



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**ESTUDIO COMPARATIVO DE MORFOBIOTIPOS DE TRIGO
CON CITOPLASMA *Secale cereale* L.**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**PRESENTA:
EMMANUEL ALEJANDRO AMADOR ORTEGA**

**DIRECTOR:
DR. JENARO REYES MATAMOROS**

PUEBLA, PUE., 12 DE NOVIEMBRE DE 2019



AGRADECIMIENTOS

La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por abrir sus puertas del conocimiento para mi.

La Facultad de Ciencias Biológicas por haber recibido de ella información profesional, por los excelentes catedráticos de los que pude aprender y hacer de mi vida universitaria una experiencia enriquecedora e inolvidable.

A el Dr. Jenaro Reyes Matamoros por aceptarme para realizar esta tesis ya que sin su gran apoyo y sabiduria no hubiera sido posible este trabajo.

DEDICATORIA

A el universo , por darme la oportunidad de estar vivo y así poder dar lo mejor de mi para el mundo en el que vivo y para los seres vivos que me rodean.

Principalmente quiero dedicar este trabajo a mis padres por darme la vida y el apoyo incondicional que es algo invaluable para mi, gracias por creer en mi y ser mi ejemplo de vida.

A Aranzazú Ayala Martínez por estar conmigo en momentos difíciles y siempre sacar lo mejor de mi.

A mi tío Juan Carlos Cruz Gonzáles por apoyarme cuando lo necesite y ser un ejemplo a seguir en todos los aspectos.

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN.	10
II. ANTECEDENTES.	11
2.1. Importancia del trigo.	11
2.1.1. Producción mundial.	12
2.1.2. Producción en México.	13
2.1.3. Producción en Puebla.	15
2.2. Botánica y taxonomía del trigo.	17
2.2.1. Origen.	17
2.2.2. Clasificación.	18
2.2.3. Nomenclatura.	19
2.3. Biología del trigo.	19
2.3.1. Características morfológicas.	19
2.3.1.1. Raíces.	19
2.3.1.2. Tallo.	19
2.3.1.3. Hojas.	19
2.3.1.4. Estructuras florales, polinización y grano.	20
2.3.1.5. Crecimiento.	22
2.3.2. Características genéticas.	23
2.4. Mejoramiento de trigo.	23

III.	JUSTIFICACIÓN.	24
IV.	OBJETIVO.	25
V.	HIPÓTESIS.	25
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS.	26
6.1.	Ubicación geográfica.	26
6.2.	Material vegetal.	27
6.3.	Método de campo.	28
6.4.	Variables.	29
6.5.	Análisis de datos.	30
VII.	RESULTADOS.	30
VIII.	DISCUSIÓN.	40
IX.	CONCLUSIONES.	52
X.	BIBLIOGRAFÍA.	53
XI.	APÉNDICE.	57

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Producción de trigo en México.	13
Cuadro 2. Principales estados productores de trigo en México.	14
Cuadro 3. Principales municipios productores de trigo en Puebla.	15
Cuadro 4.. Producción de trigo en Puebla.	16
Cuadro 5. Época de siembra y variedades.	16
Cuadro 6. Genotipos de trigo estudiados.	27
Cuadro 7. Variables evaluadas en las plantas de trigo.	29
Cuadro 8. Comparaciones entre los genotipos de trigo.	30

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Principales países productores de trigo.	12
Figura 2. Ubicación geográfica del Municipio de Cuyoaco, Puebla.	26
Figura 3. Híbrido de trigo Saratovskaia 29 línea 96 x Safed Ierma (con citoplasma <i>Secale cereale</i> L.).	35
Figura 4. Altura de la planta (cm).	41
Figura 5. Número de tallos.	41
Figura 6. Número de tallos productivos.	42
Figura 7. Altura de espiga principal (cm).	42
Figura 8. Número de espiguillas en la espiga principal.	43
Figura 9. Número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal.	43
Figura 10. Número de granos en la espiguilla principal.	44
Figura 11. Número de granos en planta.	44
Figura 12. Masa de granos en espiga principal (g).	45
Figura 13. Masa de granos en planta (g).	45
Figura 14. Masa de 1000 granos (g).	46

RESUMEN

El objetivo del estudio fue realizar la evaluación productiva de genotipos de trigo con citoplasma de *Secale cereale* L. 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 cruza directas; morfobiotipo 2, morfobiotipo 3, morfobiotipo 4, morfobiotipo 5, morfobiotipo 9 y morfobiotipo 10, y la variedad Zacatecas como testigo. El experimento fue de un factor con un diseño completamente al azar. Las variables registradas fueron la altura de la planta, número de tallos y tallos productivos, altura de la espiga principal, número de espiguillas en la espiga principal y espiguillas desarrolladas en la espiga principal, número de granos en espiga principal y granos en la planta, masa de granos en la espiga principal y granos en la planta y masa de 1000 granos. Los resultados muestran que La cruza directa HACP centeno L96 x Safed lerma (M5) presenta los mejores valores con respecto a la altura de la espiga principal, numero de granos en la planta, siendo estos caracteres importantes para la producción de grano. La cruza directa HACP centeno L96 x Safed lerma (M2) muestra el mejor valor con respecto a la masa de 1000 granos. La cruza directa HACP centeno L96 x Safed lerma (M9) incrementa el número de granos en la espiga principal y masa de granos en la espiga principal. Por último, se puede mejorar la variación genética, teniendo como principal portador de material genético la cruza directa HACP centeno L96 x Safed lerma (M2).

ABSTRACT

The aim of the study was to carry out the productive evaluation of genotypes of wheat with cytoplasm of *Secale cereale* L. under seasonal conditions in the municipality of Cuyoaco, Puebla, Mexico. A genotype block consisting of the male parent, the female parent, the direct crosses; morphobiotpe 2, morphobiotpe 3, morphobiotpe 4, morphobiotpe 5, morphobiotpe 9 and morphobiotpe 10, and the Zacatecas variety as a control. The experiment was a factor with a completely random design. The registered variables were the plant height, number of stalks and productive stalks, length of the principal spike, number of spikelets grow in the principal spike and spikelets developed in the main spike, number of grains in main spike and grains in the plant, grain mass in the principal spike, grain mass in the plant and the mass of 1000 grains. The results show that the direct cross HACP rye L96 x Safed lerma (M5) presents the best values with respect to the height of the main spike, number of grains in the plant, these characters being important for grain production. The direct cross HACP rye L96 x Safed lerma (M2) shows the best value with respect to the mass of 1000 grains. The direct cross HACP rye L96 x Safed lerma (M9) increases the number of grains in the main spike and mass of grains in the main spike. Finally, genetic variation can be improved, having as main carrier of genetic material the direct cross HACP rye L96 x Safed lerma (M2).

I. INTRODUCCIÓN.

La masa terrestre mundial, excluyendo la Antártida, comprende 13 300 millones de ha. Alrededor del 11 por ciento (1 463 millones de ha) se utiliza para cultivos agrícolas, El 28% (3 724 millones de ha) para usos forestales, el 35% (4 655 millones de ha) comprende pastizales y ecosistemas forestales, el 22% (2 926 millones de ha) es estéril o tiene poca vegetación y el 3% (399 millones de ha) se usa para asentamientos humanos o infraestructura y está ocupado por aguas interiores. La intensidad de cada tipo de cobertura terrestre varía sustancialmente en todo el mundo según las condiciones climáticas y las influencias antropogénicas (Fischer *et al.*, 2012).

En todo el mundo, la superficie apta para el cultivo es de 4 400 millones de ha. Gran parte de las tierras que en este momento no se utilizan para la agricultura presentan diversas limitaciones, como su fragilidad ecológica, su baja fertilidad, su toxicidad, la elevada incidencia de enfermedades o la falta de infraestructuras (Fischer *et al.*, 2002). El porcentaje del total de la superficie agrícola mundial que es de secano representa un 80% (1 200 millones de ha) y la superficie agrícola de regadío representa el otro 20% (300 millones de ha).

La superficie neta cultivada del mundo se ha incrementado en un 12% en los últimos cincuenta años, en gran parte a expensas de los bosques, los humedales y las zonas de pastizales. Se espera que, para el 2050, el crecimiento de la población se traducirá en un aumento del 70% en la demanda mundial de productos agrícolas. Las proyecciones indican que este aumento de producción se derivará principalmente de una explotación más intensiva de las actuales tierras cultivadas.

México cuenta con una superficie de 196.4 millones de ha: de dicha superficie, el 71.66% son tierras con problemas de sequía (4.31% es desierto, 33.92% es árido y 33.43% es semiárido), el 22.16% corresponde a zonas semihúmedas y de transición, y el 6.22%, a las húmedas (López, 1996). La superficie con potencial agrícola se ha calculado en 34.7 millones de ha (FAO, 2012).

II. ANTECEDENTES.

2.1. Importancia del trigo.

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, los principales productores son China, Estados Unidos e India; una gran extensión de cultivo se encuentra en Rusia, Europa, Canadá, Australia y Argentina (Serna-Saldívar, 2009).

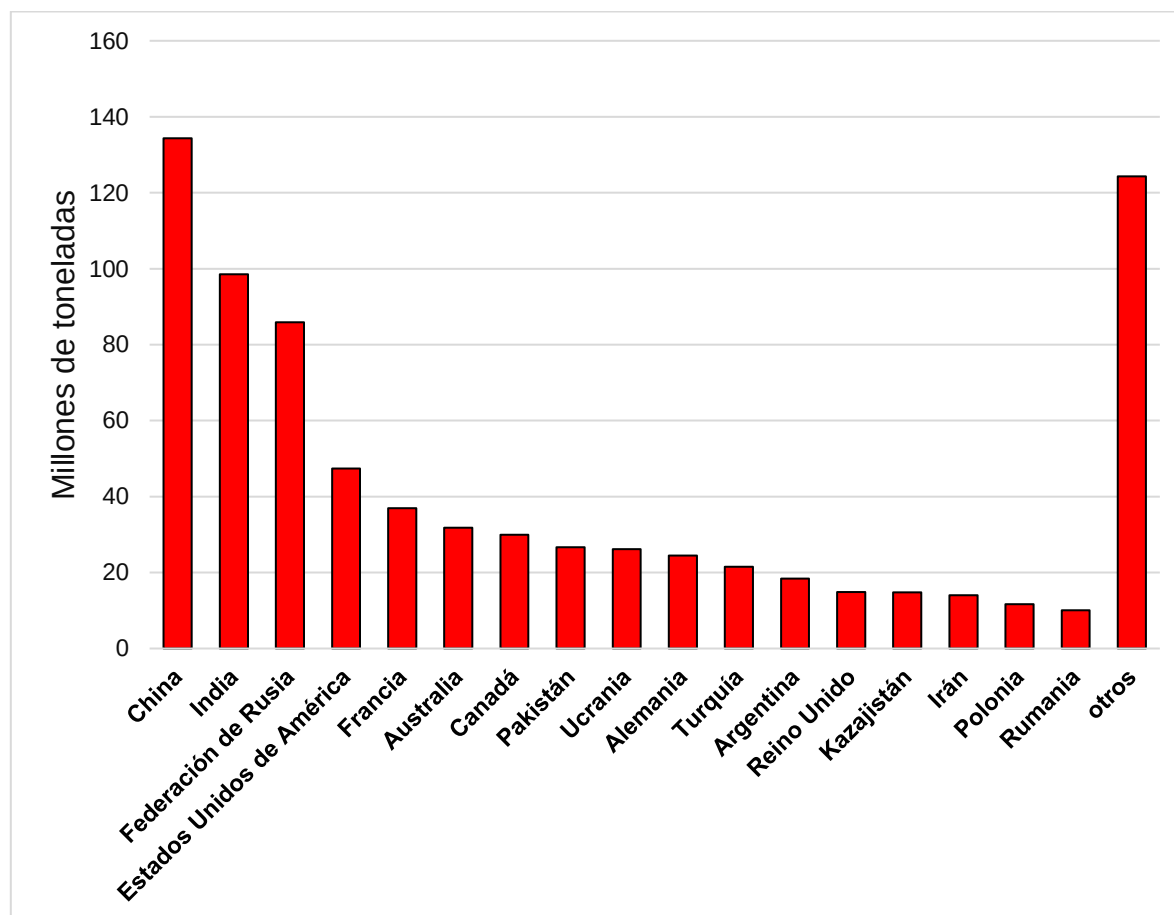
La palabra trigo proviene del latín *Triticum* cuyo significado es quebrado, triturado o trillado y hace referencia al proceso que se sigue para separar la semilla de su cascarilla. El grano de trigo es fácil de transportar y almacenar, utilizándose para obtener una gran variedad de productos, tales como harina, harina integral, sémola y malta, los cuales constituyen la materia prima para la elaboración de otra gran variedad de productos alimenticios. Además, en Europa fue importante también para la fabricación de papel y cartón (Serna-Saldívar, 2009).

