

Gacela H72: híbrido de maíz precoz para áreas de temporal y riego del Altiplano Central de México

José Luis Arellano Vázquez^{1§}
Juan Virgen Vargas¹
Israel Rojas Martínez²

¹Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los reyes-Texcoco km 13.5, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56250. Tel. 01(595) 9212738, ext. 198. ²Sitio Experimental Tlaxcala-INIFAP. Carretera Tlaxcala-Chiautempan km 2.5, Chiautempan, Tlaxcala, México. CP. 90800.

§Autor para correspondencia: arellano.jose@inifap.gob.mx.

Resumen

Debido al cambio climático que se manifiesta en distribución irregular de la precipitación pluvial menor cantidad de ésta o su incidencia en temporal retrasado y mayor temperatura, surge el problema de falta de híbridos de maíz precoz sobre todo para regiones de bajo y mediano potencial productivo de la mesa central de México, las cuales cubren 1 200 000 ha de la superficie cultivada. El híbrido de maíz precoz Gacela H72, se generó para responder a esas condiciones del cambio climático, ya que es un híbrido doble de ciclo precoz y gran rusticidad, presenta crecimiento y desarrollo vigoroso en la etapa vegetativa inicial, por lo cual supera en porte de planta a otros híbridos de maíz durante los 30 días después de la emergencia, es tolerante a la sequía en etapa vegetativa y reproductiva y rinde bien en condiciones de baja fertilización química. Su rendimiento tiene un rango de 3 a 11 t ha⁻¹ el cual supera a las variedades criollas 50% y a híbridos comerciales privados 20%. Presenta su periodo a espigamiento entre los 95 y 100 días a altitudes de 2 600 m donde otros híbridos y variedades lo alcanzan a 110 y 115 días. Es resistente al carbón de la espiga (*Sphaceloteca reiliana*) y a la pudrición de la mazorca (*Fusarium* spp.) y tiene calidad nixtamalera-tortillera. Gacela H72, por ser híbrido doble, posee progenitores de mayor productividad en semilla que otros híbridos, su progenitor hembra rinde 7.5 t ha⁻¹ en Valles Altos, lo cual concede 25% más rentabilidad en la producción de semilla registrada y certificada respecto a otros híbridos. Su porte de planta facilita la siembra intensiva con 70 000 plantas ha⁻¹ y con siembra a doble hilera a 100 000 plantas ha⁻¹ se logran rendimientos de 10 a 11 t ha⁻¹. La cosecha se realiza a 150 días con una humedad en grano de 25%, por lo que la mazorca debe someterse a un proceso de secado (14% humedad). En áreas de riego y buen temporal tiene potencial para la producción de forraje. El principal impacto económico del Gacela H72 es la diferencia de 3 a 4 t ha⁻¹ sobre el rendimiento de la variedad criolla, lo cual representa de 12 000.00 a 16 000.00 pesos ha⁻¹, lo que hace rentable la producción de maíz.

Palabras clave: *Zea mays* L., grano blanco semicristalino, híbrido doble, madurez tipo precoz.

Recibido: agosto de 2018

Aceptado: septiembre de 2018

En el Altiplano Central de México se siembran 1 689 572 ha con maíz y se encuentran distribuidas en tres estratos de producción: 1) riego con alto rendimiento; 2) temporal con alto rendimiento; y 3) temporal con bajo rendimiento, que cubren superficies de 12.6, 48.3 y 39% del total (Arellano, 1984). Los efectos del cambio climático en los Valles Altos se manifiestan en condiciones ambientales adversas de temporal limitado y retrasado que incide en el mes de mayo y la presencia de heladas de moderada intensidad o ‘escarchas’ o bien heladas drásticas durante el mes de septiembre, las cuales determinan que se acorte la estación de cultivo a 140 días para obtener buenas cosechas de maíz con calidad.

