

H-567, híbrido de maíz para el trópico húmedo de México

SIERRA-MACIAS, Mauro†*, RODRIGUEZ-MONTALVO, Flavio Antonio, GÓMEZ-MONTIEL Noel y ESPINOSA-CALDERON, Alejandro

Recibido 12 de Julio, 2017; Aceptado 8 de Septiembre, 2017

Resumen

Durante 2010 al 2016, se evaluaron híbridos experimentales de maíz en las áreas tropicales del estado de Veracruz y sureste mexicano en los que se definió H-567 como sobresaliente y fue propuesto para su liberación oficial; este híbrido registró un rendimiento experimental de 6375 kg ha⁻¹, superó en 11% al testigo comercial H-520 y a través de 10 parcelas de validación, superó en 12% al mismo testigo. H-567 es de grano blanco, adaptado a la región tropical en el sureste de México, en altitudes que van de 0 a 1200 msnm, presenta altura de planta intermedia con una relación altura de mazorca/altura de planta de 0.50; buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca; tolerante al acame, con buena cobertura de mazorca y bajo porcentaje de mazorcas podridas. Durante 2015 y 2016, el H-567 y sus progenitores fueron caracterizados de acuerdo con la guía técnica para descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.), propuesta por la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV). Este híbrido será registrado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Catálogo de Variedades factibles de Certificación (CVC) ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS).

Heterosis, Híbridos, Trópico, *Zea mays* L

Citación: SIERRA-MACIAS, Mauro, RODRIGUEZ-MONTALVO, Flavio Antonio, GÓMEZ-MONTIEL Noel y ESPINOSA-CALDERON, Alejandro. H-567, híbrido de maíz para el trópico húmedo de México. Revista de Operaciones Tecnológicas 2017. 1-3:6-14

Abstract

During 2012 to 2016, there were evaluated maize experimental hybrids through the tropical area in Veracruz state and the southeast of México, which of them, H-567 was defined as the best hybrid and purposed for official liberation. This hybrid registered 6375 kg ha⁻¹, 11% more yield in experimental level and 12% through 10 validation plots than the commercial check H-520. H-567, is a white grain, adapted to tropical region in the southeast of México, in altitude from 0 to 1200 masl, present an intermediate plant height with a relation ear/plant height of 0.50; It presents very good plant and ear aspect, tolerant to lodging, good husk cover and low percentage of ear rot. Thus, during 2015 and 2016, H-567 and their parents were characterized using the technical guide for maize (*Zea mays* L.) varietal description, which was purposed by the International Union for Protecting Vegetal Obtaining (UPOV). This hybrid will be registered by the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP) in the Feasible of Certification Varieties Catalogue (CVC) of the National Service of Inspection and Seed Certification (SNICS).

Heterosis, hybrids, tropic, *Zea mays* L

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: sierra.mauro@inifap.gob.mx

Introducción

La superficie nacional en los últimos años es de alrededor de 8.2 millones de hectáreas, con una producción de 18 millones de toneladas de grano, de las cuales se utilizan para el consumo directo humano 12.3 millones de toneladas; de estas, el 36% es a través de la industria harinera y 64% a través de la industria de la masa y la tortilla en el proceso de nixtamalización; Sin embargo, año con año se importan de 5 a 7 millones de toneladas de grano amarillo para la industria de alimentos balanceados. (Betanzos *et al.*, 2003; SAGARPA, 2012). Del maíz se obtiene el 59% de la energía y el 39% de la proteína que ingiere el mexicano.

En la región tropical se siembran 3.2 millones de hectáreas de maíz, de las cuales un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y donde es factible el uso de semilla mejorada de híbridos y variedades sintéticas (Sierra *et al.*, 2001).

Después del proceso de investigación en Mejoramiento genético de maíz, y través de evaluaciones en diferentes ambientes, se definen genotipos sobresalientes por su rendimiento, adaptación y características agronómicas los cuales es importante dar a conocer a los agricultores, agentes de cambio y empresas semilleras las bondades de estos genotipos para su uso comercial, de manera que el agricultor tenga acceso a semilla de buena calidad genética, fisiológica física y sanitaria. En el mejoramiento de maíz para el trópico se generan subproductos que son variedades de polinización libre, variedades sintéticas e híbridos de maíz (Sierra *et al.*, 2014).