La composición del grano de trigo puede variar de acuerdo a la región, condiciones de cultivo y año de cosecha. También la calidad y cantidad de nutrientes dependen de las especies de los trigos que influirán en sus propiedades nutritivas y funcionales (Kamal *et al.*, 2009; Serna-Saldívar, 2009). En general, el grano maduro está compuesto por hidratos de carbono, compuestos nitrogenados, lípidos, minerales y agua, junto con trazas de vitaminas, enzimas y otras sustancias (Kent, 1987; Altenbach *et al.*, 2003).

2.1.1. Producción mundial.

Para el nivel mundial del año 2017 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 (FAO, 2017).

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%) (Figura 1). 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 (FAO, 2017).



Fuente: FAO, 2017.

Figura 1. Principales países productores de trigo.

2.1.2. Producción en México.

La superficie destinada a la producción de trigo se divide, por su régimen de humedad, en temporal y riego. La superficie cosechada de México 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 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producción de trigo en México.

Periodo	Producción (ton)
2012-2013	3,315,822
2013-2014	3,357,306
2014-2015	3,669,813
2015-2016	3,710,706
2016-2017	3,862,914
2017	3,503,520

Fuente: SIAP, 2019. Ciclo: Año Agrícola OI+PV 2016 Modalidad: Riego + Temporal (Trigo grano).

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, 2017) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Principales estados productores de trigo en México.

Estado	Superficie cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)	PMR (\$/ton)	Valor de la producción (Miles de pesos)
Sonora	281,917.33	1,788,866.4	6.35	3,864.68	6,913,403.31
Baja California	73,471.35	396,716.61	5.4	3,732.78	1,480,854.54
Guanajuato	62,565.5	355,173.29	5.68	3,811.2	1,353,637.33
Sinaloa	54,684.7	273,916.64	5.01	3,547.98	971,851.27
Michoacán	41,683.5	227,815.47	5.47	3,819.31	870,097.75
Jalisco	28,281.4	144,172.19	5.1	3,676.53	530,053.35
Chihuahua	18,748.66	95,092.3	5.07	3,560.77	338,601.83
Nuevo León	25,644.5	53,079.15	2.07	3,519.34	186,803.68
Tlaxcala	19,713	50,465.1	2.56	3,809.9	192,266.76
Coahuila	7,419	27,311.14	3.68	3,873.12	105,779.26
Durango	7,604	20,588.77	2.71	3,654.48	75,241.23
Baja California Sur	3,071.5	17,661.86	5.75	4,141.85	73,152.77
Oaxaca	13,057.9	13,443.95	1.03	4,302.76	57,846.06
México	5,123.7	11,547.06	2.25	3,403.6	39,301.62
Zacatecas	8,255.5	10,889.3	1.32	3,771.27	41,066.46
Puebla	2,656.7	6,128.95	2.31	3,573.47	21,901.62

Fuente SIAP, 2017. Ciclo: Año Agrícola OI+PV 2016 Modalidad: Riego + Temporal (Trigo grano).

En México, los trigos se clasifican de acuerdo a su funcionalidad en fuertes, medio fuertes, suaves, tenaces y cristalinos. En la región noroeste del país, Sonora y norte de Sinaloa, se siembran los trigos panaderos y cristalinos (que corresponden a los trigos fuertes, medio fuertes, tenaces y cristalinos), mientras que los trigos suaves se cultivan en el estado de Guanajuato (región del Bajío) y en el estado de Chihuahua (Serna-Saldívar, 2009).

2.1.3. Producción en Puebla.

El estado de Puebla cuenta con una superficie territorial total de 3,391,900 ha, que representan el 1.75 % de la superficie nacional. Del total de esta superficie, 926,176.47 ha son de uso agrícola (755,020.92 ha de temporal y 171,155.55 ha de riego). La superficie forestal es de 1,323,716 hectáreas que se dividen en: 603,000 de bosques de clima templado, 595,293 de selva caducifolia y 170,571 de matorrales.

En la región centro del estado que comprende los distritos de Libres, Zacatlán, Tecamachalco, Cholula se siembra el 95% de la superficie estatal. Los principales municipios del distrito de Libres que siembran trigo son: Nopalucan, Cuyoaco, Libres, Soltepec y Cañada de Morelos. En el distrito de Zacatlán, los municipios que siembran trigo son: Chignahuapan, Zacatlán e Ixtacamaxtitlán. En el distrito de Tecamachalco, los municipios que siembran trigo son: Palmar de Bravo, Acatzingo y Tepanco de López. Finalmente, en el distrito de Cholula los municipios que siembran trigo son: Cuautinchán, Tecali de Herrera, Tepeaca, Acajete, Amozoc y Tzicatlacoyan (Cuadro 3). El 5% restante se siembra en los municipios de Caltepec, Zapotitlán, Vicente Guerrero, Ajalpan, Chapulco, Tehuacán, San Antonio Cañada pertenecientes al distrito de Tehuacán (SIAP, 2019).

Cuadro 3. Principales municipios productores de trigo en Puebla.

Municipio	Superficie cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
Nopalucan	360	1260	3.5
Chignahuapan	353	1059	3
Cuyoaco	195	655.2	3.36
Palmar de Bravo	300	396	1.32
Cuautinchán	237.3	340.5	1.43
Tecali de Herrera	212	292.3	1.38
Libres	80	260	3.25

Fuente: SIAP, 2019. Ciclo: PV Modalidad: Temporal. Trigo grano.

En el Estado de Puebla durante el año 2017 la superficie cosechada fue de 2656.7 hectáreas, el volumen de la producción fue de 6128.95 toneladas con un rendimiento de 2.31 toneladas por ha (SIAP, 2019).

Para el ciclo agrícola Ol+PV 2017 el estado de Puebla contó con una superficie sembrada de trigo (tanto temporal como riego) de 2,430.20 hectáreas, la superficie cosechada fue de 2,430.20 hectáreas, el volumen de producción fue de 5,687.63 toneladas y un rendimiento por hectárea de 2.34 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Producción de trigo en Puebla.

Parámetros	Riego	Temporal	Total
Superficie sembrada (ha)	226.50	2,430.20	2,430.20
Superficie cosechada (ha)	226.50	2,430.20	2,430.20
Producción (ton)	441.32	5,687.63	5,687.63
Valor (miles de pesos)	1,531.03	20,370.59	20,370.59
Rendimiento (ton/ha)	1.95	2.34	2.34
PMR valor de la cosecha (\$/ton)	3,469.21	3,581.56	3,581.56

Fuente: SIAP. 2019. Anuario Estadístico de la producción agrícola Ol+PV 2017.

Las variedades de trigo que se recomiendan sembrar en el Estado de Puebla y su época de siembra se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Época de siembra y variedades.

Mayo				Junio			
15	20	25	31	5	7	10	15
Rebeca F-2000							
	Triunfo F-2004						
	Nahuatl F-2000						
	Nana F-2007						
	Altiplano F-2007						
		Tlaxcala F-2000					

Fuente: Agenda Técnica Agrícola Puebla, SAGARPA, 2015.

2.2. Botánica y taxonomía del trigo.

2.2.1. Origen.

El trigo es uno de los cereales que más aparece en la literatura occidental, incluso en la Biblia es citado hasta 40 veces.

Estudios con marcadores moleculares han demostrado que la domesticación del Trigo (*Triticum aestivum* L.) inició alrededor del año 12.000 A.C., en las montañas del sureste de Turquía en donde este cereal tiene su origen; 2.000 años más tarde el trigo se distribuyó hacia el norte y el sur de Mesopotamia por la cuenca mediterránea hasta llegar a Italia y España en el año 7.000 A.C. (Mac Key, 2005).

Las variedades del trigo actuales (*Triticum aestivum*) han evolucionado por diferenciación genómica y por cruzamiento con trigos silvestres. Las tres especies originales, conocidas como trigos antiguos, son espelta (*Triticum spelta*), farro (*Triticum diococcum*) y escanda (*Triticum monococcum*). Una ventaja de los trigos antiguos es que retienen su cascarilla, que protege al grano maduro del ataque de insectos y se elimina antes del procesamiento del grano; en cambio, en los granos actuales esta cascarilla se trilla fácilmente durante la cosecha (Collar, 2007).

Los trigos tetraploides se originaron por la duplicación espontánea de los cromosomas procedentes del cruzamiento natural de un trigo diploide, *Triticum urartu* con otra especie diploide próxima a *Aegilops speltoides* de la sección *Sitopsis* del género *Aegilops* (Mac Key, 2005).

Cristóbal Colón, durante su segundo viaje el 25 de septiembre de 1493 desde España, transportó las primeras semillas de trigo a las Américas. Fue introducido en México por los españoles en el año 1520 y luego llevado a sus demás colonias (Gómez-Pallarés *et al.*, 2007). El trigo traído y conservado por el español hace parte indispensable de su dieta alimenticia que no fue aceptada por el indígena (Trujillo *et al.*, 1990).

2.2.2. Clasificación.

El trigo pertenece a la división Magnoliophyta, clase Liliopsida, orden Poales, familia Poaceae, subfamilia Festucoidae, tribu Hordeae, género *Triticum*. Este comprende alrededor de 30 tipos de trigo que tienen suficientes diferencias genéticas como para ser consideradas especies distintas o subespecies (Mac Key, 2005).

Las especies del género *Triticum* pueden agruparse en tres secciones naturales distinguibles por su número básico de cromosomas (7, 14 ó 21), teniendo todas las especies un origen probablemente monofilético (Mac Key, 2005).

2.2.3. Nomenclatura.

Carl Von Linneo en su obra *Species Plantarum* publicada en 1753 fue el primero en describir y clasificar al trigo basándose en caracteres morfológicos y fisiológicos. Posteriormente los trabajos de Sakumura en 1918 basados en citogenética dieron lugar a una nueva clasificación que refería al número de cromosomas presentes en cada tipo morfológico previamente reconocido por Linneo.

Dichos trabajos mostraron que los trigos podían presentar 14 cromosomas (siete pares) o múltiplos de 14 cromosomas en cada célula somática. Los trigos diploides (14 cromosomas), trigos tetraploides (28 cromosomas) y trigos hexaploides (42 cromosomas). Después del trabajo de Sakumura se propusieron bastantes clasificaciones. Actualmente la más aceptada es la que propuso Mac key en 1988 ya que es una de las que más respeta las reglas de la nomenclatura botánica y la única que otorga el mismo peso a criterios morfológicos, fisiológicos, citológicos, genéticos, bioquímicos y evolutivos.

2.3. Biología del trigo.

2.3.1. Características morfológicas.

Los trigos se clasifican en base a la altura de los tallos en: trigos enanos (25 a 30 cm de altura); trigos semienanos (50 a 70 cm de altura); trigos intermedios (70 a 120 cm de altura) y trigos altos (120 a 180 cm de altura).

2.3.1.1. Raíces.

La planta de trigo posee dos tipos de raíces; las raíces seminales o primarias originadas de los primordios radicales del embrión de la semilla, aparece durante la germinación a través de la coleorriza, posteriormente emergen 4 o 5 raíces seminales laterales, los cuales, forman el sistema de raíz seminal que brindan soporte a la planta hasta la aparición de las raíces adventicias o nodales, al iniciar el macollaje, estas raíces son más gruesas, y crecen horizontalmente, emergen a partir de 3 a 7 nodos ubicados en la base de la planta, cuando el nodo superior está sobre el nivel del suelo, las raíces no penetran el suelo, estas sobresalen del tallo principal. En la madurez, el sistema radicular se puede extender de 1 a 2 m de profundidad o más, dependiendo de las condiciones del suelo. La mayoría de las raíces se producen en los primeros 30 cm del suelo (Kirby, 2002).

