

## PATRÓN HETERÓTICO DE MAÍZ AMARILLO PARA LA REGIÓN CENTRO-OCCIDENTE DE MÉXICO

### MAIZE YELLOW HETEROTIC PATTERN FOR THE CENTER-WEST REGION OF MÉXICO

José L. Ramírez Díaz<sup>1</sup> \*, Margarito Chuela Bonaparte<sup>1</sup>, Leonardo Soltero Díaz<sup>1</sup>, Juan Franco Moreno<sup>1</sup>, Aarón Morfín Valencia<sup>1</sup>, Víctor A. Vidal Martínez<sup>1</sup>, Humberto Leonel Vallejo Delgado<sup>1</sup>, Filiberto Caballero Hernández<sup>1</sup>, Héctor Delgado Martínez<sup>2</sup>, Roberto Valdivia Bernal<sup>2</sup> y José Ron Parra<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Mejoramiento Genético de Maíz, Región Pacífico Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km. 8 Carr. Tepatitlán-Lagos de Moreno. C.P. 45680. Tepatitlán, Jal. Tel: 01 (378) 7822-0355. Correo electrónico: radjl@hotmail.com <sup>2</sup> Programa de Mejoramiento Genético de Maíz, Región Pacífico Centro, INIFAP (Hasta agosto del 2003). <sup>3</sup> Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Km. 15, Carr. a Nogales. C.P. 45110 Zapopan, Jal.

\* Autor para correspondencia

#### RESUMEN

En México la demanda de maíz amarillo es de 12.6 millones de toneladas, pero la producción nacional es de apenas 1.0 millones de toneladas, por lo que el grano faltante se importa. Por otra parte, las variedades amarillas disponibles en el mercado tienen rendimientos inferiores que las variedades sobresalientes blancas. Los objetivos de este estudio fueron: a) evaluar las poblaciones de maíz amarillo INIFAP-Amarillo Dentado-1 e INIFAP-Amarillo Cristalino-1 y su cruzas intervarietal; b) estimar la heterosis entre las poblaciones y analizar la posibilidad de utilizarse como patrón heterótico en la formación de híbridos de maíz amarillo; y c) comparar el potencial de rendimiento de la cruzas intervarietal INIFAP-amarillo Dentado-1 x INIFAP-Amarillo Cristalino-1 con cruzas intervarietales amarillas y variedades comerciales de maíz amarillo y blanco. Las poblaciones INIFAP-Amarillo Dentado-1 e INIFAP-Amarillo Cristalino-1 y su cruzas intervarietal fueron sembradas en temporal en un ensayo uniforme de poblaciones amarillas tropicales y sus cruzas, y en tres ensayos uniformes de cruzas élite, evaluados en la región centro-occidente de México. Se concluyó que la cruzas INIFAP-Amarillo Dentado-1 x INIFAP-Amarillo Cristalino-1 resultó la mejor opción para usarse como patrón heterótico en la formación de híbridos de grano amarillo de ciclo intermedio-tardío y la Pob 28 C<sub>10</sub> podría ser una fuente alternativa de germoplasma; la heterosis promedio de la cruzas fue de 23.4

%, con respecto a el promedio de los progenitores, y de 16.9 % con el mejor progenitor.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., heterosis, selección recurrente, cruzas intervarietales.

#### SUMMARY

In México, the yellow maize demand is 12.6 million tons, whereas the national production is about 1.0 million tons, for this reason the remainder grain is imported. The outstanding yellow maize varieties available in the market have lower yield than the outstanding white maize varieties. The objectives of this research were: a) to evaluate the INIFAP-Amarillo Dentado-1 and INIFAP-Amarillo Cristalino-1 populations and their intervarietal cross; b) to estimate the heterosis between the populations and to analyze the possibility of using it as heterotic pattern in yellow maize hybrids development; and c) to compare the grain yield potential of INIFAP-Amarillo Dentado-1 and INIFAP-Amarillo Cristalino-1 against intervarietal yellow crosses and yellow and white maize commercial varieties. Populations INIFAP-Amarillo Dentado-1 and INIFAP-Amarillo Cristalino-1 and their intervarietal cross were planted under rainfed conditions, in an uniform trial of tropical yellow populations and their crosses, and in three uniform elite variety trials, all of them evaluated in the center-west region of México. It was concluded that the intervarietal cross INIFAP-Amarillo Dentado-1 x INIFAP-Amarillo Cristalino-1 was the best option to be used as heterotic pattern in the yellow maize hybrids development for intermediate to late maturity, and Pob 28 C<sub>10</sub> could be an alternative source of germplasm. Base on the average of the parents, the average heterosis of the cross was 23.4 %, and 16.9 % considering the best parent.