Se ha propuesto que para lograr mayor rendimiento a través de múltiples condiciones ambientales, se requieren genotipos que mantengan mayor respuesta productiva al ambiente con un comportamiento consistente o estable y rendimiento alto (Kang, 1998; Lu’quez *et al.*, 2002), esto es factible en base a la capacidad del potencial genético del híbrido para amortiguar condiciones agroclimáticas adversas y a la aplicación de componentes tecnológicos como el uso de micorrizas, densidades de población adecuadas y un programa eficaz de fertilización integral. Los híbridos de maíz precoz con alto rendimiento y calidad de grano, son una alternativa para mantener la producción rentable bajo condiciones limitadas y erráticas de lluvia y mayor temperatura durante la estación de cultivo en los Valles Altos de la Mesa Central de México.

Generación del híbrido Gacela H72. El híbrido de maíz GACELA H-72 se generó a partir de las líneas endogámicas ich. 21 Comp.1-7-2-14-1-3 con nivel de endogamia S₅, identificada en su registro como M-54 y Tlax. 151 SFC1-11-2-2-2 con nivel de endogamia S₄, registrada como M-55, ambas líneas se generaron por el método de pedigrí con selección. El origen de la línea M-54 se encuentra en la variedad criolla denominada Michoacán 21, mientras que el de la línea M-55 en la variedad criolla Tlaxcala-151.

La cruce de estas líneas dio origen al progenitor hembra M-54 X M-55. También intervienen en la generación de este híbrido las líneas CML-242 y la línea CML-354 que cuentan con niveles de endogamia S₇, ambas derivadas de la Población 85 Blanco precoz semidentado, obtenidas en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), cuyas genealogías son: Batán 8785 MH 10-1-1-2TL-1-3TL-3-1TL-b para CML-242 y Pob. 85C4 13-4-10-4Tl-3-1Tl-B # # para CML-354. La cruce de estas líneas dio origen al progenitor macho.

El proceso de derivación y selección de líneas de la cruce simple hembra del híbrido Gacela H72, se realizó de 1946 a 1984, durante el periodo de 1985 a 2009 se obtuvieron, evaluaron y seleccionaron cruces simples experimentales de la hembra, mientras que la cruce simple macho se generó en 2008 y se evaluó su potencial de rendimiento en 2009. El híbrido doble Gacela H72 se generó en 2009 y del 2010 a 2016 se realizaron evaluaciones a nivel experimental y su validación semicomercial en localidades de los Valles Altos.

En 2017 se presentaron ante SNICS los documentos requeridos para su registro oficial. En la Figura 1 se muestra el esquema de hibridación clásica para la obtención del híbrido GACELA H72; a partir, de mazorcas representativas de los progenitores y del híbrido. Se puede observar que el progenitor M-54 es de mazorca pequeña de tipo cónico con grano redondo de textura semiharinosa

y color cremoso, en tanto que la línea M-55 es de mazorca larga con hileras irregulares y grano delgado puntiagudo y semicristalino de color blanco. El cruzamiento de ambos progenitores genera al progenitor hembra M-55 X M-54 que exhibe heterosis considerable en tamaño y peso de la mazorca que es de tipo cónico con grano de textura dentada de color blanco cremoso.

Mientras que las líneas progenitoras CML-242 y CML-354 son de mazorca pequeña de forma cilíndrica con grano tipo semicristalino de color blanco. La cruce de estas líneas genera el progenitor macho CML-242 x CML-354 que muestra heterosis significativa en tamaño y peso de mazorca con forma cilíndrica y grano de tipo semicristalino de color blanco. El progenitor hembra al cruzarse con el progenitor macho genera la combinación que dio origen al nuevo híbrido de cruce doble Gacela H72 de mazorca grande tipo cónico- cilíndrico de hileras regulares con grano tipo semicristalino de color blanco (Figura 1).



Figura 1. Esquema de obtención del híbrido de maíz precoz Gacela H72 y características fenotípicas de las mazorcas representativas de los progenitores y del híbrido.

Inscripción del híbrido de maíz Gacela H72 en el catálogo nacional de variedades vegetales. Con base en la Ley de Producción, Certificación y Comercio de Semillas vigente en México y después de haber reunido los requisitos para su inscripción el híbrido de maíz Gacela H72, fue inscrito en junio de 2018 en el Catálogo Nacional de Variedades de Vegetales (CNVV) con el número de registro: MAZ-1856-090318.