2.3.1.2. Tallo.

Al comienzo de la fase vegetativa, el tallo se halla dentro de una masa celular que constituye el nudo de ahijamiento, este tallo presenta brotes axilares, de los que se originan los tallos hijos. El tallo se alarga durante el encañado y lleva 7 u 8 hojas envainadoras a lo largo de la longitud de un entrenudo. En casi todas las variedades, el tallo que es al principio macizo se vuelve después hueco, salvo en los nudos donde permanece macizo (García, 1999).

2.3.1.3. Hojas.

Las hojas son lanceoladas y compuestas por la vaina que es de forma tubular y se envuelve alrededor de la axila de la hoja y de la lámina. En la unión de la vaina y

la lámina existe una estructura membranosa, la lígula y un par de pequeñas proyecciones filiformes, las aurículas. La lámina posee una nervadura central bien marcada, que divide en dos partes casi iguales, la forma y tamaño de la hoja varían según su posición en la planta, siendo de mayor longitud la hoja bandera y de menor longitud las hojas basales (Kirby, 2002).

El limbo de la hoja tiene forma de lámina triangular alargada paralelinervia y borde entero liso y la vaina es abrazadora respecto del tallo o caña (Carrera-Mateo, 2005).

2.3.1.4. Estructuras florales, polinización y grano.

Las inflorescencias es una espiga terminal, compuestas por 15 a 25 espiguillas; éstas son sésiles y se presentan sobre un raquis. Cada espiguilla presenta externamente dos brácteas denominadas glumas y envuelven de 3 a 5 antecios dispuestos sobre una raquilla. Cada uno de los antecios se compone de una lemma o glumela inferior, de una pálea o glumela superior y de una flor. Normalmente uno a dos antecios son estériles, generándose un máximo de dos a cuatro flores fértiles en cada espiguilla. En algunos cultivares las lemmas se prolongan en forma de arista, originándose espigas barbadas.

Cada flor presenta tres estambres y dos estigmas plumosos originados del ovario; en la base de la flor se ubican las lodículas o glumélulas; todas las estructuras de la flor están protegidas por dos brácteas, la lemma, es la más externa y pálea, la más interna. La flor, presenta autopolinización, proyecta sus estambres al exterior del antecio una vez que ha ocurrido la antesis (Kirby, 2002).

El trigo es una planta autógama, con bajas tasas de alogamia. Presenta cleistogamia, es decir, el polen es liberado antes de la apertura floral. Después de la liberación del polen, este se adhiere al estigma, y absorbe agua a través de la cutícula del estigma. Iniciando la germinación del tubo polínico, facilitando la fecundación. El estigma de trigo es receptivo de 6-13 días, y está influenciado por las condiciones ambientales (López, 1991).

La presencia del gen Gn1a, es responsable de la fertilidad de la espiga, codificando la citoquinina oxidasa, la cual influye en el número de órganos reproductivos de la espiga a través de la regulación de los niveles de citoquinina. La participación aparente de reguladores de crecimiento en la determinación del número de granos podría ser la vía para explicar la interacción de la fertilidad de la espiga con el medio ambiente y su fundamento genético (Reynolds *et al.*, 2013).

Los granos son cariósides de forma ovalada con extremos redondeados, en uno sobresale el germen y en el otro un mechón de pelos finos. El resto del grano, denominado endospermo, es un depósito de alimentos para el embrión, representa el 82% del peso del grano. A lo largo de la cara ventral del grano hay una depresión o surco, que es una invaginación de la aleurona y de todas las cubiertas. En el fondo del surco hay una zona vascular fuertemente pigmentada. El pericarpio y la testa, juntamente con la capa aleurona, conforman el salvado de trigo. El grano de trigo contiene una parte de la proteína que se llama gluten. El gluten facilita la elaboración de levaduras de alta calidad, que son necesarias en la panificación (FAO, 2006).

La textura del endospermo sirve para diferenciar los tipos de trigo; los trigos duros tienen más endospermo vítreo, mientras que los trigos harinosos tienen más endospermo harinoso. La estructura del grano está relacionada con la calidad y la capacidad del trigo para ser almacenado (Salunke *et al.*, 1985).

Los granos en su mayoría presentan un color ámbar, apariencia vítrea debido a su endospermo córneo. El grano harinero puede tener casi todos los matices que van del rojo al blanco, dependiendo de su textura. Actualmente, en el comercio internacional se habla de granos de trigo “red” o “white”, indicando a la vez si se trata de trigos invernales o primaverales, o si son de textura dura o blanda. (Mellado, 2007).

2.3.1.5. Crecimiento.

Después de la inhibición, el coleoptilo crece forzando su camino a través del suelo. Cuando el coleoptilo está por arriba o justo sobre la superficie del suelo se detiene la extensión. Dependiendo de la profundidad de siembra el coleoptilo de trigo puede crecer hasta una longitud final de aproximadamente 2 a 10 cm.

Si la semilla de trigo se siembra a más de 3 cm, entonces el entrenudo entre el coleoptilo y la primera hoja se alarga y posiciona el ápice del vástago a casi 1 a 2 cm por debajo de la superficie. Si la semilla se siembra a más de 10 cm el coleoptilo puede dejar de crecer antes de atravesar la superficie del suelo. Con ello se impide el crecimiento de la primera hoja que atraviesa el coleoptilo la que tuerce y arruga, de manera que la planta no emerge y eventualmente muere.

En la plántula joven el ápice del vástago está por debajo del nivel del suelo, encerrado por las vainas foliares. En esta etapa es un domo de células indiferenciadas, de casi 0.1 mm de longitud y diámetro, capaz de dividirse y producir primordios foliares o florales.

La primera hoja aparece como una cresta en el flanco del ápice que primero crece alrededor del mismo y después se dirige hacia arriba, formando una estructura en forma de capucha que se alarga para formar la hoja madura. A medida que la hoja se extiende en longitud, el crecimiento queda confinado a los meristemos intercalares que se localizan, uno arriba y uno debajo de la lígula.

Después de un periodo de iniciación foliar el ápice se alarga y cambia de una forma de cono a una más cilíndrica. Este cambio de forma marca el principio de la formación de la espiga. Es seguido por la etapa de cresta doble donde se observa una estructura doble en cada nudo del ápice del vástago. La cresta inferior deja de crecer y la superior más grande crece y se diferencia para formar una espiguilla.

La espiga empieza a crecer rápidamente y es llevada hacia arriba por la rápida extensión del tallo. Los órganos florales crecen y se desarrollan. La meiosis tiene lugar antes de la emergencia de la espiga. La siguiente etapa bien definida es la

floración o antesis cuando las anteras se abren y esparcen el polen sobre los estigmas receptivos del gineceo. La fecundación es seguida por el crecimiento del grano hasta alcanzar su peso seco.

2.3.2. Características genéticas.

Los trigos comerciales actuales pertenecen a las especies *Triticum turgidum* var. *durum* (tetraploide, $2n=28$, genoma AABB), trigo duro o trigo semolero, cuyo principal producto comercial es la pasta y sus derivados, y *T. aestivum* (hexaploide, $2n=42$, genoma AABBDD), trigo panadero, trigo harinero o trigo blando, por contraposición a los otros tipos de trigos, pero que puede llevar a confusión al traducir nombres comerciales internacionales, ya que dentro de esta especie se comercializan trigos “hard” (duros) y “soft” (blandos) (Carrillo *et al.*, 2006).

2.4. Mejoramiento de trigo.

La capacidad de producción de cereal, continúa aumentando por la aplicación de nuevas variedades de mayor rendimiento y por mejoras en la labranza. El fin primordial del agricultor es, obtener el mayor rendimiento de trigo molturable, igual que quien se dedica a la mejora de plantas, aunque éste dirija su atención hacia el cruzamiento de variedades que sean resistentes a la sequía, a la helada o a las enfermedades (Percival, 1921).

En el pasado, el principal objetivo del mejoramiento genético del trigo era incrementar el potencial de rendimiento y ampliar el rango de adaptación ambiental del cultivo. Actualmente, el énfasis se concentra en combinar genes asociados con alto potencial de rendimiento, resistencia a enfermedades diversas, tolerancia al estrés causado por factores ambientales y calidad industrial del grano. (Espitia *et al.*, 2003, 2004).

Los métodos más utilizados para incrementar la variabilidad existente de trigo son principalmente; la introducción, la selección y la hibridación (Allard, 1960).

Las variedades de trigo que se siembran en otoño, completan su ciclo vegetativo madurando al iniciarse el verano siguiente, debido a la falta de resistencia de las condiciones ambientales desfavorables durante este periodo. Las variedades sembradas en primavera, necesitan más de un año para madurar y son las llamadas “de invierno”. La cualidad de los trigos invernales o primaverales es independiente de las demás cualidades de la variedad.

Los resultados del mejoramiento genético de trigo en México se pueden sintetizar en la liberación de 234 variedades que han sido la plataforma de la producción nacional (Villaseñor, 2015).

III. JUSTIFICACIÓN.

Los híbridos de trigo estudiados combinan el genoma del núcleo del trigo blando *Triticum aestivum* L. con un citoplasma de *Secale cereale* L. Dichos híbridos de trigo no tienen análogos en México. Para estos híbridos es característico un tipo especial de morfogénesis, determinado por un potente desarrollo vegetativo, alta estabilidad al acame y alta productividad. Desde el punto de vista genético, estas propiedades pueden examinarse como resultado de heterosis continua, obtenida sobre el principio de las interrelaciones núcleo-citoplásmicas y transmitidas a las generaciones posteriores. Estas formas de trigo representan un modelo muy cómodo para esclarecer los mecanismos de las interrelaciones aditivas del genoma del núcleo y los cloroplastos. Los híbridos de trigo son un nuevo tipo sintético de plantas. La creación de estos trigos abre un nuevo camino para la generación de plantas, en las cuales, el efecto de heterosis se proyecta en las generaciones posteriores. En este sentido, el conocimiento de las interacciones entre el mecanismo genético del núcleo y los organelos citoplasmáticos tienen no solo gran significación teórica sino también práctica al estudiar los aspectos morfológicos y fisiológicos de la alta productividad de los híbridos. La reconstrucción del genoma y citoplasma durante la formación de las formas de trigo influye positivamente en el mejoramiento de muchos caracteres cuantitativos

de las plantas y asegura gran estabilidad genética a los factores desfavorables del medio ambiente.

El cultivo de trigo en Puebla ocupa el 5° lugar por superficie sembrada, después del maíz, frijol, papa y cebada. Cabe señalar que en los últimos años su producción se ha visto disminuida, debido a que la superficie sembrada, poco más del 90% es de temporal. En este sentido, la selección de variedades estables a las condiciones desfavorables del medio ambiente tiene especial interés.

En estas condiciones, la estabilización de la producción agrícola, se puede conseguir, minimizando los efectos negativos de la sequía en las plantas, a través del mejoramiento de las prácticas agronómicas, utilizando para ello, tecnologías adecuadas y seleccionando variedades resistentes a la sequía.

En este sentido la evaluación productiva de nuevos genotipos de trigo con citoplasma *Secale cereale* L. en las condiciones de temporal resulta importante para las regiones productoras de Puebla.

IV. OBJETIVO.

Evaluación productiva de híbridos de trigo con citoplasma *Secale cereale* L. en condiciones de temporal del Municipio de Cuyoaco, Puebla.

V. HIPÓTESIS.

Ha: La respuesta entre las comparaciones de los híbridos de trigo es igual para cada uno de los caracteres evaluados.

Ho: La respuesta entre las comparaciones de los híbridos de trigo es diferente para cada uno de los caracteres evaluados.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS.

6.1. Localización geográfica.

El municipio de Cuyoaco se localiza en la parte centro-norte del estado de Puebla, 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 (Figura 2). Tiene una superficie de 300.79 km², que lo ubica en el lugar 32 con respecto a los demás municipios del estado. Presenta el clima templado subhúmedo con lluvias en verano, y el clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura es de aproximadamente 12-18 °C. La precipitación anual es entre 500-700 mm, el porcentaje de lluvia invernal es menor de 5.