**Index words:** *Zea mays* L., heterosis, recurrent selection, intervarietal crosses

#### INTRODUCCIÓN

La producción y comercialización del maíz (*Zea mays* L.) en México ha evolucionado en los últimos años, ahora el ingreso es mayor si los productores siembran maíz con propósitos específicos (tortilla, almidón, pigmentos, forraje, etc.), en la modalidad de "agricultura por contrato". En el 2001, la demanda anual aparente del maíz blanco fue de 10.5 millones de toneladas (45.5 %), mientras que la del maíz amarillo de 12.6 millones de toneladas (54.5 %) (Cámara Nacional del Maíz Industrializado, 2003); de éstas últimas, 10.0 millones de toneladas son demandadas por el sector pecuario y 2.2 millones por la industria del almidón y sus derivados, que en conjunto suman 96.8 % de la demanda total; estas cifras son importantes si se considera que la producción de maíz amarillo en México es de 1.0 millones de toneladas, el resto es importado en las modalidades de entero y quebrado, ocasionando dependencia alimentaria y fuga de divisas.

Un problema fuerte que están enfrentando los productores de maíz amarillo, es la insatisfacción de las variedades disponibles en el mercado, debido al bajo rendimiento (10 % menos) comparado con las mejores variedades

blancas (Ramírez, Com. pers.)<sup>1</sup> y <sup>2</sup>, lo cual se atribuye a que, en México, los programas de mejoramiento genético públicos y privados concentraron sus esfuerzos en el mejoramiento de maíces blancos, como respuesta a la escasa demanda de maíces amarillos. En este sentido, el extinto Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas liberó el último híbrido de maíz amarillo (H-368A) en 1975 (Gámez *et al.*, 1996).

En respuesta a la demanda de maíz amarillo, el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz (Región Pacífico Centro) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), inició una estrategia de mejoramiento genético de maíces amarillos que consiste en: a) evaluación de variedades comerciales de maíz amarillo, b) introducción de germoplasma de maíz amarillo, c) formación y definición de patrones heteróticos, d) conversión de líneas élite blancas a amarillas, y e) formación de híbridos experimentales.

La formación de patrones heteróticos son efectivos para simplificar la formación de híbridos (Hallauer y Miranda, 1988; Márquez, 1988), porque queda definido el probador y el aprovechamiento de la heterosis se maximiza a medida que se avanza en el proceso de selección; si se maneja en la modalidad de selección recurrente recíproca se aprovecha tanto la varianza genética aditiva como la de dominancia. Además, en el corto plazo, la cruce entre las dos poblaciones mejoradas podría explotarse comercialmente con éxito, como se demostró en el híbrido intervarietal HV-313 (González *et al.*, 2003).

Los objetivos de esta investigación fueron: a) evaluar las poblaciones de maíz amarillo INIFAP-Amarillo Dentado-1 e INIFAP-Amarillo Cristalino-1 y su cruce intervarietal; b) estimar la heterosis entre las poblaciones y analizar la posibilidad de utilizarse como patrón heterótico en la formación de híbridos de maíz amarillo; y c) comparar el potencial de rendimiento de la cruce intervarietal INIFAP-Amarillo Dentado-1 x INIFAP-Amarillo Cristalino-1 con cruces intervarietales amarillas y variedades comerciales de maíz amarillo y blanco para explorar la posibilidad de utilizarse como variedad comercial en la zona centro-occidente de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las poblaciones INIFAP-Amarillo Dentado-1 e INIFAP-Amarillo Cristalino-1 se formaron a partir de líneas experimentales S<sub>2</sub> de maíz amarillo del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Las líneas S<sub>2</sub> que integraron las poblaciones se seleccionaron a partir de dos ensayos de mestizos amarillos (línea x línea probadora) subtropicales, evaluados en el ciclo de primavera-verano (PV) del 2000, en condiciones de temporal, en cuatro localidades del estado de Jalisco (La Huerta, Tlajomulco, Tepatitlán y San Andrés Ixtlán), que cubren un rango de 500 a 1900 m de altitud. Los principales criterios de selección fueron: apariencia o tipo de planta, enfermedades (foliares, del tallo y de la mazorca), resistencia al acame y rendimiento de grano. En los ciclos de otoño-invierno (OI) 2000/2001 y 2001/2002, en el Campo Experimental de Santiago Ixcuintla, Nay.; las 10 líneas S<sub>2</sub>, no emparentadas, sobresalientes en cada ensayo de mestizos, se recombinaron mediante cruces fraternales, para obtener la generación F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> de cada población, y además se hizo la cruce intervarietal entre ellas.