Descripción de las características morfológicas de híbrido Gacela H72 y de sus progenitores. En el Cuadro 1, se presentan las principales características morfológicas del Gacela H72, de la cruce simple hembra (M-54 x M-55) y de la cruce macho (CML-242 x CML-354) con base en la guía técnica para la descripción varietal (SNICS, 2014).

Cuadro 1. Características morfológicas del híbrido de maíz Gacela H72, la cruce simple hembra M-54 x M-55 y la cruce simple macho CML-242 x CML-354.

Características	Descripción varietal		
	Gacela H72 Híbrido doble	M-54 x M-55 Progenitor hembra	CML-242 X CML-354 Progenitor macho
Coloración de la vaina por antocianinas en la primera hoja	Ausente o débil	Ausente	Ausente
Disposición de la lámina en la hoja de la mazorca	Ligeramente curvada-curva	Ligeramente curvada	Rectilínea

Características	Descripción varietal		
	Gacela H72 Híbrido doble	M-54 x M-55 Progenitor hembra	CML-242 X CML-354 Progenitor macho
Orientación de hojas arriba de la mazorca superior	Erecta-semierecta	Semirecta a semihorizontal	Erecta a semierecta
Ondulación del margen laminar de la hoja de la mazorca superior	Ausente	Ligeramente ondulado	Ligeramente ondulado
Arrugas longitudinales en la hoja de la mazorca superior	Ausentes	Ocasional a siempre presentes	Ocasionalmente presentes
Color de la vaina en la hoja de la mazorca	Verde a verde morado	Verde a verde oscuro	Verde limón a verde normal
Pubescencia sobre el margen de la vaina	Abundante	Abundante a muy abundante	Ausente o leve
Cubrimiento de panoja por la hoja bandera	Ausente a leve	Ausente a leve	Ausente a leve
Días a 50% de floración (antesis)	73-76 (2 300 msnm)	68-79 (2 300 msnm)	73-79 (2 300 msnm)
Coloración por antocianinas en la base de las glumas en el tercio medio del eje principal de la panoja	Ausente a tenue	Intermedia a muy fuerte	Ausente a tenue
Coloración por antocianinas en las glumas (excluida la base) en el tercio medio del eje principal de la panoja	Ausente	Ausente a tenue	Ausente a tenue
Longitud de panoja (cm)	27-35	27-43	16-31
Días a 50% de la floración femenina	75-79 (2 300 msnm)	73-84 (2 300 msnm)	80-86 (2 300 msnm)
Coloración por antocianinas en los estigmas	Ausente	Ausente	Presente
Coloración de la base de los estigmas del jilote superior	Amarilla	Amarilla	Rosa
Coloración por antocianinas en la vaina de la hoja (parte media de la planta)	Ausente o tenue	Débil a medio	Ausente
Altura desde el ras del suelo hasta el nudo de inserción de la mazorca principal (cm)	130-140	130-150	100-120
Longitud de mazorca, de la base al ápice (cm)	10-20	10-20	10-15
Diámetro de la mazorca de la parte central (cm)	4.1-6	4.1-6	4.1-5
Forma de la mazorca	Cónica-cilíndrica	Cónica	Cónica-cilíndrica
Número de hileras por mazorca	12-16	12-16	12-16
Número de granos por hilera en la mazorca	21-30	21-30	20-30
Tipo de grano en el tercio central de la mazorca	Semicristalino	Semidentado-semicristalino	Semicristalino
Color de grano sin desgranar	Blanco-cremoso	Blanco-cremoso	Blanco-cremoso
Color de endospermo	Blanco	Blanco	Blanco
Coloración antocianinas de las glumas del olote	Ausente	Ausente	Ausente

Comportamiento agronómico del híbrido Gacela H72 en localidades de Valles Altos

El comportamiento agronómico del híbrido Gacela H72 fue evaluado experimentalmente y en lotes de producción comercial de 2009 a 2016 en 25 localidades representativas de ambientes de temporal deficiente, intermedio y favorable o con riego de auxilio, con el propósito de estudiar mejor el comportamiento del rendimiento global y el de la interacción genotipo x ambiente del rendimiento. A nivel global los rendimientos variaron de 4.3 a 11.2 t ha⁻¹ y representan valores de 85 a 126% respecto al rendimiento conjunto de los testigos comerciales H-48, H-70, AS-722 y variedad criolla.

