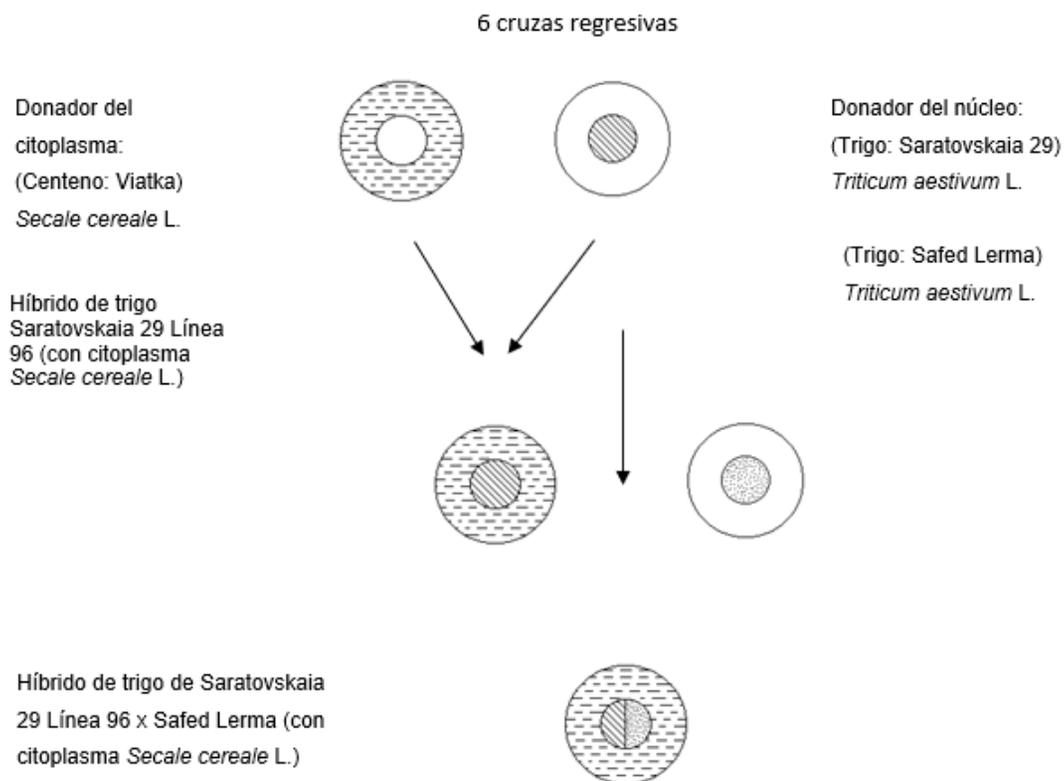


Figura 1. Esquema de la obtención de los híbridos de trigo con citoplasma ajeno.

El experimento fue de un factor con un diseño completamente al azar con cinco cultivares de trigo. El ensayo se realizó en unidades experimentales de 10 surcos de 1 m de largo, espaciados por 15 cm, se sembraron 50 semillas por surco. La siembra se realizó el 25 de mayo de 2017 y la fertilización se aplicó el 17 de junio. La dosis de fertilización fue la relación de 90-70-60 kg/ha. Las fuentes de fertilización empleadas fueron urea (46% de N), superfosfato simple (46% de  $P_2O_5$ ) y cloruro de potasio (60% de  $K_2O$ ). La dosis de fertilización utilizada para 20 m<sup>2</sup> de la superficie sembrada fue de N = 391 g, P = 304 g y K= 200 g. El cálculo de la dosis se realizó con ayuda de la siguiente ecuación:  $X = (A \times Y) / 10000$ , dónde: X= Cantidad de fertilizante a aplicar en la superficie, A= Cantidad de fertilizante aplicada por hectárea, Y= Superficie a utilizar y 10000= m<sup>2</sup> que tiene una hectárea.