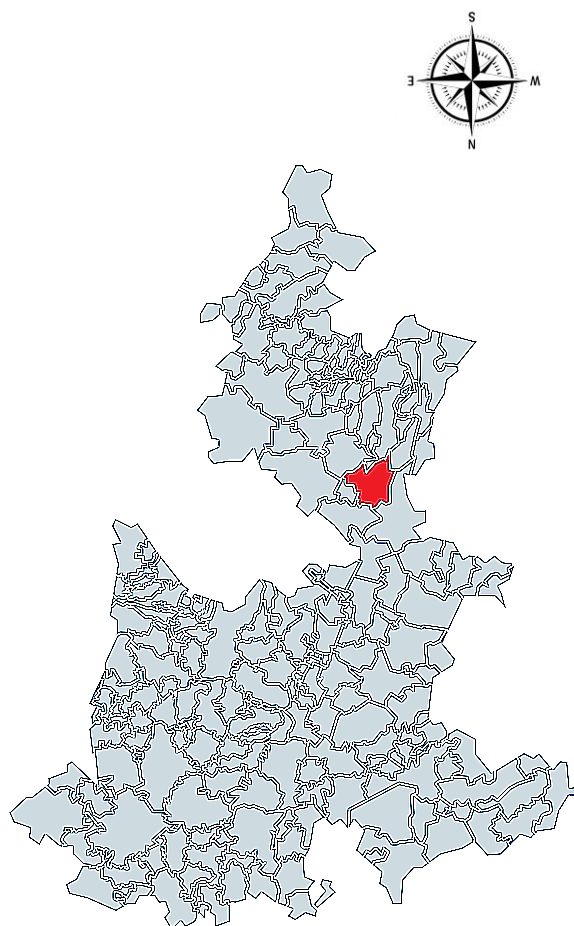


Figura 2. Ubicación geográfica del Municipio de Cuyoaco, Puebla.

6.2. Material vegetal.

En calidad de material vegetal se evaluó un bloque de genotipos de trigo considerados en el cuadro 6. Los morfobiotipos del 2 al 10 son el resultado de la variación de la cruce directa entre los progenitores, donde cada morfobiotipo se agrupo de acuerdo con las características morfológicas de la espiga.

Cuadro 6. Genotipos de trigo estudiados.

Fuente de variación	Genotipos	Abreviatura
HACP centeno L96	Progenitor femenino	P1
Safed Lerma	Progenitor masculino	P2
HACP centeno L96 x Safed lerma	Morfobiotipo 2	M2
HACP centeno L96 x Safed lerma	Morfobiotipo 3	M3
HACP centeno L96 x Safed lerma	Morfobiotipo 4	M4
HACP centeno L96 x Safed lerma	Morfobiotipo 5	M5
HACP centeno L96 x Safed lerma	Morfobiotipo 9	M9
HACP centeno L96 x Safed lerma	Morfobiotipo 10	M10
Variedad Zacatecas	Testigo	T

Los híbridos de trigo de primavera fueron obtenidos por el método de retrocruzamiento, en estos híbridos el núcleo del trigo blando *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 3.

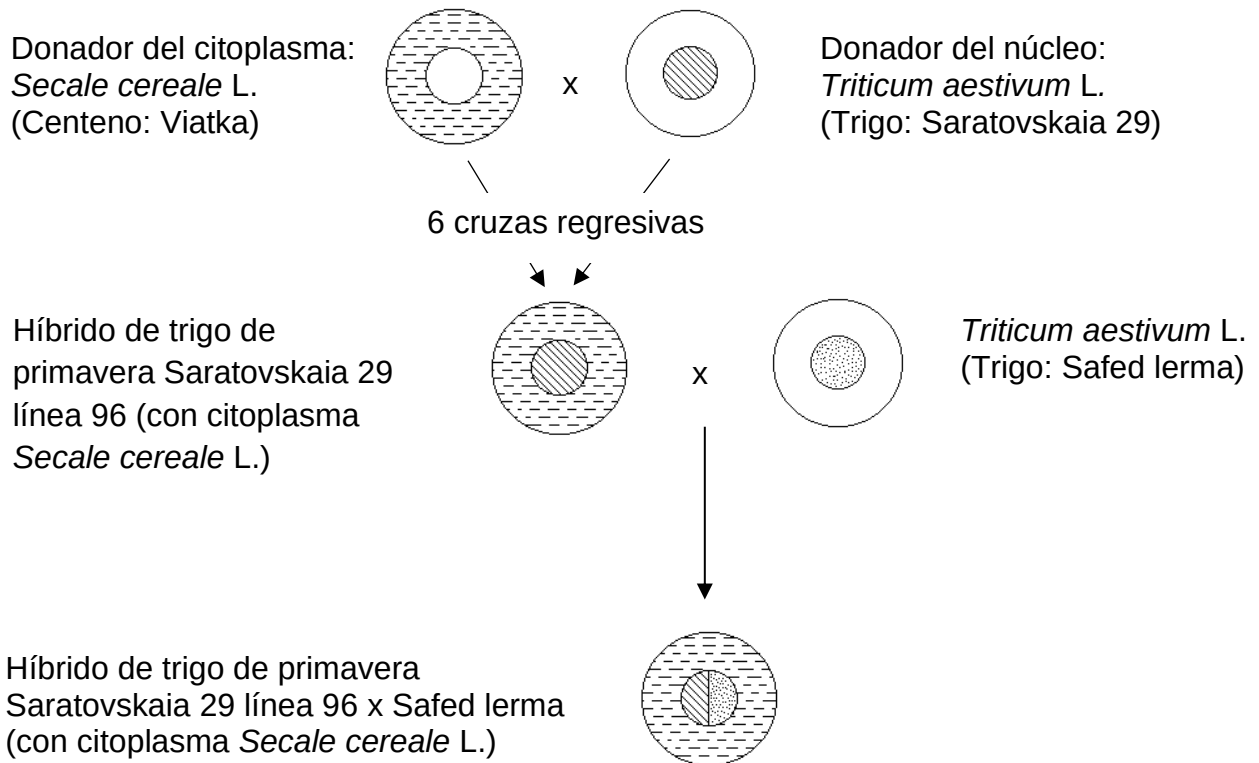


Figura 3. Híbrido de trigo Saratovskaia 29 línea 96 x Safed lerma (con citoplasma *Secale cereale* L.).

6.3. Método de campo.

La siembra se realizó en el Rancho Santa Natalia, Xonacatlán del Municipio de Cuyoaco, Puebla. 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 (N-P-K): Urea (46% de N), Superfosfato simple (46% de P₂O₅) y Cloruro de potasio (60% de K₂O). La dosis de fertilización

utilizada para 20 m² 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.

10000= m² que tiene una hectárea.

Finalmente, las plantas se cosecharon el 25 de septiembre. Para el análisis estructural de la cosecha se seleccionaron al azar 16 plantas de trigo por unidad experimental.

6.4. Variables.

Las variables evaluadas en el estudio para cada unidad experimental se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Variables evaluadas en las plantas de trigo.

Variables	Abreviatura
Altura de la planta (cm)	AP
Número de tallos	NT
Número de tallos productivos	NTP
Altura de la espiga principal (cm)	AEP
Número de espiguillas en la espiga principal	Ne-EP
Número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal	NeD-EP
Número de granos en la espiga principal	NG-EP
Número de granos en la planta	NGP
Masa de granos en la espiga principal (g)	MG-EP
Masa de granos en la planta (g)	MGP
Masa de 1000 granos (g)	M-1000G

6.5. Análisis de datos.

El análisis estadístico de los resultados realizó con ayuda del paquete estadístico NCSS (Statistical Software) 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.

VII. 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 8).

Cuadro 8. Comparaciones entre los genotipos de trigo.

Morfo-biotipos	Variables										
	AP (cm)	NT	NT P	AEP (cm)	Ne-EP	NeD-EP	NG-EP	NGP	MG-EP (g)	MGP (g)	M-1000G (g)
P1 vs P2	0.0	0.0	0.0	0.0	---	0.03	0.0	0.007	0.009	0.005	0.05
P1 vs M2	0.02	0.0	0.0	0.004	0.01	---	0.02	0.001	0.002	0.005	0.0
P1 vs M3	0.04	0.0	0.0	---	0.0	---	---	0.0	0.03	0.0	0.0
P1 vs M4	---	0.0	0.0	---	0.001	---	---	0.0	---	0.0	0.0
P1 vs M5	0.0	0.0	0.0	0.0	---	0.0	---	0.0	---	0.0	0.001
P1 vs M9	0.001	0.0	0.0	0.0	0.05	0.0	0.005	0.0	---	0.0	0.0
P1 vs M10	0.0	0.0	0.0	0.0	---	0.001	---	0.002	---	0.01	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 M2	0.0	---	---	0.0	0.01	---	---	---	---	---	0.01
P2 vs M3	0.0	0.002	---	0.0	0.0	0.001	0.005	---	---	---	---
P2 vs M4	0.0	0.04	---	---	0.006	---	0.001	---	0.05	---	---
P2 vs M5	0.0	---	---	---	---	---	0.001	0.02	0.02	---	---
P2 vs M9	0.0	0.001	---	0.003	---	0.003	0.0	0.001	0.001	0.02	---
P2 vs M10	0.03	0.0	---	0.005	---	---	0.001	---	---	---	---
P2 vs T	0.002	---	---	---	---	0.002	0.0	0.001	0.0	---	0.0
M2 vs M3	---	0	---	0.001	0.003	---	---	---	0.05	---	---
M2 vs M4	0.0	0.01	---	---	---	---	---	---	0.01	---	0.005
M2 vs M5	0.0	---	---	0.01	0.007	0.005	0.04	---	0.01	0.04	0.02
M2 vs M9	0.0	0.0	---	---	0.003	0.0	0.0	0.003	0.0	0.002	---
M2 vs M10	0.0	0.0	---	---	0.003	0.01	0.03	---	---	---	---
M2 vs T	0.0	---	---	0.0	0.0	0.0	0.0	0.005	0.0	0.02	0.03
M3 vs M4	0.0	0.01	0.02	---	0.0	0.0	---	---	---	0.02	---
M3 vs M5	0.0	0.05	---	0.0	0.0	0.0	---	0.05	---	---	---
M3 vs M9	0.0	---	---	0.0	0.0	0.0	0.0	0.002	0.004	0.007	---
M3 vs M10	0.0	---	---	0.0	0.0	0.0	---	---	---	---	---
M3 vs T	0.0	0.007	---	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.001
M4 vs M5	0.0	---	---	---	0.0	0.002	---	---	---	---	---
M4 vs M9	0.0	---	---	---	0.0	0.0	0.001	0.01	0.01	0.03	---
M4 vs M10	0.0	0.0	0.04	---	0.0	0.01	---	---	---	---	---
M4 vs T	0.0	---	0.03	0.01	0.0	0.0	0.0	0.009	0.001	---	0.0
M5 vs M9	---	---	---	---	---	---	0.04	---	---	---	---
M5 vs M10	0.01	0.003	0.03	---	---	---	---	---	---	---	---
M5 vs T	0.0	---	0.04	---	---	---	0.0	---	---	---	0.0
M9 vs M10	0.01	---	---	---	---	0.01	---	0.01	---	0.01	---
M9 vs T	0.0	0.02	---	0.003	---	---	---	---	---	---	0.002
M10 vs T	0.0	0.0	---	0.004	---	0.01	0.0	0.007	0.02	0.02	0.01

Para las comparaciones de Progenitor 1 con Progenitor 2, se rechaza la H_0 en las variables de: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos con un valor de $t=0.0$, número de tallos productivos con $t=0.0$, altura de la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.036$, en el número de granos en la espiga principal con $t=0.0$, número de granos en la planta con $t=0.007$, masa de granos en la espiga principal con $t=0.009$, masa de granos en la planta con $t=0.005$ y en la masa de 1000 granos con un valor de $t=0.053$.

Para las comparaciones de Progenitor 1 con Morfobiotipo 2, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.024$, número de tallos con un valor de $t=0.0$, número de tallos productivos con $t=0$, altura de la espiga principal con $t=0.004$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.01$, número de granos en la espiga principal con $t=0.02$, número de granos en la planta con $t=0.001$, masa de granos en la espiga principal con $t=0.002$, masa de granos en la planta con $t=0.005$ y en la masa de 1000 granos con un valor de $t=0.0$.

Para las comparaciones de Progenitor 1 con Morfobiotipo 3, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.045$, número de tallos con un valor de $t=0.0$, número de tallos productivos con $t=0.0$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.0$, número de granos en la planta con $t=0.0$, masa de granos en la espiga principal con $t=0.035$, masa de granos en la planta con $t=0.0$ y en la masa de 1000 granos con un valor de $t=0.0$.

