

SISTEMA DE APAREAMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE SEMILLAS EN DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ

Santiago Ruíz-Ramírez¹, Rosendo Hernández-Martínez², Mauricio Velázquez-Martínez³, Filogonio J. Hernández-Guzmán⁴, Ulises Aranda-Lara² y Miguel Á. Valdez-Hernández²

RESUMEN

El INIFAP a través de la producción de semillas proporciona híbridos de maíz para subsanar la demanda de los agricultores de las distintas zonas agroecológicas del país. Por lo anterior, es indispensable generar tecnologías para identificar ambientes para el desarrollo óptimo de sus progenitores. El objetivo del estudio fue identificar las proporciones óptimas de siembras para la producción y calidad de semilla en los híbridos H-384A y H-385A. La investigación se realizó en el ciclo noviembre 2012-mayo 2013 en los estados de Colima (Coquimatlán) y Nayarit (Bahía de Banderas y Villa Hidalgo). Se utilizó un diseño con arreglo factorial con cuatro repeticiones. Se evaluó floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca (AP y AM), porcentaje de raquis (RAQ) y de semilla (SEM), rendimiento (REND), peso de mil semillas (PMS), número de semillas por kilogramo (SemKG), porcentaje de germinación (Germ) y peso hectolítrico de la semilla (PH). Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0,01$ y $P \leq 0,05$) para genotipos y ambientes en la mayoría de las variables. En cuanto ambiente \times proporción reveló significancia ($P \leq 0,05$) en RAQ y SEM. Se encontró que el híbrido H-384A, supera al H-385A en los parámetros de SEM, PH, PMS, Germ, REND y que el mejor ambiente para la producción de semilla fue Villa Hidalgo, con la proporción de siembra 4:2; sin embargo, se sugiere considerar el origen de los parentales para una mayor eficiencia de los lotes de producción de semillas.

Palabras clave adicionales: Proporción de progenitores, rendimiento, siembra, *Zea mays*

ABSTRACT

Mating system for seed production and seed quality in two maize hybrids

The INIFAP, through seed production, provides corn hybrids to meet the demand of farmers in the different agroecological zones of the country. Therefore, it is essential to generate technologies to identify environments for the optimal development of their progenitors. The objective of the study was to identify optimum seeding ratios for yield and seed quality in hybrids H-384A and H-385A. The research was conducted in the November 2012-May 2013 cycle in the states of Colima (Coquimatlan) and Nayarit (Bahía de Banderas and Villa Hidalgo). A completely randomized design in factorial arrangement with four replications was used. Male and female flowering, plant and ear height, percentage of rachis (RAC) and seed (SEE), yield (YIE), thousand seed weight (TSW), number of seeds per kilogram, germination percentage (Germ) and hectoliter seed weight (PH) were evaluated. Significant differences ($P \leq 0,01$ and $P \leq 0,05$) for genotypes and environments were observed for most variables. As for environment \times proportion revealed significance ($P \leq 0,05$) in RAC and SEE. It was found that the hybrid H-384A, outperforms H-385A in the parameters of SEE, PH, TSW, Germ and YIE. The best environment for seed production was in Nayarit (Villa Hidalgo) with the sowing ratio 4:2; however, it is suggested to consider the origin of the parents for greater efficiency of seed production lots.

Additional Keywords: Parent ratio, sowing, yield, *Zea mays*

Editor asociado: Dra. Georgina Vargas-Simón

INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo agrícola más importante de México, desde el punto de vista alimentario,

político, social y económico. Este grano se siembra en los dos ciclos agrícolas, bajo diferentes sistemas de producción (SAGARPA, 2017). Sin embargo, el país enfrenta grandes retos en lo que

Recibido: Agosto 2, 2023

Aceptado: Febrero 23, 2024

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Altos de Jalisco, Tepatitlán de Morelos, México. e-mail: ruiz.santiago@inifap.gob.mx

²INIFAP, Campo Experimental Río Bravo. Municipio de Río Bravo, Tamaulipas. e-mail: hernandez.rosendo@inifap.gob.mx (autor de correspondencia); aranda.ulises@inifap.gob.mx; valdez.miguel@inifap.gob.mx

³INIFAP, Campo Experimental San Luis, Ejido Palma de la Cruz, San Luis Potosí, México. e-mail: velazquez.mauricio@inifap.gob.mx