En el ciclo PV 2002, las poblaciones INIFAP-Amarillo Dentado-1 e INIFAP-Amarillo Cristalino-1 y su cruce, cinco poblaciones amarillas tropicales del CIMMYT y sus cruces, seis testigos comerciales y un testigo regional (que varió dependiendo de la localidad), se evaluaron en condiciones de temporal en cuatro localidades (Cuauhtemoc, Col., Tlajomulco, Jal., Tepatitlán, Jal., y San Andrés Ixtlán, Jal). Asimismo, las poblaciones INIFAP-Amarillo Dentado-1 e INIFAP-Amarillo Cristalino-1 y su cruce se pusieron en tres ensayos uniformes de cruces élite, los cuales tuvieron 27, 25 y 23 genotipos, respectivamente, y se evaluaron, en condiciones de temporal, en cuatro localidades del estado de Jalisco (Ocotlán, Tlajomulco, Tepatitlán, y San Andrés Ixtlán). En todos los casos, el diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones, excepto en un ensayo de cruces élite que fueron dos, el tamaño de la unidad experimental fue de dos surcos de 4.0 m de longitud espaciados a 0.80 m, con 20 plantas cada uno lo cual es equivalente a una densidad de población de 62 500 plantas/ha. El manejo agronómico de los experimentos se hizo de acuerdo a la guía del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para el cultivo del maíz en cada localidad de evaluación (Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Jalisco, 1990)

Las variables estudiadas fueron: rendimiento de materia seca del grano (kg ha<sup>-1</sup>), número de días a floración masculina y femenina, acame total, acame de raíz y tallo y altura de planta y mazorca; las cuales se cuantificaron con base en el manual de Ron y Ramírez (1991). Se estimó la

<sup>1</sup> Ramírez D, J L (2003) Mejoramiento integral del maíz en el Occidente de México. Informe Final. CIRPAC-INIFAP. Parque Los Colomos S/N, Guadalajara, Jal. (Documento de circulación interna).

<sup>2</sup> Ramírez D, J L (2004) Generación de híbridos y variedades mejoradas de maíz para regiones del subtropico (1000 a 1900 msnm). Informe 2002/2003. CIRPAC-INIFAP. Parque Los Colomos S/N, Guadalajara, Jal. (Documento de circulación interna).

heterosis promedio entre las poblaciones INIFAP-amarillo Dentado-1 e INIFAP-Amarillo Cristalino-1 y las cruzas entre poblaciones amarillas tropicales del CIMMYT, con base en el promedio de los progenitores y del mejor progenitor (Feher, 1987).

Se realizó el análisis estadístico individual y combinado a través de localidades, pero sólo se presentan resultados del análisis combinado; en los ensayos de cruza élite, se tomó a cada experimento como ambiente, que combinado con las cuatro localidades dio un total de 12 ambientes, y sólo se analizaron las poblaciones INIFAP-Amarillo Dentado-1, INIFAP-Amarillo Cristalino-1, su cruce y como testigos el híbrido comercial amarillo Z-806 de la empresa Monsanto y el híbrido blanco H-318 del INIFAP. En la comparación de medias se utilizó la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS, 0.05).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al comparar el rendimiento de grano promedio de la cruce INIFAP-Amarillo Dentado-1 x INIFAP-Amarillo Cristalino-1 con el de la mejor cruce intervarietal, Pob 28 C<sub>10</sub> x Sintético amarillo resistente a roya, éstos fueron estadísticamente iguales. Ambas cruces tuvieron ciclo de madurez y altura de planta similar, sólo que el porcentaje de acame y la altura de la mazorca fue menor en la cruce INIFAP-Amarillo Dentado-1 x INIFAP-Amarillo Cristalino-1 (Cuadro 1).

