

# Ensayo de Rendimiento de 50 Híbridos Experimentales de Maíz que Combinan Fuentes Germoplásmicas de UAAAN y CIMMYT

## Yield Performance of 50 Experimental Maize Hybrids Which Combine CIMMYT and UAAAN Germplasm Sources

José Espinoza Velázquez <sup>a\*</sup>, Daniel Sámano Garduño <sup>a</sup>, Rubén Larios González <sup>b</sup>, Víctor Manuel González Vázquez <sup>c</sup>, Gustavo A. Burciaga Vera <sup>a</sup> y Hermes Rebolloza Hernández <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P.25315, Saltillo, Coahuila. México.

<sup>b</sup> Profesor – Investigador, colaborador en este proyecto, del CBTA Núm. 61, Calvillo, Aguascalientes.

---

### Resumen

El trabajo presenta resultados del comportamiento productivo de materiales experimentales probados en las localidades Buenavista, Coahuila y Calvillo, Aguascalientes, México, en experimentos llevados a cabo durante el ciclo agrícola primavera- verano (P-V) 2008. Los materiales bajo estudio fueron: 6 híbridos simples, 32 híbridos tri-lineales, y 12 dobles; generados a partir de un conjunto de líneas endogámicas y cruza simples provenientes tanto de UAAAN como de CIMMYT. Los materiales fueron establecidos en un diseño de bloques incompletos con arreglo alfa-látice, dos repeticiones, en parcelas de un surco de 5 m<sup>2</sup>; Los lotes contaron con irrigación por cintilla, goteros a 10 pulgadas, fertilización con la fórmula 180:90:00 (N: P: K), aplicando la mitad del N y todo el P a la siembra, y el resto del N al momento del cultivo; las plagas y malezas fueron controladas con aplicación de agroquímicos apropiados. El análisis de datos incluyó como más relevantes a las variables: Días a Floración masculina (FM), Acame de raíz (AR), Relación Altura de mazorca/altura de planta (RAMP), Prolificidad (PRO), y Rendimiento de mazorca (REN), cuyos datos fueron ajustados por covarianza para número de plantas por parcela. Los resultados indican la presencia de combinaciones híbridas prometedoras, ratificando la complementariedad de fuentes de germoplasma generado en las dos instituciones.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., híbridos experimentales, ensayos de producción.

### Abstract

This paper presents the average performance of a group of experimental materials from two assays established in the locations Buenavista, Coahuila and Calvillo, Aguascalientes in central and northern México respectively. The Experiments were performed during the spring-summer 2008. The genotypes under study were 2 simple cross, 32 triplets and 12 doubles hybrids which combines germplasm sources from CIMMYT and UAAAN. The experimental design was an uncompleted blocks with Alfa lattice arrangement, two replications, in plots of 5 m<sup>2</sup>; Plots were watered by dripping, 10" apart, and fertilized with the formula 180:90:00 N:P:K units; all P and half N were applied during sowing, and 40 days after the other N half; weeds and pests were chemically controlled in an appropriate way. Data analysis was performed on the most relevant variables as Days to tasseling (FM), Root standability (AR), Highest ear height/plant height relation (RAMP), Prolificacy (PRO), and Ear yield (REN). Results indicated promising hybrids combination among certain germplasm sources from both CIMMYT and UAAAN research institutions.

**Key words:** *Zea mays* L., experimental hybrids, assays, yield performance.

---

## **Introducción**

El maíz es uno de los cultivos agrícolas más difundido a nivel global y uno de los más productivos; en el mundo se siembran alrededor de 140 millones de ha, y se levanta una producción de cerca de 600 millones de toneladas; en México, la superficie agrícola dedicada al maíz es de 7.5 a 8 millones de ha, y la producción anual cercana a los 22 millones de t. Su gran adaptación se puede apreciar señalando que en el hemisferio occidental se le siembra de manera ininterrumpida entre las latitudes 58° N y 40° Sur [Burns, 2009; Confederación Nacional de Productores Agrícolas de Maíz de México (CNPAMM), 2006; Paliwal *et al.*, 2001].