⁴ Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. e-mail: fjesushg@hotmail.com

competen a suministro de semillas, por los bajos rendimientos de los híbridos o progenitores utilizados en el mercado. La venta y producción de semilla híbrida se realiza en distintas regiones agrícolas de México, lo cual en algunas zonas el material genético tiene baja adaptabilidad, por lo tanto, se refleja en una reducción en rendimiento. En ese sentido, la semilla es ofrecida a un alto costo; por tal razón, los agricultores se ven obligados a buscar alternativas que les ayuden a mejorar el rendimiento y la calidad del producto y, por consiguiente, obtener utilidades en la producción agrícola del cultivo.

Por lo anterior, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), a través del Campo Experimental Centro Altos de Jalisco adjunto al Centro de Investigación Regional Pacífico Centro (CIRPAC), desarrolla actividades en mejoramiento genético de maíz que permite la obtención de nuevos híbridos, de grano blanco y amarillo, para su uso en la zona subtropical del Pacífico Centro de México. La adopción de estos nuevos materiales, dependerá del potencial de rendimiento de grano y calidad de semilla de las líneas progenitoras; así mismo, de las aptitudes de los híbridos a nivel comercial en referente a sus parámetros agronómicos.

En la generación de variedades mejoradas y producción de semilla de maíz, las instituciones de investigación y enseñanza agrícola ofrecen en el mercado nacional semilla de buena calidad (Larque et al., 2013; Domínguez y Donnet, 2014). La calidad de la semilla en variedades mejoradas de maíz es esencial para un uniforme y rápido establecimiento del cultivo, así como la alta productividad de los genotipos (Copeland y McDonald, 2001).

Durante el proceso de producción de la semilla híbrida y variedades se controla su calidad; sin embargo, existe poca información sobre la tecnología de producción de semillas de categorías registrada y certificada (Virgen et al., 2010). En híbridos, se ha evaluado el rendimiento potencial y calidad de semilla de los progenitores (líneas y cruza simple), y se han identificado sitios de producción (Espinosa et al., 2003; Ávila et al., 2009; Arellano et al., 2010). No obstante, aún es indispensable conocer el comportamiento de los progenitores, líneas y cruza simple, en las localidades de producción y su interacción con el

ambiente para obtener una semilla híbrida de buena calidad (Virgen et al., 2016).

Debido a que la semilla es el insumo básico para aumentar la productividad del cultivo (Copeland y McDonald, 2001; Barrón, 2010) y para lograr determinar si los materiales cumplen con los requisitos antes mencionados, el INIFAP establece lotes de producción de semillas en las principales zonas productoras de semilla certificada de maíz y área de influencia de empresas vinculadas al INIFAP-CIRPAC. Bajo esa premisa los objetivos del presente trabajo fueron identificar los ambientes propicios, las proporciones óptimas de parentales, y visualizar la capacidad y calidad para la producción de semilla en los híbridos H-384A y H-385A, en la zona subtropical de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica y año agrícola. La investigación se realizó durante los meses de noviembre 2012 a mayo 2013 en tres ambientes; el primero consistió en Coquimatlán, Colima [A1]; el segundo en Valle de Banderas, Nayarit [A2] y el tercero en Villa Hidalgo, Nayarit [A3] con condiciones semejantes de suelo. Estas zonas son importantes en la producción de semilla de maíz, en lo que respecta al área de influencia (Cuadro 1).

Material genético y proporción de siembra de progenitores. Los híbridos y componentes tecnológicos que se contemplaron en el presente trabajo de investigación, fue la evaluación de dos híbridos generados por el INIFAP en la región Pacífico Centro, en cada localidad se establecieron lotes de producción de semilla de los híbridos de grano amarillo H-384A (G1) y H-385A (G2) cuyos progenitores son la cruza simple de las líneas B-4A×B-6A (hembra), B-7A (macho), y B-4A×B-6A (hembra), B-7A×B-8A (macho), respectivamente. Las proporciones de hembras y machos fueron: 4:2 [P1] y 6:2 [P2] (Cuadro 2).