Con base en el promedio de los progenitores, la heterosis de la cruce Pob 28 C<sub>10</sub> x Sintético amarillo resistente a roya (30.8 %) fue 3.1 % mayor que en la cruce INIFAP-Amarillo Dentado-1 x INIFAP-Amarillo Cristalino-1 (27.7 %); pero la heterosis estimada con el mejor progenitor, la cruce INIFAP-Amarillo Dentado-1 x INIFAP-Amarillo Cristalino-1 (19.9 %) superó en 10.8 % a la cruce Pob 28 C<sub>10</sub> x Sintético amarillo resistente a roya (9.1 %) (Cuadro 1).

Al comparar los progenitores de ambas cruces, la Pob 28 C<sub>10</sub> tiene excelente potencial de rendimiento, pero su posición de mazorca es alta, en cambio, la población Sintético amarillo resistente a roya tiene excelente altura de planta y mazorca; sin embargo, fue la población con rendimiento de grano más bajo, razón por la que la heterosis es alta en la mayoría de cruces donde participa, y mayor ciclo de madurez. La población INIFAP-Amarillo Dentado-1 ocupó el segundo lugar en potencial de rendimiento de grano, tiene porte de planta alto, pero una posición de mazorca baja. La población INIFAP-Amarillo Cristalino-1 tiene buen potencial de rendimiento, porte de planta intermedio y baja posición de mazorca; es importante mencionar que éstas dos últimas poblaciones son ligeramente más

precoces y tienen menor porcentaje de acame que las poblaciones tropicales (Cuadro 1).

La cruce INIFAP-Amarillo Dentado-1 x INIFAP-Amarillo Cristalino-1, además de mostrar el mejor patrón heterótico presenta otras características como: ciclo intermedio-tardío, poco acame, baja altura de planta y mazorca; importantes para la región centro-occidente de México. La Pob 28 C<sub>10</sub> podría utilizarse como una fuente alternativa de germoplasma, debido a su media de rendimiento alta y su buena capacidad de combinación, Ramírez (Comunicación personal; Resumen)<sup>3</sup>.

Al comparar la cruce INIFAP-Amarillo Dentado-1 x INIFAP-Amarillo Cristalino-1 con los testigos, el promedio de los testigos regionales superó el rendimiento de grano de la cruce en 14 % y a los híbridos comerciales amarillos Pantera (amarillo) y Z-806 en 3.6 y 11.2 %, respectivamente.

Por otra parte, en los ensayos de cruza élite, la cruce INIFAP-Amarillo Dentado-1 x INIFAP-Amarillo Cristalino-1 tuvo una media de rendimiento de grano estadísticamente igual que la del testigo comercial amarillo Z-806, lo cual confirma los resultados presentados en el Cuadro 1; asimismo, la cruce INIFAP-Amarillo Dentado-1 x INIFAP-Amarillo Cristalino-1 fue dos días más tardía, pero tuvo mayor tolerancia al acame de tallo que Z-806 (Cuadro 2). Además, las variedades amarillas INIFAP-Amarillo Dentado-1 x INIFAP-Amarillo Cristalino-1 y Z-806 rindieron 18 % menos que el híbrido H-318, diferencias que fueron estadísticamente significativas (Cuadro 2).

En los ensayos de cruza élite, la heterosis estimada de la cruce INIFAP-Amarillo Dentado-1 x INIFAP-Amarillo Cristalino-1, con respecto al promedio de los progenitores y del mejor progenitor fue 19.1 y 13.9 %, respectivamente (Cuadro 2), valores que son menores a los estimados en el Cuadro 1; estas diferencias se deben a que las poblaciones INIFAP-Amarillo Dentado-1 e INIFAP-Amarillo Cristalino-1 expresaron mejor su potencial de rendimiento de grano, debido a que son de origen subtropical y los ambientes de evaluación fueron sólo subtropicales, y en el ensayo de cruza intervarietales se incluyó la localidad de Colima que es tropical.