Para las comparaciones de Progenitor 1 con Morfobiotipo 4, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: número de tallos con un valor de $t=0.0$, número de tallos productivos con $t=0.0$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.001$, número de granos en la planta con $t=0.0$, masa de granos en la planta con $t=0.0$ y en la masa de 1000 granos con un valor de $t=0.0$.

Para las comparaciones de Progenitor 1 con Morfobiotipo 5, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos

con un valor de $t=0.0$, número de tallos productivos con $t=0.0$, altura de la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.0$, número de granos en la planta con $t=0.0$, masa de granos en la planta con $t=0.0$ y en la masa de 1000 granos con un valor de $t=0.001$.

Para las comparaciones de Progenitor 1 con Morfobiotipo 9, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.001$, número de tallos con un valor de $t=0.0$, número de tallos productivos con $t=0.0$, altura de la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.051$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0$, número de granos en la espiga principal con $t=0.005$, número de granos en la planta con $t=0.0$, masa de granos en la planta con $t=0.0$ y en la masa de 1000 granos con un valor de $t=0.0$.

Para las comparaciones de Progenitor 1 con Morfobiotipo 10, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0$, número de tallos con un valor de $t=0.0$, número de tallos productivos con $t=0$, altura de la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.001$, número de granos en la planta con $t=0.002$, masa de granos en la planta con $t=0.018$ y en la masa de 1000 granos con un valor de $t=0.0$.

Para las comparaciones de Progenitor 1 con Testigo, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos con un valor de $t=0.0$, número de tallos productivos con $t=0.0$, altura de la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.001$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.0$, número de granos en la espiga principal con $t=0.0$, número de granos en la planta con $t=0.0$, masa de granos en la planta con $t=0.0$ y en la masa de 1000 granos con un valor de $t=0.0$.

Para las comparaciones de Progenitor 2 con Morfobiotipo 2, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, altura de la

espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas en la espiga principal con un valor de $t=0.012$ y en la masa de 1000 granos con un valor de $t=0.013$.

Para las comparaciones de Progenitor 2 con Morfobiotipo 3, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos con un valor de $t=0.002$, altura de la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas en la espiga principal con un valor de $t=0.0$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.001$, número de granos en la espiga principal con $t=0.005$.

Para las comparaciones de Progenitor 2 con Morfobiotipo 4, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos con un valor de $t=0.044$, número de espiguillas en la espiga principal con un valor de $t=0.006$, número de granos en la espiga principal con $t=0.001$ y en la masa de granos en la espiga principal con un valor de $t=0.05$.

Para las comparaciones de Progenitor 2 con Morfobiotipo 5, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de granos en la espiga principal con $t=0.001$, número de granos en la planta con $t=0.021$ y en la masa de granos en la espiga principal con un valor de $t=0.02$.

Para las comparaciones de Progenitor 2 con Morfobiotipo 9, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos con un valor de $t=0.001$, altura de la espiga principal con $t=0.003$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.003$, número de granos en la espiga principal $t=0.0$, número de granos en la planta con $t=0.001$, masa de granos en la espiga principal con $t=0.001$ y masa de granos en la planta con $t=0.024$.

Para las comparaciones de Progenitor 2 con Morfobiotipo 10, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.035$, número de tallos con un valor de $t=0.0$, altura de la espiga principal con $t=0.005$ y en el número de granos en la espiga principal con un valor de $t=0.001$.

Para las comparaciones de Progenitor 2 con Testigo, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.002$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.002$, número de granos en la espiga principal $t=0.0$, número de granos en la planta con $t=0.0$, masa de granos en la espiga principal con $t=0.001$, masa de granos en la espiga principal con $t=0.0$ y en la masa de 1000 granos con un valor de $t=0.0$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 2 con Morfobiotipo 3, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: número de tallos con un valor de $t=0.0$, altura de la espiga principal con $t=0.001$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.003$ y masa de granos en la espiga principal con $t=0.05$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 2 con Morfobiotipo 4, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos con un valor de $t=0.01$, masa de granos en la espiga principal con $t=0.011$ y en la masa de 1000 granos con un valor de $t=0.005$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 2 con Morfobiotipo 5, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, altura de la espiga principal con $t=0.01$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.007$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.005$, número de granos en la espiga principal $t=0.04$, masa de granos en la espiga principal $t=0.01$, masa de granos en la planta con $t=0.048$ y en la masa de 1000 granos con un valor de $t=0.02$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 2 con Morfobiotipo 9, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos con un valor de $t=0.0$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.003$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.0$, número de granos en la espiga principal $t=0.0$, número de granos en la planta con $t=0.003$, masa de granos en la espiga principal $t=0.0$ y masa de granos en la planta con $t=0.002$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 2 con Morfobiotipo 10, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos con un valor de $t=0.0$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.003$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.012$ y número de granos en la espiga principal $t=0.036$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 2 con Testigo, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, altura de la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.0$, número de granos en la espiga principal con $t=0.0$, número de granos en la planta con $t=0.005$, masa de granos en la planta con $t=0.026$ y en la masa de 1000 granos con un valor de $t=0.039$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 3 con Morfobiotipo 4, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos con un valor de $t=0.012$, número de tallos productivos con $t=0.02$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.0$ y masa de granos en la planta con $t=0.02$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 3 con Morfobiotipo 5, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos con un valor de $t=0.059$, altura de la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.0$ y número de granos en la planta con un valor de $t=0.053$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 3 con Morfobiotipo 9, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, altura de la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.0$, número de granos en la espiga principal con $t=0.0$, número de granos en la planta

con un valor de $t=0.002$, masa de granos en la espiga principal con $t=0.004$ y masa de granos en la planta con $t=0.007$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 3 con Morfobiotipo 10, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, altura de la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.0$ y número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.0$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 3 con Testigo, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos con $t=0.007$, altura de la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.0$, número de granos en la espiga principal con $t=0.0$, número de granos en la planta con $t=0.0$, masa de granos en la espiga principal con $t=0.0$, masa de granos en la planta con $t=0.016$ y en la masa de 1000 granos con un valor de $t=0.001$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 4 con Morfobiotipo 5, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.0$ y número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.002$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 4 con Morfobiotipo 9, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.0$, número de granos en la espiga principal con $t=0.001$, número de granos en la planta con $t=0.01$, masa de granos en la espiga principal con $t=0.01$ y masa de granos en la planta con $t=0.03$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 4 con Morfobiotipo 10, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos con $t=0.0$, número de tallos productivos $t=0.04$, número de espiguillas en la

espiga principal con $t=0.0$ y número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.01$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 4 con Testigo, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: : altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos productivos con $t=0.03$, altura de la espiga principal con $t=0.01$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.0$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.0$, número de granos en la espiga principal con $t=0.0$, número de granos en la planta con $t=0$, masa de granos en la espiga principal con $t=0.0$ y en la masa de 1000 granos con un valor de $t=0.0$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 5 con Morfobiotipo 9, se rechaza la H_0 en la siguiente variable: número de granos en la espiga principal con un valor de $t=0.04$

Para las comparaciones de Morfobiotipo 5 con Morfobiotipo 10, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.01$, número de tallos con $t=0.003$, número de tallos productivos $t=0.04$, número de espiguillas en la espiga principal con $t=0.0$ y número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.03$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 5 con Testigo, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos productivos $t=0.04$, número de granos en la espiga principal con un valor de $t=0.0$ y en la masa de 1000 granos con $t=0.0$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 9 con Morfobiotipo 10, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.01$, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.01$, número de granos en la planta con $t=0.01$ y en la masa de granos en la planta con un valor de $t=0.01$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 9 con Testigo, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos con

$t=0.02$, altura de la espiga principal con $t=0.003$ y en la masa de 1000 granos con $t=0.002$.

Para las comparaciones de Morfobiotipo 10 con Testigo, se rechaza la H_0 en las siguientes variables: altura de la planta con un valor de $t=0.0$, número de tallos con $t=0.0$, altura de la espiga principal 0.004, número de espiguillas desarrolladas en la espiga principal con un valor de $t=0.01$, número de granos en la espiga principal con $t=0.0$, número de granos en la planta con $t=0.007$, masa de granos en la espiga principal con $t=0.02$, masa de granos en la planta con $t=0.02$ y en la masa de 1000 granos con $t=0.01$.

En el apéndice 1 y figuras 4-14 se presentan los resultados de los elementos productivos de los híbridos de trigo con citoplasma *Secale cereale* L. y la variedad Zacatecas.

En relación con la altura de la planta (cm), las medias varían desde 99.5 +/- 10.66 (M2) hasta 54.8 +/- 10.1 (Testigo) (Cuadro 8). Se observa que para la altura de la planta el progenitor femenino (P1) tuvo un gran margen de heredabilidad para este carácter hacia los morfobiotipos sobrepasando todos ellos la altura del progenitor masculino (P2), el Morfobiotipo 10 es el que más se acerca al valor de la variedad ya establecida Zacatecas (T) (Figura 4).

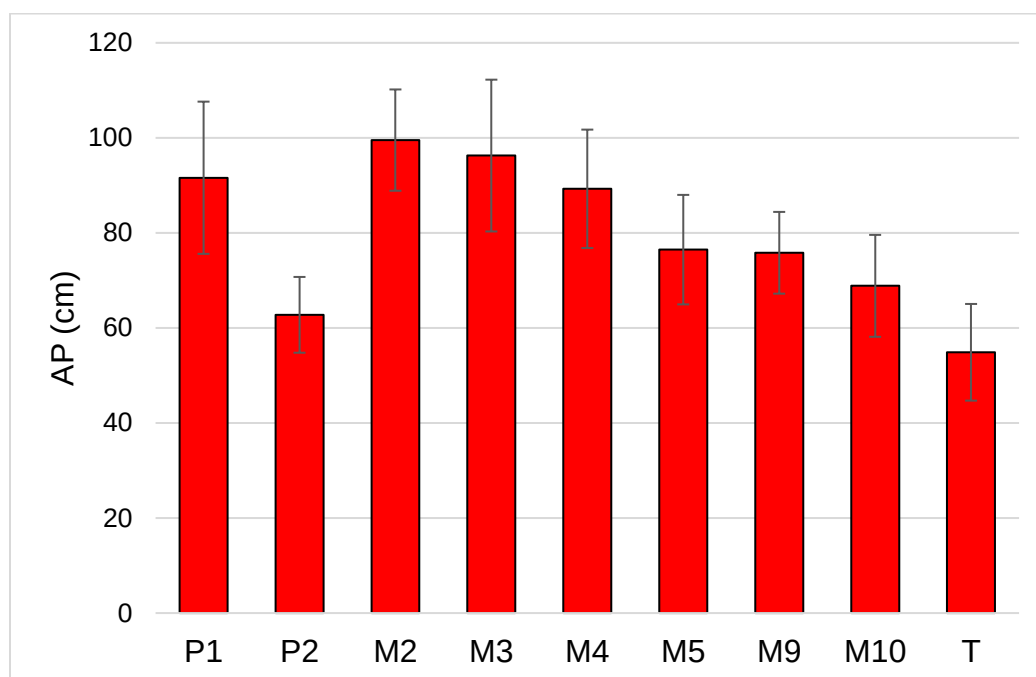


Figura 4. Altura de la planta (cm).

Para el número de tallos, las medias varían desde 5.41 $\pm$ 2.76 (P1) hasta 1.28 $\pm$ 0.61 (M2) (Cuadro 8). Se observa que para el número de tallos el progenitor femenino (P1) no tuvo gran margen de heredabilidad hacia los morfobiotipos siendo este el valor más alto, notándose que la mayoría de los morfobiotipos están en el rango de valores de P2 y T a excepción de M3, M9 y M10 los cuales están por encima de su valor, comparados con el testigo los morfobiotipos que más se acercan a su valor son M4 y M5 (Figura 5).