El número de días a floración masculina osciló entre 75 y 109, que corresponden a sitios ubicados a altitudes de 2 250 y 2 650 m respectivamente; es decir, a mayor altitud, la emergencia, desarrollo de la espiga y dispersión del polen es más lento debido a temperaturas más bajas del lugar. Respecto a la altura de planta, Gacela H72 mostró un porte de planta que varió de 170 a 230 cm, la mayor altura de planta generalmente se asocia con ambientes de mayor altitud y muy húmedos. El acame de planta que mostró Gacela H72 osciló entre 3 y 9%, lo cual representa valores de acame de mínimo a moderado. Las medias a través de localidades para rendimiento, floración masculina, altura de planta y acame de planta fueron de 7.9 t ha⁻¹, 96 días, 210 cm y 6%, respectivamente. A través de los ambientes de prueba Gacela H72 fue 14% superior en rendimiento respecto al promedio de los testigos comerciales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje del rendimiento respecto a los testigos y caracteres de planta del híbrido de maíz GACELA H72 por localidad y año en el Altiplano Central de México.

Localidad	Rendimiento (t ha ⁻¹)	(%) del testigo	FM (días)	AP (cm)	Acame (%)
2009					
Zotoluca, Hidalgo (2 450 [*])	7.5	124	97	230	8
Calpulalpan, Tlaxcala (2 600 [*])	11	130	95	235	9
2010					
San Luis Huamantla (2 450 [*])	9.1	110	99	219	2.5
2012					
Calimaya, Estado de México (2 600 [*])	8.8	110	102	225	8
Zinacantepec, Estado de México (2 600 [*])	7.8	105	102	220	3
Jiquipilco, Estado de México (2 550 [*])	6.2	113	104	217	5
Netzahualcóyotl, Estado de México (2 230 [*])	7.3	105	77	222	6
Benito Juárez, Tlaxcala (2 529 [*])	4.5	125	109	170	8
La Madalena Soltepec, Tlaxcala (2 530 [*])	4.3	119	103	170	8
San Luis Huamantla, Tlaxcala (2 450 [*])	9	94	107	200	5
San José Teacalco, Tlaxcala (2 581 [*])	7.5	85	107	201	7
San Nicolás Panotla, Tlaxcala (2 222 [*])	6.4	130	96	200	8
San Miguel P. Ixtacuixtla, Tlaxcala (2 521 [*])	6.2	101	96	200	6
S. Francisco Tetlanohcan, Tlaxcala (2 433 [*])	6.1	93	108	200	8

Localidad	Rendimiento (t ha ⁻¹)	(%) del testigo	FM (días)	AP (cm)	Acame (%)
2013					
Francisco Villa, Tlaxcala (2 536 [*])	10.1	119	98	201	1
San Nicolás Panotla, Tlaxcala (2 222 [*])	10	128	91	230	16
San Miguel Ixtacuixtla, Tlaxcala (2 478 [*])	12	111	83	169	0
Cuapiaxtla, Tlaxcala (2 490 [*])	9.1	107	91	205	1
2014					
San Miguel , Ixtacuixtla Tlaxcala (2 521 [*])	6	126	96	205	0
San Damián Texoloc, Tlaxcala (2 225 [*])	11	112	99	218	0
2015					
Chapingo, Estado de México (2 230 [*])	11.2	132	75	220	6
Coatlinchán, Estado de México (2 230 [*])	9.4	114	77	230	5
Axocomanitla, Tlaxcala (2 200 [*])	11.2	113	92	216	3
La Magdalena Soltepec, Tlaxcala (2 530 [*])	7	100	95	220	2
Francisco V. Huamantla, Tlaxcala (2 525 [*])	8.6	113	102	189	3
Nexnopala, Altzayanca, Tlaxcala (2 512 [*])	7.7	101	91	223	3
2016					
Coatlinchán, Estado de México (2 230 [*])	9.4	98	77	230	7
Nexnopala, Altzayanca, Tlaxcala (2 512 [*])	11	126	90	230	0
La Magdalena Soltepec, Tlaxcala (2 530 [*])	7.8	152	95	212	0
Promedio	8.4	114	95	211	5

FM= floración masculina; AP= altura de planta; * = altitud (m). Cultivares incluidos en el testigo promedio: H-70, AS-722 y variedad criolla.