Las plantas se cosecharon el 25 de septiembre. Para el análisis estructural de la cosecha se seleccionaron al azar 16 plantas de trigo. Las variables evaluadas fueron la altura de la planta (cm) (API); número de tallos (NT); número de tallos productivos (NTP); altura de la espiga principal (cm) (AEP); número de espiguillas de la espiga principal (NeEP); número de espiguillas desarrolladas de la espiga principal (NeDEP); número de granos de la espiga principal (NGEP); número de granos de la planta (NGPI); masa de granos de la espiga principal (g) (MGEP); masa de granos de la planta (g) (MGPI) y masa de 1000 granos (g) (MG). El análisis estadístico de los resultados se realizó con ayuda del paquete estadístico NCSS 10 y la elaboración de gráficos con el paquete Microsoft Excel. Las comparaciones se realizaron empleando pruebas de t de Student para muestras independientes. La significancia estadística de una comparación en particular se determinó en base a niveles de confianza ( $p < 0.05$ ), en este caso la comparación fue considerada estadísticamente significativa y por tanto implicaba la existencia de una diferencia; si la probabilidad era mayor que 0.05, la comparación se consideró no significativa, por lo que los materiales vegetales comparados podían declararse iguales.

## Resultados

La significancia estadística de una comparación en particular se determinó con base en el nivel de probabilidad del estadístico; si la probabilidad era menor que 0.05, la comparación era considerada estadísticamente significativa y por tanto implicaba la existencia de una diferencia;

si la probabilidad era mayor que 0.05, la comparación era considerada no significativa, por lo que los materiales comparados podían declararse iguales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparaciones entre los genotipos de trigo.

Genotipo	Variables										
	API	NT	NTP	AEP	NeEP	NeDEP	NGEP	NGPI	MGEP	MGPI	MG
P1 vs P2	0.0	0.0	0.0	0.0	---	0.036	0.0	0.007	0.009	0.005	---
P1 vs H2	0.024	0.0	0.0	0.004	0.01	---	0.02	0.001	0.002	0.005	0.0
P1 vs H5	0.0	0.0	0.0	0.0	---	0.0	---	0.0	---	0.0	0.001
P1 vs H9	0.001	0.0	0.0	0.0	---	0.0	0.005	0.0	---	0.0	0.0
P1 vs H10	0.0	0.0	0.0	0.0	---	0.001	---	0.002	---	0.018	0.0
P1 vs T	0.0	0.0	0.0	0.0	0.001	0.0	0.0	0.0	---	0.0	0.0
P2 vs H2	0.0	---	---	0.0	0.012	---	---	---	---	---	0.013
P2 vs H5	0.0	---	---	---	---	---	0.001	0.02	0.02	---	---
P2 vs H9	0.0	0.001	---	0.003	---	0.003	0.0	0.001	0.001	0.024	---
P2 vs H10	0.03	0.0	---	0.005	---	---	0.001	---	---	---	---
P2 vs T	0.002	---	---	---	---	0.002	0.0	0.001	0.0	---	0.0
H2 vs H5	0.0	---	---	0.01	0.007	0.005	0.04	---	0.01	0.048	0.02
H2 vs H9	0.0	0.0	---	---	0.003	0.0	0.0	0.003	0.0	0.002	---
H2 vs H10	0.0	0.0	---	---	0.003	0.01	0.036	---	---	---	---
H2 vs T	0.0	---	---	0.0	0.0	0.0	0.0	0.005	0.0	0.02	0.03
H5 vs H9	---	---	---	---	---	---	0.04	---	---	---	---
H5 vs H10	0.01	0.003	0.03	---	---	---	---	---	---	---	---
H5 vs T	0.0	---	0.04	---	---	---	0.0	---	---	---	0.0
H9 vs H10	0.01	---	---	---	---	0.01	---	0.01	---	0.01	---
H9 vs T	0.0	0.02	---	0.003	---	---	---	---	---	---	0.002
H10 vs T	0.0	0.0	---	0.004	---	0.01	0.0	0.007	0.02	0.02	0.01

El análisis de las comparaciones del progenitor 1 con progenitor 2 muestra que se rechaza la  $H_0$  en las variables en estudio con excepción del número de espiguillas y masa de 1000 granos. De igual manera entre las comparaciones del progenitor 1 con híbrido 2 con excepción del número de espiguillas desarrolladas. Para las comparaciones del progenitor 1 con híbrido 5 con exclusión del número de espiguillas, número de granos de la espiga principal y masa de granos de la espiga principal. En las comparaciones del progenitor 1 con híbrido 9 con excepción del número de espiguillas de la espiga principal y masa de granos de la espiga principal. Entre las comparaciones del progenitor 1 con híbrido 10 con distinción del número de espiguillas de la espiga principal, número de granos de la espiga principal y masa de granos de la espiga principal. Y para las comparaciones del progenitor 1 con testigo con excepción de masa de granos de la espiga principal.