En híbridos es importante identificar progenitores con buena aptitud combinatoria, buen rendimiento *per se* y facilidad en la producción de semilla (Gómez 1986; Sierra *et al.*, 2004; Sierra *et al.*, 1992; Reyes 1985; Vasal *et al.* 1994; Vasal *et al.*, 1992a; Vasal *et al.*, 1992b;).

Cuando se ha definido como sobresaliente un nuevo híbrido de maíz, se requiere realizar la caracterización del híbrido y de sus progenitores de acuerdo con la guía técnica para descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.), propuesta por la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV). Lo anterior, con la finalidad de registrarlo en el Catalogo de variedades Factibles de Certificación (CVC), ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). (SNICS, 2002)

La semilla es sin lugar a duda el insumo Número Uno en la producción, pues representa el potencial de rendimiento y la calidad de la cosecha. En México, el uso de semilla mejorada aún es bajo. El INIFAP produce la semilla de alto registro, es decir, en las categorías básica y registrada, con la cual se abastece la semilla a las empresas semilleras para producir la semilla certificada que se distribuye a los agricultores para su siembra comercial, por lo anterior, es importante generar la tecnología de producción de semilla para los genotipos que se pretende liberar al comercio a través de su registro ante el SNICS, como es el caso del híbrido trilineal de maíz H-567

Durante los últimos años se generaron híbridos y variedades con gran potencial de rendimiento, adaptados a las condiciones tropicales húmedas del estado de Veracruz y Sureste de México, entre los que destacan por su uso actual H-520, VS-536, H-519C, V-537C, V-556AC y de reciente liberación, el híbrido H-564C de alto rendimiento y alta calidad proteínica (Sierra *et al.*, 1992; Sierra *et al.*, 2001; Sierra *et al.*, 2011)

Objetivos

Compendiar la información sobre el rendimiento y las características agronómicas del híbrido de maíz H-567 adaptado a la región tropical en el sureste de México; Caracterizar el híbrido H-567 y sus progenitores de acuerdo con el formato sugerido por la UPOV y hacer la descripción varietal del híbrido.

Materiales y métodos

Localización. El trabajo se llevó a cabo en Campo Experimental Cotaxtla, Ver., perteneciente al INIFAP, el establecimiento y conducción de experimentos y parcelas de validación se hizo en terrenos de productores en varias localidades comprendidas en el área tropical húmeda y subhúmeda de México que engloba de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1981) al grupo climático A (Aw0, Aw1, Aw2, Am y Af) y corresponden a los climas cálido húmedo y subhúmedo en zonas representativas donde el cultivo de maíz es importante.

Germoplasma utilizado. El germoplasma utilizado en los experimentos fue un grupo de híbridos trilineales experimentales de maíz, en las parcelas de validación fue un grupo de genotipos sobresalientes y en la generación de tecnología para la producción de semilla y caracterización fue el híbrido de maíz H-567, sus progenitores y genotipos testigo.

Particularmente, El H-567 es un híbrido trilineal cuyo progenitor hembra es la cruza simple LT164xLT165 y el progenitor macho es la línea experimental LT166, es decir, su nomenclatura es: (LT164xLT165)xLT166.

Procedimiento. Durante los ciclos otoño invierno y primavera-verano de 2012 a 2016 se condujeron diferentes experimentos, parcelas de validación refrescamiento de material genético y lotes de caracterización de híbridos y variedades de maíz sobresalientes entre ellos, el híbrido trilineal H-567 y sus progenitores, en los estados de Veracruz, Tabasco y Guerrero. Particularmente en los ciclos primavera verano 2012, 2013 y 2016, se condujeron parcelas de validación con los genotipos sobresalientes en terrenos de productores en una superficie estimada de una hectárea en surcos separados a 80 cm, depositando a la siembra dos tres semillas cada 40 cm y una densidad de 62,500 pl ha⁻¹, Las malezas fueron controladas a base de Atrazina y se controlaron plagas del follaje durante el desarrollo del cultivo. La fertilización se hizo de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP en cada localidad; Particularmente para localidad de Cotaxtla se utilizó la fórmula 161-46-00, aplicando todo el Fósforo y un tercio del Nitrógeno al momento de la siembra, el resto del Nitrógeno en la etapa fenológica de amacollamiento al momento del atierre.