Establecimiento y manejo de lotes. En Coquimatlán, Colima (A1), para el estudio de los dos híbridos, se establecieron relaciones hembra-macho 4:2 (P1) y 6:2 (P2); en surcos de 0,8 m de ancho y profundidad de siembra de 5 cm. La siembra se realizó de forma simultánea, depositándose entre 7 y 8 semillas por metro. A

Ruíz et al. Sistema de apareamiento en la producción de semillas de maíz

diferencia de A1, en Valle de Banderas (A2) y Villa Hidalgo (A3), previo a la siembra, se aplicó un riego por aspersión y una vez que la humedad del suelo permitió la entrada de la maquinaria se

realizó la siembra. No hubo ocurrencia de lluvias en el período de evaluación, y durante el desarrollo vegetativo de las plantas se realizaron cuatro riegos, dos por aspersión y dos por surco.

Cuadro 1. Ubicación de las condiciones de las localidades en evaluación en clima cálido subhúmedo

Localidad, Municipio y Estado.	Altitud msnm	Temperatura media °C	Ubicación	
			Latitud N	Longitud W
Coquimatlán, Colima. (A1).	400	26,1	19°11'52"	103°48'41"
Bahía de banderas, Valle de Banderas, Nayarit. (A2).	40	24,6	20°48'54"	105°11'30"
Villa Hidalgo, Santiago Ixcuintla, Nayarit. (A3).	30	26,5	21°44'36"	105°13'51"

(A1) ambiente uno, (A2) ambiente dos, (A3) ambiente tres

Cuadro 2. Relación de híbridos, progenitor, con siembra simultánea y proporción de siembra en surcos de hembra:macho 4:2 (P1) y 6:2 (P2)

Híbrido experimental	Progenitor
H-384A (G1)	B-4A×B-6A (hembra) B-7A (macho)
H-385A (G2)	B-4A×B-6A (hembra) B-7A×B-8A (macho)

En la etapa de floración las hembras se desespigaron en forma manual para tener control de la polinización de manera libre proveniente de los machos y una vez pasada la floración masculina se eliminaron de la parcela, antes de la cosecha de las mazorcas.

Para el control de la maleza se utilizó un herbicida pre-emergente (atrazina), y un post-emergente (Topramezone) aplicado entre la etapa V4 a V6 del cultivo. El control de plagas consistió en la aplicación de benzonato de emamectina para control de lepidópteros en estadios larvales. La fertilización al suelo se realizó de manera rutinaria con fórmula completa NPK.

Variables de estudio. Las variables de respuesta para hembra y macho fueron días a floración masculina y femenina (FM y FF), altura

de planta y de mazorca (AP y AM), porcentaje de raquis en mazorcas de hembras (RAQ), porcentaje de semilla en mazorcas de hembras (SEM), rendimiento de semilla comercial (REND) ajustado al 14 % de humedad, peso de mil semillas (PMS), número de semillas por kilogramo (SemKG), y peso hectolítrico de la semilla (PH). La calidad fisiológica de la semilla con relación al porcentaje de germinación estándar (Germ) se tomó con base al procedimiento descrito por la ISTA (2004). Para la medida del peso se utilizó una balanza electrónica con precisión de 1 g.

Diseño experimental y análisis estadístico.

Los datos se analizaron bajo un arreglo factorial de tratamientos y cuatro repeticiones, donde cada unidad experimental consistió en surcos de 20 metros de largo. Los tratamientos fueron dos genotipos de maíz (H-384A y H-385A), tres ambientes de evaluación y (Coquimatlán, Valle de Banderas y Villa Hidalgo) dos proporciones de siembra (4:2 y 6:2), con relación a las variables de estudio antes mencionados. Con los valores obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) en las variables respuesta, y cuando se observó diferencia estadística significativa ($P \leq 0,05$) se hizo una comparación de medias mediante la prueba de Tukey. El análisis de los datos se realizó empleando el programa estadístico SAS V.9.1. Cary, NC, USA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 3 se observan diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) para el factor genotipo en las variables FM, AP, AM, RAQ, SEM, PH y REND. En cuanto a los ambientes, hubo diferencias altamente significativas en FM, FF, PMS, SemKG y REND ($P \leq 0,01$), y significativas ($P \leq 0,05$) para RAQ y SEM. No se encontraron diferencias en la interacción genotipo×ambiente en la mayoría de las variables, a excepción de FM y FF ($P \leq 0,01$). En lo que respecta al factor proporción se reflejan diferencias ($P \leq 0,01$) en AP y AM; sin embargo, en el resto de las variables no se visualizaron diferencias entre ellas. Para el caso de genotipo×proporción ($G \times P$), se revelaron diferencias ($P \leq 0,01$) en FF, AP y AM. En cuanto a la interacción ambiente×proporción ($A \times P$), se encontraron diferencias estadísticas en FF y FM ($P \leq 0,01$), así como en RAQ y SEM ($P \leq 0,05$). Las diferencias existentes en la presente investigación para todas las fuentes de variación se atribuyen a las diferentes condiciones ambientales y de los genotipos en estudio; con lo anterior, se pueden identificar genotipos, ambientes y proporciones de