En relación con las comparaciones del progenitor 2 con híbrido 2 se rechaza la  $H_0$  en la altura de la planta con valor de  $t=0.0$ , altura de la espiga principal con  $t=0.0$ , número de espiguillas de la espiga principal con  $t=0.012$  y en la masa de 1000 granos con  $t=0.013$ . Asimismo, entre las comparaciones del progenitor 2 con híbrido 5 con exclusión de la altura de la planta con  $t=0.0$ , número de granos de la espiga principal con  $t=0.001$ , número de granos de la planta con  $t=0.021$  y en la masa de granos de la espiga principal con  $t=0.02$ . Entre las comparaciones del progenitor 2 con híbrido 9 con distinción de la altura de la planta con  $t=0.0$ , número de tallos con  $t=0.001$ , altura de la espiga principal con  $t=0.003$ , número de espiguillas desarrolladas de la espiga principal con  $t=0.003$ , número de granos de la espiga principal  $t=0.0$ , número de granos de la planta con  $t=0.001$ , masa de granos de la espiga principal con  $t=0.001$  y masa de granos de la planta con  $t=0.024$ . En las comparaciones de progenitor 2 con híbrido 10 con excepción de la altura de la planta con  $t=0.035$ , número de tallos con  $t=0.0$ , altura de la espiga principal con  $t=0.005$  y en el número de granos de la espiga principal con  $t=0.001$ . Y para las comparaciones del progenitor 2 con testigo con excepción de la altura de la planta con  $t=0.002$ , número de espiguillas desarrolladas de la espiga principal con  $t=0.002$ , número de granos de la espiga principal con  $t=0.0$ , número de granos de la planta con  $t=0.0$ , masa de granos de la espiga principal con  $t=0.001$ , masa de granos de la espiga principal con  $t=0.0$  y en la masa de 1000 granos con  $t=0.0$ .

Para las comparaciones del híbrido 2 con híbrido 5 se rechaza la  $H_0$  en la altura de la planta con un valor de  $t=0.0$ , altura de la espiga principal con  $t=0.01$ , número de espiguillas de la espiga principal con  $t=0.007$ , número de espiguillas desarrolladas de la espiga principal con  $t=0.005$ , número de granos de la espiga principal con  $t=0.04$ , masa de granos de la espiga principal con  $t=0.01$ , masa de granos de la planta con  $t=0.048$  y en la masa de 1000 granos con  $t=0.02$ . De tal manera las comparaciones del híbrido 2 con híbrido 9 en la altura de la planta con  $t=0.0$ , número de tallos con  $t=0.0$ , número de espiguillas de la espiga principal con  $t=0.003$ , número de espiguillas desarrolladas de la espiga principal con  $t=0.0$ , número de granos de la espiga principal con  $t=0.0$ , número de granos de la planta con  $t=0.003$ , masa de granos de la espiga principal con  $t=0.0$  y masa de granos de la planta con  $t=0.002$ . Entre las comparaciones del híbrido 2 con híbrido 10 la altura de la planta con  $t=0.0$ , número de tallos con  $t=0.0$ , número de espiguillas de la espiga principal con  $t=0.003$ , número de espiguillas desarrolladas de la

espiga principal con un valor de  $t=0.012$  y número de granos de la espiga principal con  $t=0.036$ . Y las comparaciones del híbrido 2 con testigo en la altura de la planta con  $t=0.0$ , altura de la espiga principal con  $t=0.0$ , número de espiguillas de la espiga principal con  $t=0.0$ , número de espiguillas desarrolladas de la espiga principal con  $t=0.0$ , número de granos de la espiga principal con  $t=0.0$ , número de granos de la planta con  $t=0.005$ , masa de granos de la planta con  $t=0.026$  y en la masa de 1000 granos con  $t=0.039$ .

Para las comparaciones del híbrido 5 con híbrido 9 se rechaza la  $H_0$  en el número de granos de la espiga principal con un valor de  $t=0.04$ . De manera similar para las comparaciones del híbrido 5 con híbrido 10 en la altura de la planta con  $t=0.01$ , número de tallos con  $t=0.003$ , número de tallos productivos con  $t=0.04$ , número de espiguillas de la espiga principal con  $t=0.0$  y número de espiguillas desarrolladas de la espiga principal con  $t=0.03$ . Y entre las comparaciones del híbrido 5 con testigo en la altura de la planta con  $t=0.0$ , número de tallos productivos con  $t=0.04$ , número de granos de la espiga principal con  $t=0.0$  y en la masa de 1000 granos con  $t=0.0$ .