La tecnología de manejo agronómico para la producción comercial del híbrido Gacela H72 es la misma que se indica en el Folleto técnico núm. 13 para la producción del H-70 (Arellano *et al.*, 2011).

Productividad de semilla de los progenitores del híbrido de maíz Gacela H72 en localidades de Valles Altos

En el Campo Experimental Valle de México ubicado en la localidad de Coatlinchán, Texcoco, Estado de México a 2 240 msnm se registraron rendimientos experimentales de grano para las líneas progenitoras M-54, M-55 y CML-242 de 2.6, 2.5 y 2 t ha⁻¹, respectivamente. En cuanto a rendimiento y caracteres de vigor de semilla, las líneas indicadas anteriormente fueron clasificadas como estables al ser evaluadas en tres localidades de Valles Altos y Bajío (Hernández, 2018). Respecto al rendimiento del progenitor hembra M-55 x M-54 establecido en campo bajo riego en fecha de siembra del 20 de mayo en la localidad de Coatlinchán (2 230 msnm), Estado de México, se registró una producción de 10 t ha⁻¹ (Virgen *et al.*, 2009).

Por otro lado, se detectó que en siembras con productores de las localidades de Espíritu Santo-Ixtacuixtla y Francisco Villa ambas de Tlaxcala, ubicadas en altitudes de 2 430 y 2 530 msnm, respectivamente, la cruza simple hembra rindió 6.5 y 6.2 t ha⁻¹, respectivamente, con la densidad de población de 83 mil plantas ha⁻¹ y fecha de siembra del 19 de abril, estos rendimientos superaron en 1.5 y 3 t ha⁻¹ al de las cruza hembras de los híbridos comerciales H-40 y H-50, respectivamente (Virgen *et al.*, 2009; Virgen *et al.*, 2010). En las localidades de Texoloc, Benito Juárez y San Nicolás Panotla del estado de Tlaxcala a altitudes de 2 225, 2 530 y 2 200 m, respectivamente, el progenitor hembra (M-54 x M-55) rindió 8.6, 6.9 y 6.4 t ha⁻¹, respectivamente, mientras que el progenitor macho (CML-242 x CML-354) rindió 7, 3.5 y 3.9 t ha⁻¹, respectivamente (Virgen *et al.*, 2013).

Por otro lado, en la localidad de San Miguel La Presa, Tlax. (2 600 msnm) el progenitor macho rindió 11.9 t ha⁻¹ con densidad alta de población de 68 mil plantas por hectárea y con baja densidad de 42 mil plantas, 7.89 t ha⁻¹, en Tlaxco, Tlax. (2 580 msnm) produjo 8 t ha⁻¹ con la densidad alta y 6.83 con la densidad baja. En la localidad de Panotla, Tlax. (2 200 msnm) los rendimientos con las densidades alta y baja, fueron de 7.5 y 7.2 t ha⁻¹, respectivamente, mientras que en Francisco Villa (2 530 msnm), el progenitor macho produjo 7.4 t ha⁻¹ con alta densidad y 6.2 t ha⁻¹ con la densidad baja. En base a los resultados anteriores, es posible que el progenitor macho CML-242 x CML-354 pueda fungir como progenitor hembra en localidades donde su rendimiento sea superior a 6 t ha⁻¹ ya que cuenta con tipo de planta de menor altura que M-55 x M-54, lo cual facilitaría las labores de desespigue y se lograría mayor pureza genética de la semilla certificada.