siembra en los cuales los progenitores revelen su máximo potencial de rendimiento en los lotes de producción de semilla (Cuadro 3). Lo anterior se vio reflejado en las diferencias estadísticas encontradas en los genotipos en cuanto a la floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, porcentaje de raquis, porcentaje de semilla, peso hectolitrito y rendimiento. Estos resultados concuerdan con lo reportado por varios autores en estudios sobre producción y calidad de semilla en Valles Altos de México (Arellano et al., 2011; Virgen et al., 2014; García et al., 2018). Con los resultados expuestos se deduce que para cubrir la demanda de semilla solicitada a cualquier empresa semillera será siempre necesario determinar las condiciones óptimas para lograr el máximo de beneficio. Al respecto, Virgen et al. (2016) señalaron que la pérdida en la producción de semilla se puede atribuir al vigor de las líneas, la variación de los ambientes y la interacción genotipo×ambiente, por lo que el generar una buena recomendación para la producción de los híbridos del INIFAP, facilitaría una mayor venta de semilla que permitiría su adopción para los productores de semilla en México.

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia del ANOVA en dos híbridos experimentales de maíz en tres ambientes y dos proporciones de siembra en surcos de hembra:macho

F.V.	GL	FM (Días)	FF (Días)	AP (m)	AM (m)	RAQ (%)	SEM (%)	PH (kg hL ⁻¹)	PMS (g)	SemKG (N°·kg ⁻¹)	Germ (%)	REND (t ha ⁻¹)
Genotipo (G)	1	3,00**	0,18ns	0.17**	0.38**	472,9**	472,9**	30,9**	75,00ns	8347,6ns	63,0 ns	56,5**
Ambient. (A)	2	135,7**	145,7**	0.01ns	0.01ns	59,41*	59,41*	3,94ns	14780**	1218656**	35,3 ns	153**
G×A	2	4,00**	3,93**	0.01ns	0ns	6,37ns	6,37ns	5,20ns	611,6ns	57849,4ns	19,2 ns	2,07ns
Proporc. (P)	1	0,0ns	0,18ns	0.15**	0.14**	0,03ns	0,03ns	0,18ns	4,08ns	792,18ns	9,1 ns	1,46ns
G×P	1	0,08ns	2,52**	0.16**	0.13**	0,26ns	0,26ns	3,24ns	300,0ns	18447,5ns	0,2 ns	3,44ns
A×P	2	1,00**	0,43*	0.00ns	0.01ns	49,19*	49,19*	0,71ns	346,6ns	31931,0ns	10,9 ns	2,71ns
E.E		0.12	0.10	0.0053	0.01	11,69	11,69	2,54	461,8	33665,1	18,0	1,95
Media		71.62	71.60	2.36	1.35	20,05	79,94	80,19	323,7	3117,39	97,2	6,59
C.V (%)		9,49	0,45	3,09	7,38	17,04	4,27	1,99	6,63	5,88	4,36	21,22

ns: no significativo, *, **: significativos a $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$, respectivamente. F.V.: fuente de variación, GL: grados de libertad, E.E: error experimental, C.V.: coeficiente de variación en porcentaje, FM: días a floración masculina, FF: días a floración femenina, AP: altura de planta, AM: altura de mazorca, RAQ: porcentaje de raquis de hembras, SEM: porcentaje de semilla en mazorcas de hembras, PH: peso hectolítrico de la semilla. PMS: peso de mil semillas, SemKG: número de semillas por kilogramo, Germ: porcentaje de germinación estándar, REND: rendimiento de semilla comercial