Para las comparaciones del híbrido 9 con híbrido 10 se rechaza la  $H_0$  en la altura de la planta con un valor de  $t=0.01$ , número de espiguillas desarrolladas de la espiga principal con  $t=0.01$ , número de granos de la planta con  $t=0.01$  y en la masa de granos de la planta con  $t=0.01$ . Así como entre las comparaciones del híbrido 9 con testigo en la altura de la planta con  $t=0.0$ , número de tallos con  $t=0.02$ , altura de la espiga principal con  $t=0.003$  y en la masa de 1000 granos con  $t=0.002$ .

Por último, entre las comparaciones del híbrido 10 con testigo se rechaza la  $H_0$  en las variables en estudio con excepción del número de tallos productivos y número de espiguillas de la espiga principal.

En el cuadro 3 se presentan los elementos productivos de los genotipos de trigo. Los resultados indican que en relación con la altura de la planta (cm), las medias varían desde  $99.5 \pm 10.66$  (Híbrido 2) hasta  $54.8 \pm 10.1$  (Testigo). Se observa que la altura de la planta del progenitor femenino tuvo heredabilidad dentro de los híbridos, ya que todos ellos sobrepasaron la altura del progenitor masculino. El híbrido 10 es el que más se acerca al valor del testigo.

Cuadro 3. Elementos productivos de los genotipos de trigo.

Genotipos	Variables										
	API	NT	NTP	AEP	NeEP	NeDE P	NGEP	NGPI	MGEP	MGPI	MG
P1	91.61 +/- 16.0	5.41 +/- 2.76	3.9 +/- 2.08	10.0 +/- 1.42	13.6 +/-1.48	12.47 +/-1.9	26.8 +/-7.22	68.4 +/-46.4	1.04 +/-0.36	2.38 +/-1.39	35.6 +/-6.0
P2	62.7 +/- 7.97	1.36 +/- 0.58	1.27 +/- 0.55	7.61 +/- 1.01	13.27 +/-1.1	11.45 +/-1.9	33.7 +/-7.8	40.3 +/-17.6	1.27 +/-0.32	1.48 +/-0.77	38.56 +/-6.5
H2	99.5 +/- 10.66	1.28 +/- 0.61	1.24 +/- 0.59	9.06 +/- 1.22	14.68 +/-2.28	12.44 +/-2.21	31.04 +/-9.33	33.1 +/-13.48	1.32 +/-0.39	1.55 +/-0.61	42.76 +/-4.5
H5	76.48 +/- 11.7	1.64 +/- 0.75	1.2 +/-0.4	8.12 +/- 1.26	13.0 +/-1.79	10.68 +/-2.01	26.2 +/-6.6	29.88 +/-12.1	1.05 +/-0.31	1.22 +/-0.5	39.8 +/-3.87
H9	75.82 +/-8.6	2.04 +/-0.7	1.20 +/- 0.50	8.61 +/- 1.13	12.9 +/-1.5	9.70 +/-1.85	21.9 +/-7.5	24.8 +/-11.6	0.9 +/-0.3	1.03 +/-0.5	40.8 +/-5.2
H10	68.86 +/- 10.7	2.4 +/-1.0	1.56 +/-0.7	8.6 +/-1.2	12.9 +/-1.5	10.9 +/-1.7	25.6 +/-8.2	38.0 +/-22.4	1.1 +/-0.4	1.6 +/-1.04	41.7 +/-6.1
T	54.8 +/- 10.1	1.6 +/-0.7	1.5 +/-0.7	7.7 +/-1.1	12.6 +/-1.6	9.8 +/-1.9	19.3 +/-6.2	26.7 +/-12.8	0.9 +/-0.38	1.2 +/-0.5	45.9 +/-6.8

El número de tallos oscila entre 5.41+/-2.76 (Progenitor Femenino) y 1.28+/-0.61 (Híbrido 2). El número de tallos de los híbridos 9 y 10 superan al testigo, aun cuando están muy por debajo del progenitor femenino. Respecto al número de tallos productivos, las medias varían desde 3.9+/-2.08 (Progenitor Femenino) hasta 1.2+/-0.4 (Híbrido 5). El número de tallos de todos los híbridos están en el rango de valores entre el progenitor masculino y el testigo.