Para la generación de tecnología de producción de semilla del H-567, se estudiaron tres factores: relación hembra macho, densidad de población, y dosis de fertilización bajo condiciones de temporal en el ciclo agrícola primavera verano. La parcela experimental constó de 6 surcos de 5 m de largo separados a 80 cm, con las combinaciones generadas se obtuvieron 8 tratamientos, mismos que se distribuyeron bajo un diseño bloques al azar con arreglo en parcelas divididas.

En relación con la caracterización, durante 2015 y 2016, el H-567 y sus progenitores fueron caracterizados de acuerdo con la guía técnica para descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.), propuesta por la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV). Este híbrido será registrado e inscrito por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Catálogo de Variedades factibles de Certificación (CVC) ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). (SNICS, 2002)

Variabes y registro de datos. Las principales variables registradas en experimentos y lotes de validación fueron días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca, aspecto y sanidad de planta de mazorca, plantas acamadas, enfermedades; a la cosecha se registraron las variables de rendimiento de grano, pudrición de mazorca, humedad de grano. En la generación de tecnología de semillas del H-567 y sus progenitores, se registraron variables adicionales a las variables agronómicas: Rendimiento de materia prima, rendimiento de semilla, forma y tamaño de la semilla. Para la caracterización de germoplasma de maíz, se llevó a cabo durante los ciclos primavera verano 2015 y 2016, para lo cual se establecieron ensayos con los genotipos sobresalientes y sus progenitores, así como genotipos testigo, para el registro de los datos se hizo en parcelas de 6 surcos de 5 m de largo con dos repeticiones y se registraron las características vegetativas en 100 plantas y 40 mazorcas por repetición de cada una de las 66 características sugeridas de acuerdo con el formato de la UPOV y se hizo en los ciclos.

Métodos estadísticos. En los experimentos, dependiendo del número de genotipos a evaluar fueron utilizados diseños alpha látices y bloques al azar con dos repeticiones.

En tecnología de semillas se distribuyó bajo diseño bloques al azar con arreglo en parcelas divididas (Reyes, 1990). Las principales variables de cada actividad fueron analizadas estadísticamente con la prueba múltiple de medias correspondiente. En las parcelas de validación se hicieron muestreos de rendimiento al momento de la cosecha y para su análisis se consideró cada localidad como una repetición.

Resultados y discusión

Con pares de datos de 11 experimentos establecidos en los estados de Veracruz y Tabasco para el híbrido trilineal H-567 y el testigo comercial H-520, fueron analizados como datos apareados (Reyes, 1990); se obtuvieron rendimientos promedio de 6375 kg ha⁻¹ para el híbrido H-567, es decir, 11% más en relación con el H-520, que registró un rendimiento de 5723 kg ha⁻¹, valor que sugiere significancia estadística al 0.05 de probabilidad de error, en virtud de que se encontró un valor para t Calculada=2.59*; valor mayor que $t_{0.05}(10)=2.23$; pero menor que $t_{0.01}(10)=3.17$ (Cuadro 1)

Experimento	H-520	H-567
Cot 2010B Híb. sobresalientes	4451	5542
Tlach 2010B Híb. sobresalientes	6100	6877
Huim. 2012B Híbridos	5083	5861
Cot 2013B Híb. experimentales	4800	5600
Cot 2014A Híb. élite	6800	6500
Cot 2014B Híb. Tril. y dobles	6200	6500
Cot 2014B Híb. trilineales	5442	6123
Huim 2015B Híb. trilineales	6003	7112
Cot 2016B Híb. trilineales	8003	8261
Carr 2016B Híb. trilineales	5666	7042
Huim 2016B Híb. trilineales	4405	4707
Suma	62953	70125
Promedio	5723	6375*
% Relativo	100	111

Significancia de la comparación al 0.05 de probabilidad; T Calculada=2.59; t0.05(10)=2.23; t0.01(10) =3.17; Cot= Cotaxtla, Ver.; Tlach= Los bajos de Tlachiconal; Huim= Huimanguillo, Tab.; Carr= Carlos A. Carrillo, Ver.