Los resultados anteriores indican la posibilidad de obtener rendimientos muy favorables de semilla de los progenitores y del híbrido Gacela H72 en localidades ubicadas entre 2 200 y 2 600 msnm, lo cual hace confiable y rentable la multiplicación de semilla certificada de ese nuevo híbrido de maíz en localidades de los Valles Altos.

El periodo de siembra recomendado para la producción de semilla certificada en el altiplano Central de México, se establece en el mes de abril, mientras que la relación de siembra hembra-macho es 6:2, donde el progenitor macho se deberá sembrar una semana antes que la hembra, ambos bajo la densidad de población de 65 000 plantas ha⁻¹. El inicio del período desespigamiento lo marca la emergencia de las espigas, se recomienda realizar esta actividad en seis jornadas y considerar en la última, la eliminación de la espiga (Arellano *et al.*, 2010).

Conclusiones

En términos del potencial productivo de las regiones del altiplano central de México y de la adaptabilidad del Gacela H72, se establece que existen al menos 75 000 ha en el estado de Tlaxcala, 150 000 en Puebla, 200 000 en Estado de México y 90 000 en Hidalgo, donde el nuevo híbrido de maíz puede participar con éxito para incrementar los rendimientos bajo siembras de temporal o riego.

Literatura citada

Arellano, V. J. L. 1984. Problemática de la producción de maíz y logros en su mejoramiento genético en la Mesa Central de México. Revista Chapingo. 43(44):19-30.

- Arellano, V. J. L.; Virgen, V. V.; Ávila, P. M. A. y Rojas, M. I. 2011. H-70 híbrido de maíz de alto rendimiento para temporal y riego del Altiplano central de México. *Rev. Méx. Cienc. Agríc.* 2(4):619-626.
- Arellano, V. J. L.; Virgen, V. V.; Ávila, P. M. A.; Rojas, M. I. 2011. H-70 híbrido de maíz de alto rendimiento para temporal y riego del Altiplano central de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Centro. Campo Experimental Valle de México. Folleto técnico núm. 13. 34 p.
- Hernández, C. R. E. 2018. Estabilidad de rendimiento y calidad de semilla de progenitores de híbridos de maíz en Valles Altos de México. Tesis doctoral, Colegio de Postgraduados. *Campus Montecillo*, Estado de México, México. 128 p.
- Kang, M. S. 1998. Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. *Adv. Agron.* 62:199-252.
- Lu'quez, J. E.; Aguirrezabal, L. A. N.; Agüero, M. E. and Pereyra, V. R. 2002. Stability and adaptability of cultivars in non-balanced yield trials: comparison of methods for selecting high oleic sunflower hybrids for grain yield and quality. *J. Agron. Crop Sci.* 188:225.
- SNICS. 2014. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas. Guía técnica para la descripción varietal del maíz (*Zea mays* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, DF. 39 p.
- Virgen, V. J.; Arellano, V. J. L.; Ávila, P. M. A. y Gutiérrez, H. G. F. 2009. Rendimiento y calidad de semilla de líneas de maíz en dos densidades de población. *In: memoria de resúmenes de la 55 reunión anual del PCCMCA, 7-11 de septiembre, San Francisco de Campeche.* México. 42 p.
- Virgen, V. J.; Arellano, V. J. L.; Rojas, M. I. y Ávila, P. M. A. 2009. Producción de semilla de cruza simples de híbridos de maíz en tres localidades de Valles Altos de México. *In: memoria de resúmenes de la 55 reunión anual del PCCMCA, 7-11 de septiembre, San Francisco de Campeche.* México. 43 p.
- Virgen, V. J.; Arellano, V. J. L.; Rojas, M. I.; Ávila, P. M. A. y Gutiérrez, H. G. F. 2010. Producción de semilla de cruza simples de híbridos de maíz en Tlaxcala, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4):107-110.
- Virgen, V. J.; Zepeda, B. R.; Arellano, V. J. L.; Ávila, P. M. A. y Rojas, M. I. 2013. Producción de semilla de progenitores e híbridos de maíz de Valles Altos en dos fechas de siembra. *Rev. Cienc. Tecnol. Agropec. Méx.* 1:26-32.