En cuanto a la altura de la espiga principal (cm), las medias van desde 10.0+/-1.42 (Progenitor Femenino) hasta 7.61+/-1.01 (Progenitor Masculino). La altura de la espiga principal del progenitor femenino tuvo heredabilidad dentro de los híbridos, quienes superaron al progenitor masculino.

El número de espiguillas de la espiga principal cambia desde 14.68+/-2.28 (Híbrido 2) hasta 12.6+/-1.6 (Testigo). El número de espiguillas de la espiga principal del híbrido 2 está por encima del rango de valores del progenitor masculino y el testigo, en cuanto al resto de los híbridos están dentro del rango de valores del progenitor masculino y Zacatecas. En relación al número de espiguillas desarrolladas de la espiga principal, las medias oscilan desde 12.47+/-1.9 (Progenitor Femenino) a 9.70+/-1.85 (Híbrido 9). El número de espiguillas desarrolladas de la espiga principal del híbrido 2 supera los valores

del progenitor masculino, en cuanto a los otros híbridos restantes están dentro del rango de valores del progenitor masculino y Zacatecas.

El número de granos de la espiga principal va desde  $33.7 \pm 7.8$  (Progenitor Masculino) hasta  $19.3 \pm 6.2$  (Testigo). Se observa que el número de granos en la espiga principal tuvo heredabilidad dentro de los híbridos, aun cuando los valores están por valor por debajo del progenitor masculino. El híbrido 2 presentó la mejor respuesta. Referente al número de granos de la planta, las medias varían desde  $68.4 \pm 46.4$  (Progenitor Femenino) a  $24.8 \pm 11.6$  (Híbrido 9). La respuesta de los individuos está dentro del rango de valores del progenitor masculino y el testigo.

La masa de granos de la espiga principal (g) varía desde  $1.32 \pm 0.39$  (Híbrido 2) hasta  $0.9 \pm 0.3$  (Híbrido 9). Se observa que los híbridos están por debajo del valor del progenitor masculino con excepción del híbrido 2. En relación con la masa de granos de la planta (g), las medias oscilan desde  $2.38 \pm 1.39$  (Progenitor Femenino) hasta  $1.03 \pm 0.5$  (Híbrido 9). Se observa que casi todos los individuos están dentro del rango de valores del progenitor masculino y el testigo con excepción de híbrido 9.

La masa de 1000 granos (g) varía desde  $45.9 \pm 6.8$  (Testigo) a  $35.6 \pm 6.0$  (Progenitor Femenino). Se observa que para la masa de 1000 granos de los híbridos están por encima de los progenitores, no obstante, por debajo del testigo.

## Discusión

Los procesos de desertificación en los últimos años adquieren cada vez más un carácter global. La intensificación de la radiación solar, la alta temperatura del aire, la baja humedad relativa del aire y la alta resequead del suelo conducen a sequías prolongadas y a una disminución sustantiva de la productividad de los cultivos agrícolas. Por tales motivos, en la creación de variedades tolerantes a la sequía se debe de considerar la amplitud de sus reacciones adaptativas y en la producción agrícola se recomiendan variedades que en condiciones favorables no ceden a las variedades no tolerantes, y en condiciones de estrés, ampliamente las superan en productividad. Entre los más diversos modelos genéticos utilizados en la búsqueda de enfoques para la solución de este problema, tienen un lugar muy especial los híbridos de trigo con citoplasma ajeno (Reyes, 2000). Es conocido, que el genotipo como conjunto de todos los factores genéticos

determina la reacción de las plantas a las condiciones desfavorables del medio ambiente (Zajarov *et al.*, 2003).

Se observó que entre el progenitor femenino vs el híbrido 2, híbrido 10 y Zacatecas existen diferencias significativas. Estos resultados coinciden con trabajos similares realizados por Martínez (2005), García (2017), Reyes *et al.* (2019) y Amador (2019). Para la masa de 1000 granos se muestra que el híbrido 10 obtuvo el segundo mejor valor siendo este carácter el de importancia agronómica, dichos resultados concuerdan con un estudio similar realizado por Badillo (2019) el cual sugiere el uso del híbrido 10 para la siembra en el municipio de Cuyoaco, Puebla en condiciones de temporal. En cuanto a la altura de la planta se observa que el híbrido 2 obtuvo el valor más alto y el híbrido 10 el valor más bajo y el más cercano al testigo, esto sugiere que no existe una relación en cuanto a la masa de 1000 granos que es el carácter agronómico de mayor valor, estos resultados coinciden con un estudio reportado por Plana (2006).