Tabla 1 Rendimiento de grano del híbrido H-567 en experimentos del 2010 al 2016

Validación. Con relación a las parcelas de validación de híbridos sobresalientes de maíz, estas se establecieron en 10 ambientes, para efecto de análisis se consideró cada localidad como una repetición; se encontró significancia estadística al 0.01 de probabilidad para los genotipos y para los ambientes y un coeficiente de variación de 12.22%, valor relativamente bajo, que sugiere de acuerdo con (Reyes 1990) confiabilidad de los resultados (Cuadro 2)

Fuente de variación	GL	CM
Genotipos	3	5.90**
Ambientes	9	3.20**
Error	27	0.39
CV (%)	12.22	

** Significancia al 0.01 de probabilidad; GL= Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; CV= Coeficiente de variación

Tabla 2 Análisis de varianza para Rendimiento de híbridos de maíz Validación. Veracruz, Tabasco y Guerrero. 2012 a 2016

En cuanto al rendimiento de grano para cada uno de los genotipos, se encontró a través de las 10 parcelas de validación, que el híbrido H-567, registró un rendimiento de 5.93 t ha⁻¹, con significancia estadística al 0.05 de probabilidad y 12% más rendimiento en relación con el testigo H-520, híbrido comercial de mayor uso en el sureste de México (Cuadro 3). Lo anterior sugiere que el híbrido H-567, se adapta a la región tropical y representa una buena alternativa para su uso comercial por parte de los agricultores maiceros en el sureste de México.

Trat	Cot		Huim		Cuar		P. Negra		Iguala		Cot		Cot		Chical		Tot		Huan		Promo	Rel	
	2010B	2011B	2012B	2013B	2012B	2013B	2012B	2013B	2012B	2013B	2012B	2013B	2012B	2013B	2012B	2013B	2012B	2013B	2012B	2013B			
1	H-567	8.29	3.99	8.97	1.42	4.96	3.8	3.56	8.94	4.9	4.89	3.95*	112										
2	H-520	5.27	5.2	6.36	7.02	4.56	4.8	4.55	6.51	3.66	4.78	5.29**	100										
3	HE-56	5.19	5.27	6.24	7.59	3.99	5.6	3.64	4.2	5.09	4	5.06	96										
4	H-566 A	3.69	5.18	5.58	4.95	4.02	2.4	4.17	4	2.9	3.99	4.09	77										
suma		28.44	21.64	25.15	26.78	17.53	16.4	18.92	21.78	16.55	17.46	22.16											
promedio		8.11	6.41	6.29**	6.79**	4.36	4.18	4.96	6.44	4.14	4.37	5.69											
DMS0 05		0.87																					
DMS0 01		0.66																					

Trat= tratamiento; B= Ciclo primavera verano; Huim= Huimanguillo, Tabasco; Cuar= Cuatutloapan, Ver.; P. Negra= Piedras Negras, Chical=Chicalapa, Ver.; Tot=Tototapan, Ver; Huan= Huamantla, Ver; Promo= Promedio; Rel= Relación con el testigo comercial

Tabla 3 Rendimiento de grano de híbridos de maíz sobresalientes en Parcelas de validación en Veracruz, Tabasco y Guerrero

Índices ambientales. En cuanto a los índices ambientales, fueron los ambientes de Piedras Negras, Ver., 2012B y Cuatutloapan, Ver. 2012B, los que registraron los más altos rendimientos de grano promedio con 6.7 y 6.27 t ha⁻¹, para cada ambiente, respectivamente, con índices ambientales de 1.61 y 1.27 altamente significativos en relación con el resto de los ambientes.

Por el contrario, los ambientes de Cotaxtla, Ver. 2013B y Soteapan, Ver., 2016B, tuvieron los rendimientos promedio más bajos e índices ambientales negativos (Cuadro 4)

Ambiente	Rendt ha ⁻¹	Índice
Cotaxtla, Ver. 2012B	5.11	0.02
Huimanguillo, Tab. 2012B	5,41	0.32
Cuatotoloapan, Ver. 2012B	6.29**	1.27**
P. Negras, Ver. 2012B	6.7**	1.61**
Iguala, Gro. 2012B	4.38	-0.71
Cotaxtla, Ver. 2013B	4.1	-0.99
Cotaxtla, Ver. 2016B	4.98	-0.11
Chicalpextle, Ver., 2016B	5.44	0.35
Soteapan, Ver., 2016B	4.14	-0.95
Huimanguillo, Tab. 2016B	4.37	-0.72
Promedio	5.09	

B=Ciclo primavera verano; Rend=Rendimiento

Tabla 4 Índices ambientales validación de híbridos de maíz 2012-2016

Por lo que se refiere a las características agronómicas el híbrido H-567 registró 51 días a floración masculina, altura de planta y mazorca baja, con buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, con tolerancia al acame y a la pudrición de mazorca (Cuadro 5)