<sup>3</sup> Ramírez D J L, R Valdivia R, A Arregui E, H Delgado M, V A Vidal M, H L Vallejo D, J B Moya L, J Ron P, A Ortega C (2002) Aptitud combinatoria de poblaciones de maíz amarillo tropicales y templadas. *In:* Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitogenética. Nota Científica.

Cuadro 1. Rendimiento promedio y caracteres evaluados en poblaciones y cruza interpopulacionales amarillas, en cuatro localidades. Primavera-Verano 2002.

Genealogía	REND (kg ha <sup>-1</sup> )	% sobre el		FM	ACATO (%)	AP (cm)	AM (cm)	HP (%)	HMP (%)
		mejor testigo							
POB 28 C <sub>10</sub> x Sint amr. resist. a roya	6299	83		70	2	257	128	30.8	9.1
POB 28 C <sub>10</sub> x POB 36 C <sub>11</sub>	6193	82		70	3	248	126	19.7	9.1
POB 31 C <sub>8</sub> x Sint amr. resist. a roya	6155	81		69	2	239	109	53.7	31.6
POB-36 C <sub>11</sub> x Sint amr. resist. a roya	5972	79		71	2	255	121	41.8	30.6
POB 31 C <sub>8</sub> x Sintético -S9528	5850	77		70	1	232	108	27.2	25.2
SINTÉTICO -S9528 x Sint amr. resist. a roya	5850	77		69	1	239	117	39.6	29.2
SINTÉTICO -S9528 x POB-36 C <sub>11</sub>	5810	77		70	1	254	125	27.7	27.1
POB 28 C <sub>10</sub> x POB 31 C <sub>8</sub>	5787	76		70	3	245	125	10.8	0.2
POB 28 C <sub>10</sub> x Sintético-S9528	5695	75		69	2	253	127	9.2	-1.4
POB 31 C <sub>8</sub> x POB-36 C <sub>11</sub>	5394	71		71	3	238	106	16.5	15.4
Media de cruza intervarietales	5901			70	2	246	119		
POB 28 C <sub>10</sub>	5773	76		71	2	255	136		
POB 31 C <sub>8</sub>	4674	62		66	1	227	108		
POB 36 C <sub>11</sub>	4571	60		71	2	245	120		
Sintético-S9528	4526	60		71	2	232	116		
Sint. amr. resist. a roya	3855	51		72	2	219	94		
Media de poblaciones progenitoras	4680			70	1.8	236	115		
INIFAP Amar. Dent. 1 x INIFAP-Amar. Crist. 1	6524	86		70	1	258	118	27.7	19.9
INIFAP-Amarillo Dentado 1	5439	72		70	1	248	115		
INIFAP-Amarillo Cristalino 1	4778	63		70	1	225	105		
Media de poblaciones y su cruza del INIFAP	5580			70	1	244	113		
Promedio de testigos regionales	7567	100		72	4	266	140		
Pantera (Amarillo)	7257	96		71	1	252	116		
Z-806	6762	89		68	1	244	113		
H-359	6558	87		72	1	266	127		
P-3028	6400	85		72	1	252	98		
REMACO-1A	5982	79		69	1	246	120		
REMACO-2A	5487	73		67	1	221	99		
Media de testigos blancos y amarillos	6573			70	1.4	250	116		
Media general	5806			70	2	245	117		
CV (%)	14.6			1.9	68.9	5.6	9.9		
DMS (0.05)	680			1.3	1.97	11.8	9.3		

REND = rendimiento de materia seca del grano; FM = número de días a floración masculina (se obtuvo sólo de tres ambientes); ACATO = acame total; AP = altura de planta; AM = altura de la mazorca; HP y HMP = heterosis para rendimiento con base en el promedio de los progenitores, y al mejor progenitor, respectivamente; Sint. amr. resist = Sintético Amarillo Resistente.