La comparación de medias de los tratamientos, reveló diferencias estadísticas (Cuadro 4) y demostró que los ambientes causaron variación en FM y FF, siendo Coquimatlán el ambiente donde los materiales tuvieron mayor precocidad,

contrariamente a lo que se observó en Villa Hidalgo. Sin embargo, en AP y AM los dos genotipos se comportaron de manera similar en todos los ambientes de estudio. En cuanto al RAQ, el ambiente Coquimatlán presentó una mayor

media (22,16 %), carácter indeseable en la producción de semilla para la obtención de altos rendimientos. En el caso de las características físicas del grano (SEM, PH, PMS, SemKG y Germ), la localidad de Villa de Hidalgo, mostró en

su mayoría valores altos en comparación de los dos ambientes; así mismo, en esta región, el REND prácticamente duplicó (10,15 t·ha⁻¹) a lo que se obtuvo en Coquimatlán (5,13 t·ha⁻¹) y Valle de Banderas (4,50 t·ha⁻¹)

Cuadro 4. Comparación de medias de las hembras para formación del promedio de los híbridos H-384A y H-385A con relación a las variables estudiadas para las localidades y proporciones de siembra

Variables	Localidades			Proporciones			
	A1	A2	A3	DMS	P1	P2	DMS
FM (Días)	69,25 c	70,75 b	74,87 a	0,3055	71,62 a	71,62 a	0,207
FF (Días)	69,50 c	70,25 b	75,06 a	0,2789	71,54 a	71,66 a	0,189
AP (m)	2,34 a	2,39 a	2,34 a	0,0632	2,30 b	2,41 a	0,0428
AM (m)	1,34 a	1,39 a	1,34 a	0,0867	1,41 a	1,30 b	0,0588
RAQ (%)	22,16 a	19,62 ab	18,38 b	2,9553	20,03 a	20,08 a	2,0021
SEM (g)	77,83 b	80,37 ab	81,61 a	2,9553	79,96 a	79,91 a	2,0021
PH (kg hL ⁻¹)	79,73 a	80,12 a	80,72 a	1,3794	80,13 a	80,25 a	0,9345
PMS (g)	308,68 b	303,75 b	358,68 a	18,572	323,41 a	324,00 a	12,582
Sem/kg(No.)	3256,25 a	3296,38 a	2799,56 b	158,56	3121,46 a	3113,33 a	107,42
G (%)	98,87 aa	97,00 aa	95,93 a	3,6686	96,83 a	97,70 a	2,4853
REND (t ha ⁻¹)	5,13 b	4,50 b	10,15 a	1,2098	6,76 a	6,41 a	0,8196

FM: días a floración masculina, FF: días a floración femenina, AP: altura de planta, AM: altura de mazorca, RAQ: porcentaje de raquis de hembras, SEM: porcentaje de semilla en mazorcas de hembras, PH: peso hectolítrico de la semilla, PMS: peso de mil semillas, SemKG: número de semillas por kilogramo, Germ: porcentaje de germinación estándar, REND: rendimiento de semilla comercial. DMS: diferencia mínima significativa. Valores en la misma hilera para cada fuente de variación, seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0,05$).

En el Cuadro 5 se presentan las medias de los parámetros en estudio, lo cual revela que el híbrido H-384A superó al H-385A, debido a que en los tres ambientes (A1, A2, y A3) y en las dos proporciones de siembra (4:2 y 6:2) muestra ventajas en cuanto a las variables de porcentaje de semillas, peso hectolítrico de la semilla, peso de mil semillas, germinación estándar y rendimiento de semilla comercial. Así mismo, se encontró que el mejor ambiente para la producción de semillas fue Villa Hidalgo (A3) para ambos híbridos. Lo anterior, se observó principalmente en la proporción de siembra 4:2; sin embargo, se debe tomar en cuenta que el macho es una cruz simple, con buena ramificación de la espiga y mediante dispersión mecánica de polen se puede establecer la proporción 6:2 para obtener buenos resultados e

incrementar la disponibilidad de superficie establecida.