Trat	Genotipo	FM	AP	AM	Asp PI	Asp Mz	San PI	San Mz	Ac Raiz	Cob	Pod
1	H-567	51	220	126	2.25	2.2	2.5	2.2	1.6	12.9	5.6
2	H-520	51	222	119	2.5	2	2	2.2	3.9	3.5	6.5
3	HE-3B	51	253	121	2.3	2.6	2.25	2.6	1.2	10.8	6.5
4	H-566A	53	218	106	2.2	2.7	2.2	2.6	0.0	7.1	6
	Promedio	51.5	223.25	118	2.31	2.38	2.24	2.4	1.68	8.58	6.15

FM= Días a floración masculina; AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; Asp PI= Aspecto planta; San PI= Sanidad de planta; San Mz= Sanidad de mazorca; Ac Raiz= Acame de raíz; Cob= Porcentaje de mazorcas con mala cobertura; Pod= Porcentaje de mazorcas podridas

Tabla 5 Características agronómicas de híbridos de maíz Cotaxtla 2013B

Caracterización. En los años 2015 y 2016 el H-567 y sus progenitores fueron caracterizados de acuerdo con la guía técnica para descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.), propuesta por la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV). Este híbrido será registrado e inscrito por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Catálogo de Variedades factibles de Certificación (CVC) ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS).

Descripción. H-567, es un híbrido trilineal de maíz de grano blanco adaptado a la región tropical en el sureste de México en altitudes que van de 0 a 1200 msnm, presenta un rendimiento potencial de grano entre 8 y 9 t ha⁻¹, 50 t ha⁻¹ de forraje verde y es apto para la producción de elote; H-567, es resistente a las principales enfermedades de planta y de mazorca entre ellas: *Helminthosporium turcicum*, *Achapparramiento*, *Fusarium moniliforme* y *Diplodia maydis*; en cuanto a las características agronómicas, este híbrido presenta una altura de planta de 250 cm, altura de mazorca de 130 cm, es decir, es de altura intermedia con una relación altura de mazorca/altura de planta de 0.50, de ciclo biológico intermedio con 52 días a la floración masculina y 53 días a floración femenina, 90 días a la madurez fisiológica y 120 a 130 días de la siembra a la cosecha durante el ciclo primavera verano bajo condiciones de temporal, presenta buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, es tolerante al acame, presenta buena cobertura de mazorca (97%) y bajo porcentaje de mazorcas podridas (3%). En cuanto a las características de mazorca, es de grano blanco con textura semidentada, con una longitud de 18 a 20 cm y diámetro de 4 a 5 cm con 14 a 16 hileras de grano con 34 a 38 granos/hilera. Por su textura es un maíz destinado al proceso industrial de la masa y la tortilla.

Producción de semilla. Para el ciclo otoño invierno 2015/16 en la localidad de Cotaxtla, de acuerdo con el análisis económico, los mejores rendimientos de 3351 kg ha⁻¹ de semilla certificada del híbrido de maíz H-567, se logran con una relación hembra macho 2:1, densidad de población de 62, 500 pl ha⁻¹ y dosis de fertilización de 184-69-30. Para el ciclo primavera verano del 2016 en la localidad de Cotaxtla, se encontró que el tratamiento con la relación hembra: macho de 6:2 con 62,500 pl ha⁻¹ y con fertilización de 184-69-30 y 230-69-60 registraron los rendimientos más altos con 3776 kg ha⁻¹ de semilla. Para la localidad de la Colonia Ejidal, el mejor rendimiento de semilla fue de 5179 kg ha⁻¹, misma que se obtuvo en una relación hembra: macho 6:2, con 62,500 pl ha⁻¹ y con fertilización de 230-69-60. Para la localidad de Mata Tejón, Mpio de Cotaxtla, el mejor rendimiento de semilla fue de 5476 kg ha⁻¹, misma que se obtuvo en una relación hembra: macho 4:2, con 62,500 pl ha⁻¹ y con fertilización de 230-69-60.