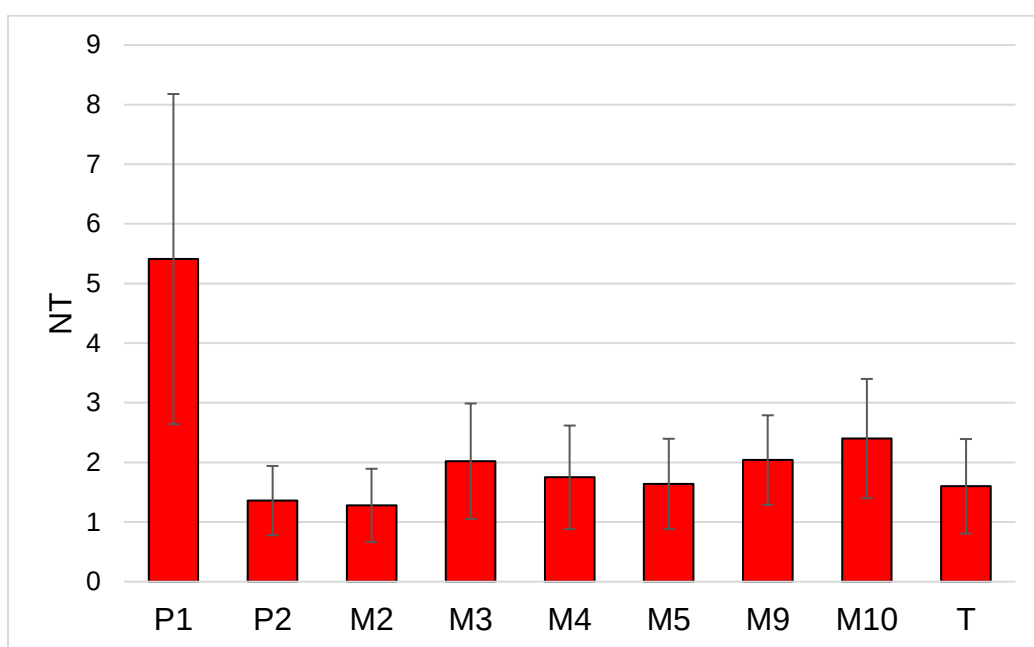


Figura 5. Número de tallos.

En el número de tallos productivos, las medias varían desde 3.9 $\pm$ 2.08 (P1) hasta 1.2 $\pm$ 0.4 (M5) (Cuadro 8). Se observa que para el número de tallos el progenitor femenino (P1) no tuvo gran margen de heredabilidad hacia los morfobiotipos siendo este el valor más alto, notándose que todos los morfobiotipos están en el rango de valores de P2 y T comparados con la variedad ya establecida Zacatecas (T) los morfobiotipos que más se acercan a los valores de esta son M3 y M10 (Figura 6).

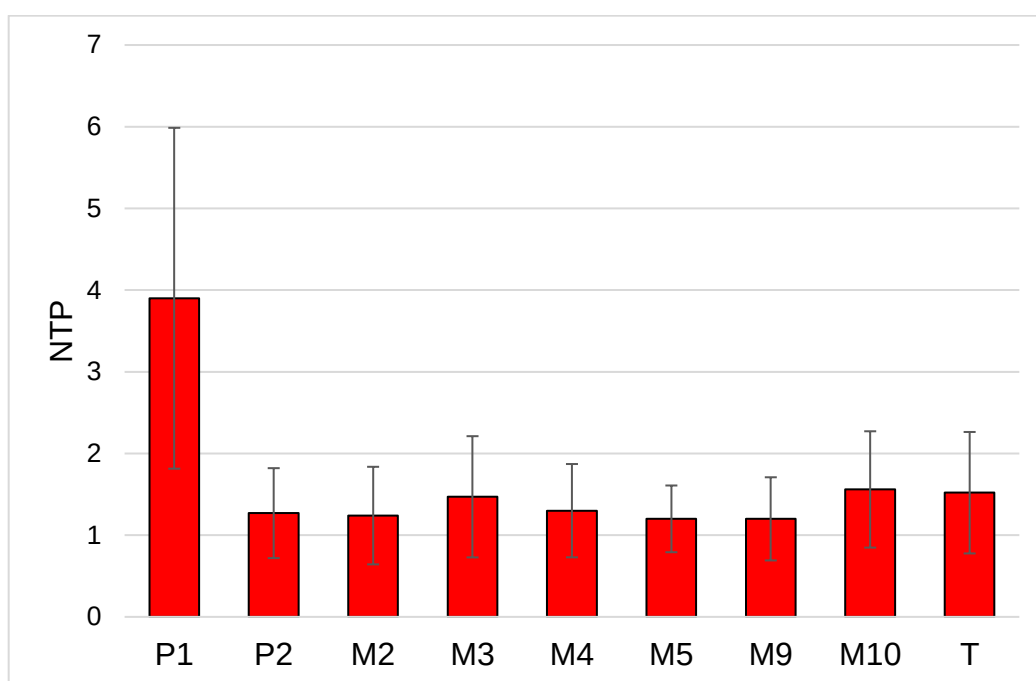


Figura 6. Número de tallos productivos.

En cuanto a la altura de la espiga principal, las medias varían desde 10.1 +/- 6.2 (M4) hasta 7.61 +/- 1.01 (P2) (Cuadro 8). Se observa que para la altura de la espiga principal el progenitor femenino (P1) tuvo un alto margen de heredabilidad hacia los morfobiotipos estando mas cerca de su valor y superando estos el valor de el progenitor masculino (P2), el morfobiotipo que más se acerca a el valor de la variedad Zacatecas (T) es el M5 (Figura 7).

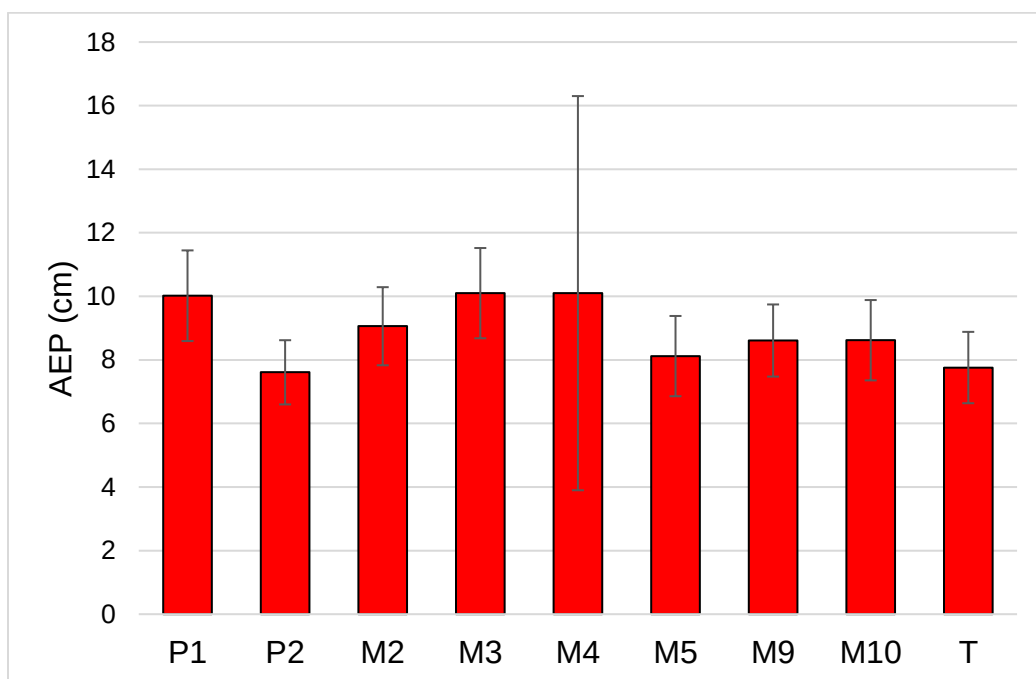


Figura 7. Altura de la espiga principal (cm).

Para el número de espiguillas en espiga principal las medias varían desde 15.97 $\pm$ 1.9 (M3) hasta 12.6 $\pm$ 1.6 (T) (Cuadro 8). Se observa que para el numero de espiguillas en espiga principal hay un margen de heredabilidad de 50/50 por parte del progenitor femenino (P1) hacia M2, M3 y M4 que están por encima del rango de valores de P2 y T, en cuanto a los otros 3 morfobiotipos están dentro del rango de valores de Safed Lerma (P2) y Zacatecas (T), los morfobiotipos que más se acercan al valor de la variedad Zacatecas (T) son M9 y M10 (Figura 8).

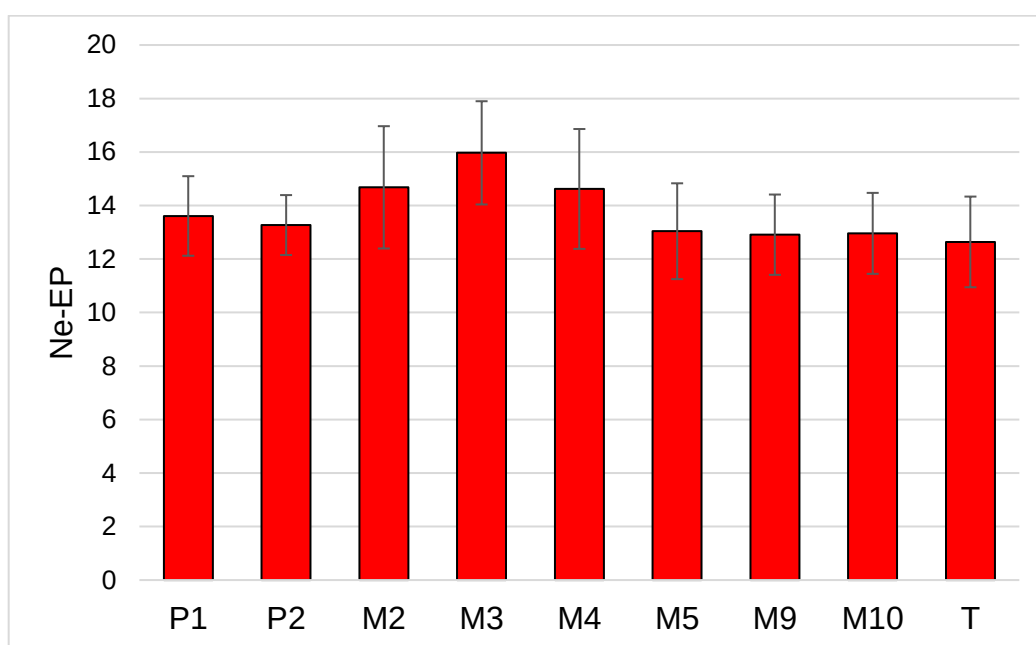


Figura 8. Número de espiguillas en espiga principal.

En relación al número de espiguillas desarrolladas en espiga principal las medias varían desde 12.94 $\pm$ 1.9 (M3) hasta 9.70 $\pm$ 1.85 (M9) (Cuadro 8). Se observa que para el número de espiguillas desarrolladas en espiga principal hay un margen de heredabilidad de 50/50 por parte del progenitor femenino (P1) hacia M2, M3 y M4 sobrepasando estos los valores del progenitor masculino (P2) en cuanto a los otros 3 morfobiotipos están dentro del rango de valores de Safed Lerma (P2) y Zacatecas (T), los morfobiotipos que mas se acercan al valor del testigo son M9 y M5 (Figura 9).

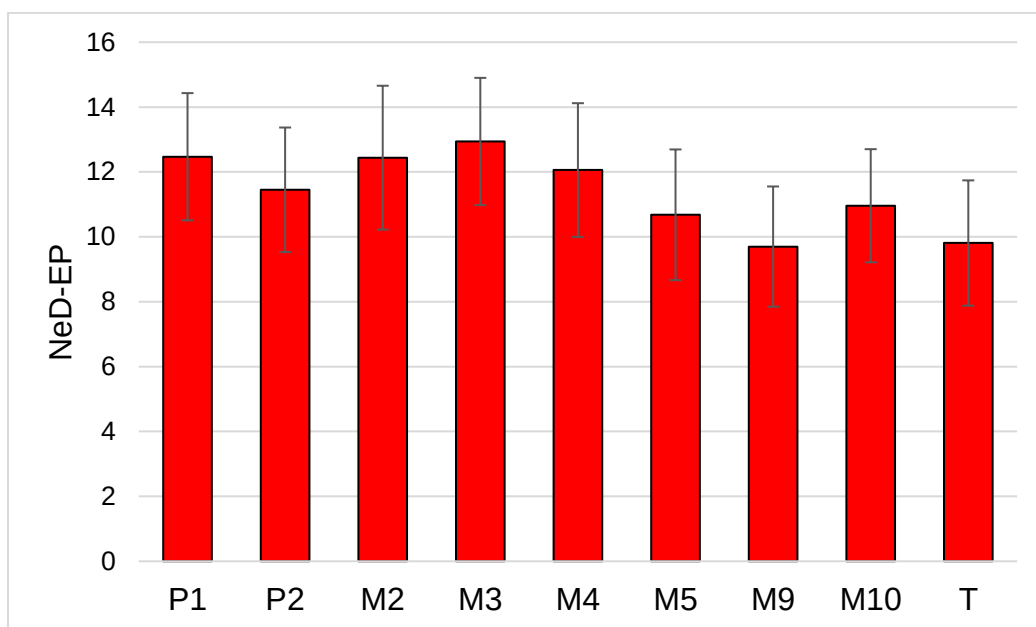


Figura 9. Número de espiguillas desarrolladas en espiga principal.