El comportamiento de los progenitores en líneas y cruza simples, en las localidades de producción y su interacción con el ambiente son de gran importancia para obtener una semilla híbrida de buena calidad (Virgen et al., 2016). Aunque en el análisis de varianza se observó diferencias estadísticas significativas debido a la proporción de plantas macho vs hembra, la prueba de medias solo mostró diferencias ($P \leq 0,05$) en altura de planta y mazorca, lo que probablemente se pueda atribuir a las características genéticas de los progenitores hembras (Cuadro 4). Existen muchos factores que son clave en el éxito de la producción de semilla, entre ellas la proporción de los surcos de hembra vs surcos de macho. Al

respecto MacRobert et al. (2014), señalan que las proporciones más comunes son: 2:1, 3:1 y 6:2; sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio indican que es posible aumentar la proporción de hembras sin sacrificar rendimiento de semilla. Por su parte, Ramírez et al. (2010) mencionan que los factores ambientales influyen sobre el crecimiento y desarrollo de la planta. Por lo anterior, se deduce que el mejor ambiente para la producción de semilla fue Villa Hidalgo (A3) al revelar un mayor rendimiento de semilla comercial con el H-384A en la proporción de siembra 4:2; por lo tanto, en todos los lotes dedicados a la producción de semillas debe tomarse en cuenta si el genotipo utilizado como progenitor macho proviene de una línea pura o cruza simple y que cuente con una buena ramificación de espiga con la finalidad que mediante dispersión mecánica de polen se puedan establecer proporciones de siembra 6:2 u 8:2 para lograr un aumento en rendimiento de semilla beneficiada a nivel comercial. Las diferencias

observadas en cuanto al peso hectolítrico de grano, peso de mil semillas, porcentaje de semilla, germinación estándar y rendimiento de semilla comercial entre los híbridos H-384A y H-385A, se atribuye a las diferencias existentes entre los progenitores femeninos; mientras que la hembra de H-384A es una cruza simple, la hembra de H-385A es una línea, confirmando ventaja a la cruza simple, donde existe mayor grado de heterosis. Así mismo, entre los genotipos se observó una cierta asociación entre el porcentaje de raquis y el rendimiento; ya que entre más alto fue el porcentaje de raquis, menor fue el rendimiento de semilla comercial. Esta tendencia se mantuvo a pesar de los ambientes y la proporción de machos con relación a las hembras, por lo que se considera que estas características pueden ser de tipo aditivo y que tienen poca interacción con el ambiente. Esto podría ser una característica negativa dentro de un programa dedicado a la producción de semilla al obtener bajos rendimientos.

Cuadro 5. Medias de las hembras para formación de los híbridos H-384A y H-385A con relación a las variables estudiadas, correspondientes a la interacción genotipo×ambiente×proporción de siembra respecto a calidad y rendimiento de la semilla

Híbrido	Nivel de Ambiente	Nivel de Proporción	RAQ (%)	SEM (%)	PH (kg hL ⁻¹)	PMS (g)	SemKG (N°·kg ⁻¹)	Germ (%)	REND (t ha ⁻¹)
H-384A (G1)	A1	4:2	17,14	82,85	81,96	311,5	3214	98,0	6,77
		6:2	19,46	80,54	80,43	322,5	3134	99,7	4,84
	A2	4:2	18,37	81,63	80,34	304,0	3292	97,5	5,35
		6:2	15,23	84,76	80,90	300,7	3325	99,0	6,06
H-385A (G2)	A3	4:2	15,39	84,60	81,28	366,0	2759	98,2	12,24
		6:2	15,92	84,07	81,06	345,0	2899	98,0	10,80
	A1	4:2	31,07	68,92	77,09	295,0	3402	99,5	3,00
		6:2	20,98	79,01	79,46	305,7	3273	98,2	5,89
H-385A (G2)	A2	4:2	19,67	80,32	79,59	310,7	3229	93,7	4,01
		6:2	25,22	74,78	79,65	299,5	3339	97,7	2,57
	A3	4:2	18,54	81,45	80,52	353,2	2831	94,0	9,22
		6:2	23,69	76,31	80,02	370,5	2708	93,5	8,33

RAQ: porcentaje de raquis, SEM: porcentaje de semilla, PH: Peso hectolítrico de la semilla, PMS: peso de mil semillas, SemKG: número de semillas por kilogramo, Germ: porcentaje de germinación estándar y REND: rendimiento de semilla comercial.