En general, para la producción de semilla certificada del híbrido H-567, en la zona tropical de Veracruz, se recomienda, una relación hembra: macho 6:2, con 62,500 pl ha⁻¹ y con fertilización de 230-69-60 (Cuadro 6)

Trat	Rel. H:M	Densidad	Fertilización	Rend Grano	Rend semilla
8	6:2	62,500	230-69-60	6924	4906
1	4:2	50,000	184-46-30	7183	4528
4	4:2	62500	230-69-60	7077	4500
7	6:2	62500	184-46-30	6762	4413
6	6:2	50,000	230-69-60	6564	4315
3	4:2	62,500	184-46-30	6170	4212
5	6:2	50,000	184-46-30	5823	4135
2	4:2	50,000	230-69-60	5988	4053
Promedio				6562	4383

B= Ciclo primavera verano; Trat= tratamiento; Rel. H:M= Relación hembra:macho; Rend= Rendimiento; Gr= Grano; Mat= Materia

Tabla 6 Rendimiento de grano y semilla, del híbrido de maíz H-567 2016B.

Conclusiones

Se definió como sobresaliente por su rendimiento y características agronómicas el H-567 híbrido de maíz adaptado a la región tropical húmeda de México

Se realizó la caracterización del híbrido H-567 de acuerdo con los formatos de UPOV para el trámite de registro ante el SNICS.

Para la producción de semilla certificada del híbrido H-567, en la zona tropical de Veracruz, se recomienda, una relación hembra: macho 6:2, con 62,500 pl ha⁻¹ y con fertilización de 230-69-60

El híbrido H-567, representa una buena alternativa para su siembra comercial por parte de los agricultores maiceros en el sureste de México.

Referencias

- Betanzos M., E.; Gómez M., N.; Ortega C., A.; Peña R., A.; Preciado O., R.E.; Ramírez D., J.L.; Velásquez C., G. 2003. Propuesta de reorganización del programa nacional de mejoramiento genético de maíz del INIFAP. Documento de trabajo. INIFAP. 66 p.
- García., E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3ª Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México DF México 252p.
- Gómez M.N. 1986. Aptitud combinatoria de maíces tropicales y subtropicales en la región de transición baja de Guerrero. Rev. Fitotecnia Mexicana 8: 3-19.
- Reyes 1990. Diseño de experimentos aplicados. Ed trillas 3ª Ed. México D.F. 348p
- Reyes C., P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor S.A. México. 460 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2012) *Anuario estadístico de la producción agrícola de los estados unidos Mexicanos*. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (Cons. 11/2014).
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas (SNICS), 2002. Guía técnica para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D.F. 20p
- Sierra, M. M.; Rodríguez, M. F. A., Palafox, C. A., Gómez, M., N.; Espinosa, C., A. 2014. Síntesis histórica del mejoramiento genético de maíz para el trópico húmedo de México. *In: Aportaciones en ciencias agronómicas y ambientales*. Universidad Autónoma de Chapingo. p. 20-30
- Sierra M., M; Márquez S., F.; Valdivia B., R.; Córdova O., H.; Lezama G., R.; Pescador R., A. 2004. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L.). *Agric. Téc. Méx.* Vol 30 (2): 169-181
- Sierra M., M.; Rodríguez M., F.A.; Castillo, G., R.A. y Márquez S., F. 1992. La aplicación de los parámetros de estabilidad en el mejoramiento de maíz de la región sur de México. *In: Memorias de Simposium de Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal* 26 al 27 de marzo de 1992. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Guadalajara, Jal. p 239-260.
- Sierra, M. M., Palafox, C. A., Cano, R., O., Rodríguez, M. F. A., Espinosa, C., A. Turrent, F., A. Gómez, M., N., Córdova, O., H., Vergara, A., N., Aveldaño, S. R., Barrón, F., S., Romero, M., J. Caballero, H., F., González, C. M. y Betanzos, M., E. 2001. Descripción varietal de H-519C, H-553C y V-537C, maíces con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. INIFAP CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Folleto Técnico Núm.30. Veracruz, Ver., México. 21 p.
- Sierra M., M; Palafox c., A.; Rodríguez M., F.; Espinosa C., A.; Vásquez C., G.; Gómez M., N.; Barrón F., S. 2011. H-564C, Híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. *Revista Mexicana de las Ciencias Agrícolas* Vol 2(1): 71-84.
- Vasal S., K.; Vergara N. y Mc Lean.S. 1994. Estrategias en el desarrollo de híbridos tropicales de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 5:184-189.

Vasal S., K; Srinivasan G. Crossa J. and Beck D.L.1992a. Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperate early maturity maize germplasm. *Crop sci* 32(4):884-890

Vasal S., K; Srinivasan G. Han C., y Gonzalez F. 1992b. Heterotic patterns of eighty eight white subtropical CIMMYT maize lines. *Maydica* 37: 319-327.