Para el número de granos en la espiga principal las medias varían desde 33.7 $\pm$ 7.8 (P2) hasta 19.3 $\pm$ 6.2 (T) (Cuadro 8). Se observa que para el número de granos en espiga principal el progenitor femenino (P1) tuvo un alto margen de heredabilidad en este carácter hacia los morfobiotipos estando mas cerca de su valor por debajo del valor de el progenitor masculino (P2), tomando en cuenta la variedad ya establecida Zacatecas (T) los morfobiotipos que mas se acercan a su valor son M9 y M10 (Figura 10).

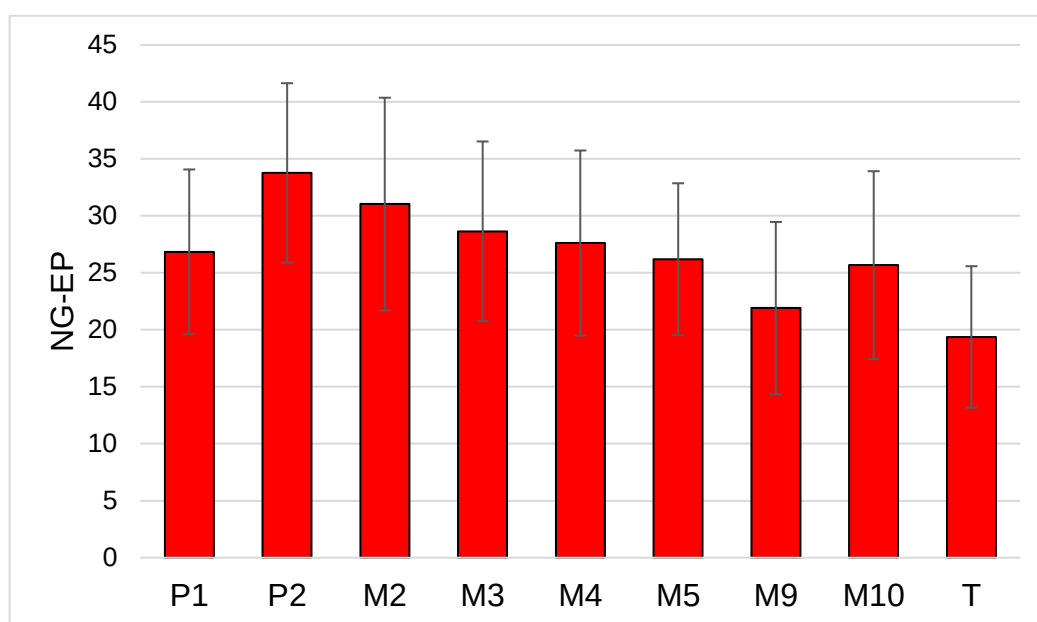


Figura 10. Número de granos en espiga principal.

Para el numero de granos en la planta las medias varían desde 68.4 +/- 46.4 (P1) hasta 24.8 +/- 11.6 (M9) (Cuadro 8). Se observa que para el numero de granos en la planta todos los individuos están dentro del rango de valores de P2 y T por lo que es un carácter en el que el progenitor femenino no obtuvo un margen de heredabilidad considerable hacia los morfobiotipos, tomando en cuenta al testigo los morfobiotipos que mas se acercan a su valor son M9 y M5 (Figura 11).

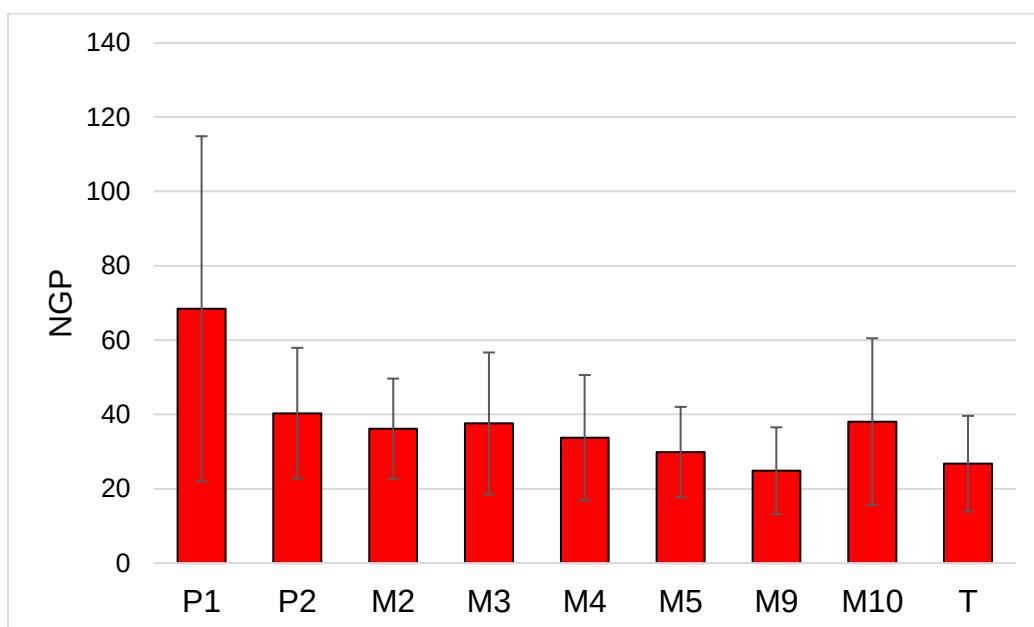


Figura 11. Número de granos en la planta.

Para la masa de granos en espiga principal las medias varían desde 1.32 +/- 0.39 (M2) hasta 0.9 +/- 0.3 (M9) (Cuadro 8). Se observa que para la masa de granos en espiga principal el progenitor femenino (P1) tuvo un alto margen de heredabilidad en este carácter hacia los morfobiotipos estando mas cerca de su valor por debajo del valor de el progenitor masculino (P2) a excepción de M2 que fue el único con un valor por encima de P2, tomando en cuenta al testigo los morfobiotipos que más se acercan a su valor son M9 y M5 (Figura 12).

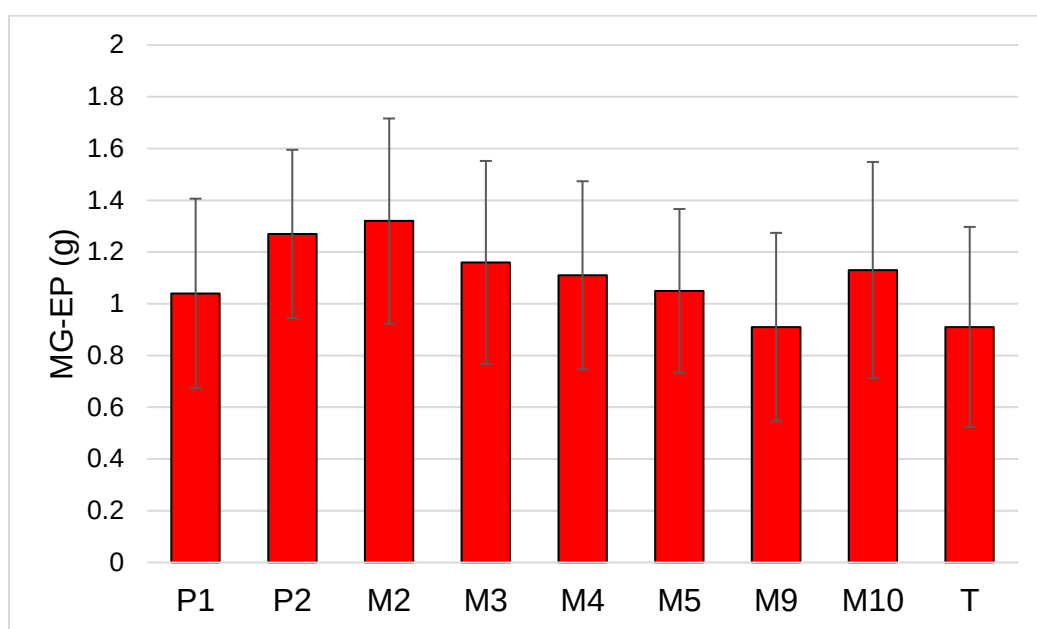


Figura 12. Masa de granos en espiga principal (g).

Para la masa de granos en la planta las medias varían desde 2.38 +/- 1.39 (P1) hasta 1.03 +/- 0.5 (M9) (Cuadro 8). Se observa que para la masa de granos en la planta casi todos los individuos están dentro del rango de valores de P2 y T a excepción de M10 que están por encima de estos valores, para este carácter el progenitor femenino no obtuvo un margen de heredabilidad considerable hacia los morfobiotipos, tomando en cuenta al testigo los morfobiotipos que mas se acercan a su valor son M5 y M4 (Figura 13).

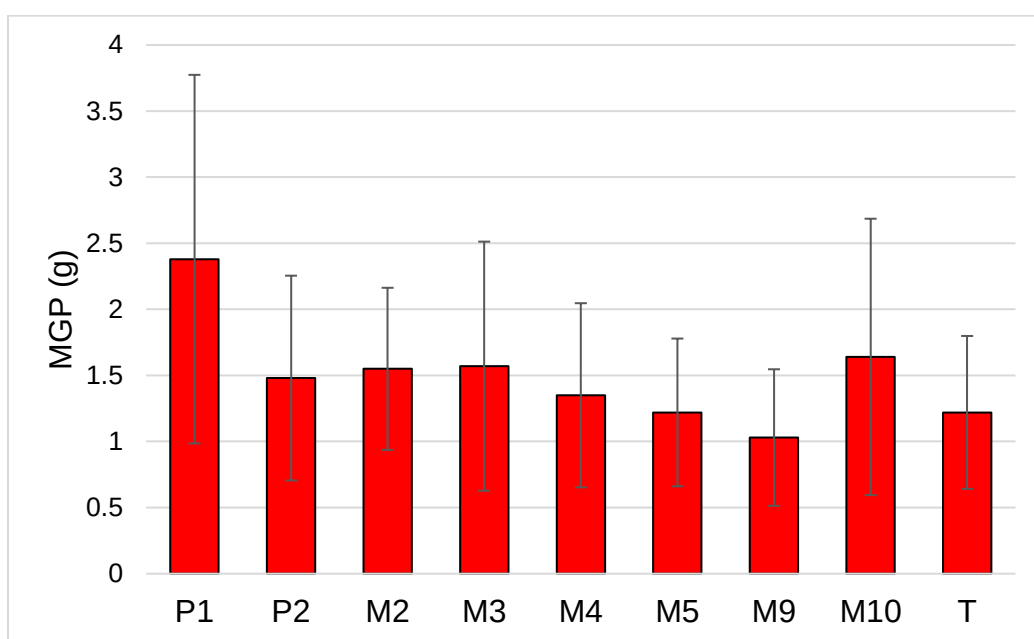


Figura 13. Masa de granos en la planta (g).

Para la masa de 1000 granos las medias varían desde 45.9 +/- 6.8 (T) hasta 35.6 +/- 6.00 (P1) (Cuadro 8). Se observa que para la masa de 1000 granos todos los morfobiotipos están por encima del valor del progenitor femenino (P1) por lo que este no tuvo un margen de heredabilidad considerable hacia ellos, tomando en cuenta la variedad ya establecida Zacatecas (T) los morfobiotipos que más se acercan a su valor son M2 y M10 (Figura 14).