Testigos regionales: Cuauhtémoc, Col., V-526; Tlajomulco, Jal., Potro; Tepatlán, Jal., Criollo Amarillo Zamorano y San Andrés Ixtlán, Jal., Pantera (blanco);

### CONCLUSIONES

La cruza INIFAP-Amarillo Dentado-1 x INIFAP-Amarillo Cristalino-1 mostró el mejor patrón heterótico para usarse en la formación de híbridos de grano amarillo de ciclo intermedio-tardío para la región centro-occidente

de México; y la Pob 28 C<sub>10</sub> podría usarse como una fuente alternativa de germoplasma; la heterosis promedio del rendimiento de la cruza INIFAP-Amarillo Dentado-1 x INIFAP-Amarillo Cristalino-1, con respecto a el promedio de los progenitores y del mejor progenitor fue de 23.4 y 16.9 %, respectivamente.

Cuadro 2. Comparación de la cruza intervarietal INIFAP-Amarillo Dentado 1 x INIFAP-Amarillo Cristalino 1 con un maíz comercial blanco y amarillo. Promedio de 12 ambientes. Primavera-Verano 2002.

Genealogía	REND (kg ha <sup>-1</sup> )	% sobre el mejor testigo	FM <sup>+</sup>	FF <sup>+</sup>	AR (%)	AT (%)	AP (cm)	AM (cm)	HP (%)	HMP (%)
H-318 (testigo blanco)	8761	100	75	75	0	4	241	113		
Z-806 (amarillo)	7178	82	73	73	1	8	241	113		
INIFAP-Amar. Dent. 1 x INIFAP Amar. Crist. 1	7169	82	75	75	1	3	245	118	19.1	13.9
INIFAP-Amarillo Dentado 1	6296	72	76	76	3	3	245	115		
INIFAP Amarillo Cristalino 1	5741	66	74	75	1	4	228	107		
Media general	7029		75	75	1	4	240	113		
CV (%)	15.3		1.5	1.1	250.5	112	4.5	7.6		
DMS (0.05)	535		0.65	0.64	1.3	2.4	5.4	4.3		

<sup>+</sup> El número de días a floración masculina y femenina se cuantifico sólo en nueve ambientes.

REND = rendimiento de materia seca del grano; FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina; AR = acame de raíz; AT = acame de tallo; AP = altura de planta; AM = altura de la mazorca; HP y HMP = heterosis para rendimiento con base en el promedio de los progenitores, y al mejor progenitor, respectivamente.

## AGRADECIMIENTOS

Al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo por haber aportado el material genético para integrar las poblaciones INIFAP-Amarillo Dentado-1 e INIFAP-Amarillo Cristalino-1. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y a las Fundaciones Produce de Colima, Jalisco, Nayarit y Michoacán por el financiamiento parcial otorgado a través del proyecto SIM/254.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cámara Nacional del Maíz Industrializado (2003) Estadísticas. En línea <http://www.cnmaíz.com.mx/estadística/index.htm1> (consultado el 9 de mayo del 2004).
- Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Jalisco (1990) Guía para cultivar maíz en Jalisco. Folleto para Productores No. 3. Guadalajara, Jal. 28 p.
- Fehr W R (1987) Principles of Cultivar Development. Volume 1. Theory and Technique. Mc Graw Hill, Inc. New York. USA. 536 p.
- Gámez V A J, M A Ávila P, H H Ángeles A, C Díaz H, H Ramírez V, A Alejo J, A D Terrón I (1996) Híbridos y variedades liberados por el INIFAP hasta 1996. Publicación Especial No. 16. INIFAP-SAGAR. Toluca, Méx. 103 p.
- González E A, J L Jolalpa B, J L Ramírez D, M Chuela B, R Martínez P, S Wood (2003) Evaluación económica del mejoramiento genético del maíz en México: Híbrido intervarietal HV-313. Serie de evaluación del impacto económico de Productos del INIFAP. Publicación Técnica No. 4. INIFAP. México, D. F. 58 p.
- Hallauer A R, J B Miranda F (1988) Quantitative Genetics in Maize Breeding. 2nd Ed. Iowa State University Press. Ames, IA. 468 p.
- Márquez S F (1988) Genotecnia Vegetal. Tomo II. Métodos, Teoría y Resultados. AGT Editor. México, D. F. 665 p.
- Ron P J, J L Ramírez D (1991) Establecimiento de ensayos y colección de datos para la evaluación de variedades mejoradas de maíz para el CCVP en el estado de Jalisco. Instructivo. Tema Didáctico No.1. Campo Experimental Forestal y Agropecuario Zapopan. 25 p.