## Conclusiones

El híbrido 2 con fuente de variación Híbrido Centeno Línea 96 x Safed Lerma registró la mayor altura de la espiga principal con  $9.06 \pm 1.22$  cm, número de granos de la espiga principal con  $31.04 \pm 9.33$ , masa de granos de la espiga principal con  $1.32 \pm 0.39$  g y masa de 1000 granos con  $42.76 \pm 4.5$  g en relación con los híbridos estudiados.

Los híbridos con citoplasma de centeno muestran heredabilidad en la altura de la planta, altura de la espiga principal y masa de 1000 granos, ya que todos superan al progenitor masculino.

Se puede inducir mayor variación genética en las plantas para la selección de variedades de trigo teniendo como principal portador de material genético al progenitor femenino con citoplasma de centeno.

## Bibliografía

- Amador, O., E.A. (2019). Estudio comparativo de morfobiotipos de trigo con citoplasma *Secale cereale* L. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas. BUAP, México, 57 p.
- Badillo, S., H.; Cruz, F., Ma.; Gómez, S., J.; Juárez, H., B.; Lavariega, E., L. y Reyes, M., J. (2019). Análisis de componentes principales y comparativo para caracteres agronómicos de una población híbrida de trigo. XII Semana Internacional de la Estadística y la Probabilidad, FCFM-BUAP, México, 5 p.

- FAOSTAT. (2017). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [Disponible en <http://www.fao.org/faostat/en/#home>].
- García, M., Ma.L. (2017). Evaluación de híbridos de trigo con citoplasma *Secale cereale* L. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas. BUAP, México, 56 p.
- INEGI, (2014). Anuario estadístico y geográfico de Puebla. Puebla: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Kihara, H. (1982). Importance of cytoplasm in plant genetics, *Cytologia*, 47: 435-450.
- Kimber, G. and Tsunewaki, K. (1988). Genome symbols and plasma types in the wheat group. In: Miller, T.E. and Koebner, R.M.D. (eds.) Proc. 7th Int. Wheat Symp., Cambridge 1987, pp. 1209-1211.
- Maan, S.S. and Lucken, K.A. (1971). Nucleic-cytoplasmic interactions involving *Aegilops* cytoplasm and *Triticum* genomes. *J. of Heredity*, 62(3): 149-153.
- Martínez, S., K. (2005). Estudio comparativo de caracteres agronómicos de una población híbrida de trigo (*Triticum aestivum* L.) con citoplasma de centeno (*Secale cereale* L.). Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, BUAP, México, 82 p.
- NCSS 10 (Statistical Software). (2015). NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA.
- Plana, R.; Álvarez, M. y Varela, M. (2006). Evaluación de una colección del género *Triticum*: trigo harinero (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*), trigo duro (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) y triticale (x *Triticum secale* Wittmack) en las condiciones del occidente de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 27: 49-52.
- Reyes M., J.M. (2000). Respuesta del trigo aloctoplásmico a la influencia de biorreguladores en condiciones de déficit hídrico. BUAP, CONACYT, Ed. Ducere, México, 50 p.
- Reyes, M., J. y Martínez, M., D. (2001). La plasticidad de las plantas. *Elementos*, 41(8): 39-43.
- Reyes, M., J.; Nikolaenko, I.V. y Martínez, M., D. (2019). Evaluación de genotipos de trigo con genoma citoplásmico ajeno. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*, 10(24): 94-103.
- Serna, S, S.R.O. (2009). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. AGT Editor, México.
- Semenov, O.G. (1978). Método para crear formas híbridas iniciales - ACPG. [Disponible en: <http://www.wheat-acp.narod.ru/shema.html>].
- SIAP. (2019). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [Disponible en: [www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx)].
- Zajarov, V.E.; Semenov, O.G. y Reyes, M., J.M. (2003). Variabilidad de caracteres agronómicos valiosos de híbridos de trigo aloctoplásmico con diferentes tipos de citoplasma. En: Trigo aloctoplásmico y algunos aspectos de biotecnología de plantas, Sputnik Plus, Moscú, pp. 57-65.