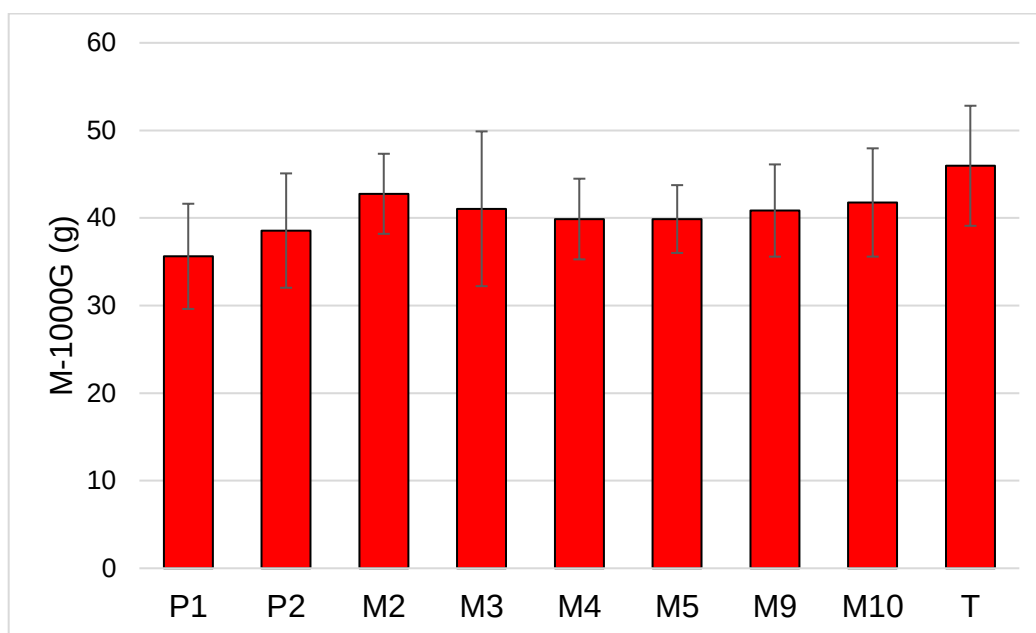


Figura 14. Masa de 1000 granos (g).

VII. 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 resequedad 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. 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 observa que entre el HACP centeno L96 (P1) vs el HACP centeno L96 x Safed Lerma (M2), HACP centeno L96 x Safed Lerma (M10) y Variedad Zacatecas (T) existen diferencias significativas. estos resultados coinciden con estudios similares realizados por Martínez (2005), García (2017) y Reyes *et al.* (2019).

Para la Masa de 1000 Granos (g), observamos que la crusa directa HACP centeno L96 x Safed lerma (M10) obtuvo el segundo mejor valor siendo este carácter el de mayor valor agronómico, estos resultados coinciden con un estudio similar realizado por Badillo (2019) el cual sugiere el uso de la crusa directa HACP centeno L96 x Safed lerma (M10) para la siembra en el municipio de Cuyoaco.

En cuanto a la Altura de la planta (cm), observamos que la crusa directa HACP centeno L96 x Safed lerma (M2) obtuvo el valor mas alto y la crusa directa HACP centeno L96 x Safed lerma (M10) obtuvo el valor mas bajo y el mas acercado al valor del 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 similar realizado por Plana (2006).

IX. CONCLUSIONES.

La cruza directa HACP centeno L96 x Safed lerma (M2) y HACP centeno L96 x Safed lerma (M10) muestran los mejores valores con respecto a la masa de 1000 granos.

La cruza directa HACP centeno L96 x Safed lerma (M10) muestra el mejor valor con respecto a la altura de la planta y al numero de espiguillas en la espiga principal.

La cruza directa HACP centeno L96 x Safed lerma (M5) presenta los mejores valores con respecto a la altura de la espiga principal, numero de granos en la planta, siendo estos caracteres importantes para la producción de grano.

La cruza directa HACP centeno L96 x Safed lerma (M9) incrementa el numero de granos en la espiga principal y masa de granos en la espiga principal.

Se puede mejorar la variación genética, teniendo como principales portadores de material genético la cruza directa HACP centeno L96 x Safed lerma (M2) y HACP centeno L96 x Safed lerma (M10).

X. BIBLIOGRAFÍA.

- Allard, R. 1960. Principles of plant breeding. Wiley, Inc. 485 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. Internacional de la Estadística y la Probabilidad, FCFM-BUAP, Puebla, México, Cartel C7, 5 p.
- Carrera, M. y Mateo, B.J. 2005. Prontuario de agricultura. Cultivos agrícolas. Editorial Mundi-Prensa. Barcelona, España.
- Collar, C. 2007. Cereales menores: Avena, Sorgo, Mijo. En: A.E., León, Rosell, C.M. De tales harinas tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Ediciones Báez. Córdoba, Argentina, 5: 105-242.
- Dupont, F.M. y Altenbach, S.B. 2003. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. Journal of Cereal Science, 38, 133-146.
- Espitia, R., E., Peña, B, R.J., Villaseñor, M., E., Huerta, E., J. y Limón, O., A. 2003. Calidad industrial de trigos harineros mexicanos para temporal. I. Comparación de variedades y causas de la variación. Revista Fitotecnia Mexicana, 26: 249-256.
- FAO. 2012. El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 338 p.
- FAOSTAT. 2017. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [Disponible en <http://www.fao.org/faostat/en/#home>].
- Fischer, G., Hizsnyik, E., Prieler, S., van Velthuisen, H., & Wiberg, D. 2012. Scarcity and abundance of land resources: competing uses and the shrinking land resource base. SOLAW Background Thematic Report – Tr02. Roma, FAO. [Disponible en www.fao.org/fileadmin/templates/solaw].
- Fischer, G., Van Velthuisen, H., Shah, M and Nachtergaele, F.O. 2002. Global agroecological assessment for agriculture in the twenty-first century:

- methodology and results. [Disponible en <http://www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Documents/RR-02-002.pdf>].
- García, A. G. 1999. Cultivos herbáceos extensivos. Mundi-Prensa Libros.
- García, M., Ma.L. 2017. Evaluación de híbridos de trigo con citoplasma *Secale cereale* L. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México, 56 p.
- Kamal, A. H. M., Kim, K.H., Shin, D.H., Seo, H.S., Shin, K.H., Park, C.S., Heo, H.Y. y Woo, S.H. 2009. Proteomics profile of pre-harvest sprouting wheat by using MALDI-TOF Mass Spectrometry. *Plant Omics Journal*, 110-119.
- Kent, N.L. 1987. Tecnología de los cereales. España: Acribia.
- Kirby, E. J. M. 2002. *Botany of the wheat plant. Bread Wheat: Improvements and Production*.
- Llácer, G., Díez, M. J., Carrillo, J. M., y Badenes Catalá, M. L. 2006. Mejora genética de la calidad en plantas.
- López Bellido, L. 1991. Cereales. Vol. I. Mundi-Prensa. Madrid.
- Mac Key, J. 2005. Wheat: Its concept, evolution, and taxonomy. In *Durum Wheat Breeding Current Approaches and Future Strategies*, Royo, C., Nachit, M.M., DiFonzo, N., Araus, J.L., Pfeiffer, W.H., Slafer G.A. (eds), vol. 1, The Haworth Press Inc., New York, 3-61.
- Martínez, S., 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, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México, 82 p.
- Mellado, Z. 2007. El trigo en Chile. Centro Regional de Investigaciones Quilamapu. INIA, No. 21, 684 p.
- Percival, J. 1921. The wheat plant. (London: Duckworth) 4 p.
- Plana, R., Álvarez, M., & 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.M., Rueda L., R., Vázquez R., R y Sánchez M., K. 2005. Estudio comparativo de caracteres agronómicos de una población híbrida de trigo (*Triticum aestivum* L.) con citoplasma de centeno (*Secale cereale* L.). Ideas, UAEM, México, 26: 83-88.
- Reyes, M., J. y Martínez, M., D. 2001. La plasticidad de las plantas. Elementos, BUAP, 41(8): 39-43.
- Reyes, M., J., Nikolaenko, I.V. y Martínez, M., D. 2019. Evaluación de genotipos de trigo con genoma cotoplásmico ajeno. Revista Latinoamericana el Ambiente y las ciencias, 10(24): 94-103.
- Reynolds, M. P., Pask, A. J. D., Mullan, D. M. y Chavez-Dulanto, P. N. (Eds.). 2013. Fitomejoramiento Fisiológico I: Enfoques Interdisciplinarios para mejorar la adaptación del cultivo. CIMMYT.
- Salunke, D. K., Chavan J. K. y Kadam S.S. 1985. Postharvest biotechnology of cereals. CRC Press. Florida, E.U.A.
- Serna-Saldívar, S.R.O. 2009. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. AGT Editor, México.
- SIAP. 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [Disponible en: www.siap.sagarpa.gob.mx].
- Trujillo, E., Torres, E. y Conde, J. 1990. El trigo en la época colonial: Técnica agrícola, producción, molinos y comercio. Universidad de San Buenaventura y Federación Nacional de Molineros de Trigo. Colombia. 108 p.
- Villaseñor, M., H. E. 2000. El trigo de temporal en México. Secretaría de agricultura, ganadería y desarrollo rural, INIFAP, México, pp. 7-134.
- Villaseñor, M., H. E. 2000. Reseña del mejoramiento genético de trigo de temporal en México. Agric. Téc. Méx., 26(1): 109-123.
- Villaseñor, M., H. E. 2015. Sistema de mejoramiento genético de trigo en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 11: 2183-2189.

Zajarov, V.E., Semenov, O.G y Reyes M., J.M. 2003. Variabilidad de caracteres agronómicos valiosos de híbridos de trigo alocitoplásmico con diferentes tipos de citoplasma. En: Trigo alocitoplásmico y algunos aspectos de biotecnología de plantas, Sputnik Plus, Moscú, pp. 57-65.

XI. APÉNDICE.

Apéndice 1. Elementos productivos de los genotipos de trigo.

Variable	P1	P2	M2	M3	M4	M5	M9	M10	T
AP	91.61 +/-16	62.7 +/-7.97	99.5 +/-10.66	96.28 +/-15.9	89.28 +/-12.4	76.48 +/-11.7	75.82 +/-8.6	68.86 +/-10.7	54.8 +/-10.1
NT	5.41 +/-2.76	1.36 +/-0.58	1.28 +/-0.61	2.02 +/-0.96	1.75 +/-0.86	1.64 +/-0.75	2.04 +/-0.7	2.4 +/-1	1.6 +/-0.7
NTP	3.9 +/-2.08	1.27 +/-0.55	1.24 +/-0.59	1.47 +/-0.74	1.30 +/-0.57	1.2 +/-0.4	1.20 +/-0.50	1.56 +/-0.7	1.5 +/-0.7
AEP	10 +/-1.42	7.61 +/-1.01	9.06 +/-1.22	10.10 +/-1.4	10.1 +/-6.2	8.12 +/-1.26	8.61 +/-1.13	8.6 +/-1.2	7.7 +/-1.1
Ne-EP	13.6 +/-1.48	13.27 +/-1.1	14.68 +/-2.28	15.97 +/-1.9	14.6 +/-2.24	13 +/-1.79	12.9 +/-1.5	12.9 +/-1.5	12.6 +/-1.6
NeD-EP	12.47 +/-1.9	11.45 +/-1.9	12.44 +/-2.21	12.94 +/-1.9	12.06 +/-2.06	10.68 +/-2.01	9.70 +/-1.85	10.9 +/-1.7	9.8 +/-1.9
NG-EP	26.8 +/-7.22	33.7 +/-7.8	31.04 +/-9.33	28.65 +/-7.8	27.6 +/-8.12	26.2 +/-6.6	21.9 +/-7.5	25.6 +/-8.2	19.3 +/-6.2
NGP	68.4 +/-46.4	40.3 +/-17.6	33.1 +/-13.48	37.57 +/-19	33.73 +/-16.8	29.88 +/-12.1	24.8 +/-11.6	38 +/-22.4	26.7 +/-12.8
MG-EP	1.04 +/-0.36	1.27 +/-0.32	1.32 +/-0.39	1.16 +/-0.39	1.11 +/-0.36	1.05 +/-0.31	0.9 +/-0.3	1.1 +/-0.4	0.9 +/-0.38
MGP	2.38 +/-1.39	1.48 +/-0.77	1.55 +/-0.61	1.57 +/-0.94	1.35 +/-0.69	1.22 +/-0.5	1.03 +/-0.5	1.6 +/-1.04	1.2 +/-0.5
M-1000G	35.6 +/-6.00	38.56 +/-6.5	42.76 +/-4.5	41 +/-8.83	39.88 +/-4.6	39.8 +/-3.87	40.8 +/-5.2	41.7 +/-6.1	45.9 +/-6.8