CONCLUSIONES

El comportamiento de los híbridos de maíz de grano amarillo, revelaron un alto rendimiento en la producción de semilla y buena adaptación a los tres ambientes de estudio; sin embargo, Villa Hidalgo (Nayarit), resultó el mejor ambiente para el genotipo hembra del híbrido H-384A (G2) con una proporción de siembra de 4:2, es decir cuatro surcos de hembra y dos de macho. En ese sentido, se sugiere considerar el origen de los parentales para una mayor eficiencia de los lotes de producción de semillas. Los genotipos, en los diferentes ambientes y arreglos topológicos utilizados, expresaron buenas características agronómicas y de rendimiento por lo que se recomiendan para la producción y calidad de semilla.

LITERATURA CITADA

- Arellano, V.J.L., V.J. Virgen y P.M.A. Ávila. 2010. H-66 Híbrido de maíz para los Valles Altos de los estados de México y Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1(2): 252-257.
- Arellano, V.J.L., V.J. Virgen, M.I. Rojas y P.M.A. Ávila. 2011. H-70: Híbrido de maíz de alto rendimiento para temporal y riego del Altiplano Central de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2(4): 619-626.
- Ávila, M.A., J.L. Arellano, V.J. Virgen, A.J. Gámez y A. María. 2009. H-52 Híbrido de maíz para Valles Altos de la Mesa Central de México. *Agricultura Técnica en México* 35(2): 237-240.
- Barrón, C.E. 2010. Producción de semilla certificada de maíz por pequeñas organizaciones de productores: caso "Impulsora Agrícola El Progreso S.P.R. de R.L." Fundación Produce Guerrero. Guerrero, México. 71 p. <https://www.redinnovagro.in/casosexito/26.pdf> (consulta de julio 2023).
- Copeland, L.O. y M.B. McDonald. 2001. *Principles of seed science and technology*. 4th ed. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, USA. 467 p.
- Domínguez, C. y L. Donnet. 2014. Modelos de negocio de las empresas semilleras de maíz del consorcio MasAgro. Enlace: La revista de la agricultura de conservación V (18): 44-47.
- Espinosa, A., M. Tadeo, J. Lothrop, S. Azpíroz, C. Tut y Couoh, y Y. Salinas. 2003. H-50, Híbrido de maíz de temporal para los valles altos de México (2200-2600 msnm). *Agricultura Técnica en México* 29(1): 89-92.
- García Rodríguez, J.J., M.A. Ávila, F.P. Gámez, M. de La O Olán y A.J. Gámez. 2018. Calidad física y fisiológica de semilla de maíz influenciada por el patrón de siembra de progenitores. *Revista Fitotecnia Mexicana* 41(1): 31-37.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2004. *International Rules for Seed Testing*. Basserdorf, CH – Switzerland. Chapter 3, 4, 5 y 9.
- Larque, S.B.S., J. Islas, A. González y J.L. Jolalpa. 2013. Mercado de semillas de maíz en el Estado de México. Folleto técnico No. 57. INIFAP-Mex. 76 p.
- MacRobert, J.F., P.S. Setimela, J. Gethi y M. Worku. 2014. *Manual de producción de semilla de maíz híbrido*. México, D.F. CIMMYT. 26 p.
- Ramírez, D.J.L., P.J.J. Wong, C.J.A. Ruíz y B.M. Chuela. 2010. Cambio de fecha de siembra del maíz en Culiacán, Sinaloa, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(1): 61-68.
- SAGARPA. 2017. *Planeación agrícola nacional 2017-2030. Maíz grano blanco y amarillo mexicano*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Ciudad de México. 28 p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B_sico-Ma_z_Grano_Blanco_y_Amarillo.pdf (consulta de julio 2023).
- Virgen, V.J., B.R. Zepeda, P.M.A. Ávila, C.A. Espinosa, V.J.L. Arellano y V.A.J. Gámez. 2014. Producción de semilla de líneas progenitoras de maíz: densidad de población e interacción. *Agronomía Mesoamericana* 25(2): 323-335.
- Virgen, V.J., V.J.L. Arellano, M.I. Rojas, P.M.A. Ávila y H.G.F. Gutiérrez. 2010. Producción de semilla de cruza simples de híbridos de maíz en Tlaxcala, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(Núm. Especial 4):

107-110.

16. Virgen, V. J., B.R. Zepeda, P.M.A. Ávila,
C.A. Espinosa, V.J.L. Arellano y V.A.J.

Gámez. 2016. Producción y calidad de semilla
de maíz en Valles Altos de México.
Agronomía Mesoamericana 27(1): 191-206.