El maíz, a diferencia de otras especies cultivadas, es influenciado más por la temperatura que por el fotoperiodo (Burns, 2009), convalidando de esta manera su naturaleza tropical, sub-tropical. En un marco amplio de ambientes agroclimáticos, catalogados por sus características de temperatura y precipitación pluvial, en México la producción de maíz se lleva a cabo a través de varios sistemas de producción, que van desde la agricultura familiar en pequeñas superficies, pasando por la agricultura comunal y ejidal, la intensiva en grado diverso, hasta la agricultura de altos insumos y productividad; los primeros son procesos de producción destinados al autoconsumo y el comercio local, mientras que los dos últimos se refieren a la agricultura comercial. Esta diversidad en la forma de producción incluye el uso de semillas del productor, seleccionadas de manera empírica, y la de variedades mejoradas e híbridos de alto potencial productivo. La agricultura comercial incluye en su estrategia de producción el uso de semillas mejoradas en forma de híbridos. De cualquier modo, los sistemas de producción maicera mexicanos requieren de propuestas relativas a nuevos y mejores materiales de siembra, incluyendo versiones de semillas mejoradas, sean éstas variedades o híbridos.

La experiencia teórico-práctica acumulada en el tema de la generación de híbridos de maíz señalan que la utilización de materiales de diferente origen genético puede maximizar la respuesta heterótica, y por ende la productividad (Sámamo *et al.*, 2009; Bernardo, 2001). Trabajos previos sobre hibridación entre materiales generados en instituciones diversas, y en particular entre líneas endogámicas o híbridos simples de las instituciones como el CIMMYT y la UAAAN (De León *et al.*, 2005). Es en este marco de interpretación donde toma relevancia la búsqueda de nuevas combinaciones del germoplasma disponible, de fácil acceso, y generables a bajo costo, que sirvan de opciones a los agricultores maiceros de México.

Este trabajo fue desarrollado aprovechando la disponibilidad de una serie de líneas y cruza simples facilitadas de manera gratuita, con fines experimentales, por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), a combinar con otras líneas y cruza simples generadas en el Instituto Mexicano del Maíz “Dr. Mario E. Castro Gil” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (IMM – UAAAN). Los híbridos resultantes se someterían a pruebas exploratorias de producción en dos ambientes agrícolas cuyos regímenes de temperatura y precipitación durante el ciclo primavera-verano fueran de interés productivo en ambientes agrícolas limitados.

## **Materiales y Métodos**

El trabajo se llevó a cabo con 50 híbridos experimentales diseñados y generados en el ciclo P-V, 2007 en el campo experimental Buenavista de la Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro (UAAAN), evaluados durante el ciclo P-V, 2008 en dos localidades, Calvillo, Aguascalientes, y Buenavista, Coahuila (sede de la UAAAN); la descripción general de las localidades aparece en el Cuadro 1.

Los materiales de CIMMYT fueron proporcionados, mediante solicitud de dos de los autores de este trabajo, por el Dr. Hugo Córdova Orellana, titular del Programa de Maíces Subtropicales de esa institución. Los materiales locales son germoplasma generados en el Instituto mexicano del Maíz “Dr. Mario E. Castro Gil” de la UAAAN. Las dos fuentes de germoplasma consisten en líneas endogámicas y cruza simples, las cuales pudieron combinarse de diferente manera para generar 70 híbridos de carácter experimental, 50 de los cuales forman la base experimental de este trabajo e incluyen 6 cruza simples, 32 híbridos tri-lineales y 12 híbridos dobles. Con base en ellos, se pueden agrupar en cuatro grupos de cruzamiento, en función de la procedencia del germoplasma y la dirección de cruzamiento, *e. g.* madre CIMMYT x padre Narro (como se expondrá en la sección de resultados y discusión).

La siembras se llevaron a cabo de manera experimental en las dos localidades, bajo riego por cintilla, goteros a 10”, en surcos de 5 m para cada híbrido, dos repeticiones. La fertilización fue con la fórmula 180:90:00 (unidades de N:P:K) con base en Sulfato de amonio y Mono-fosfato amónico. A la siembra se aplicó todo el fósforo y la mitad del nitrógeno. 40 días después se aplicó el resto de nitrógeno.

El control de plagas y malezas fue a través de la aplicación de agroquímicos y prácticas mecánicas, aporque y deshierbe manual. La cosecha fue manual, identificando plenamente a cada material y sus repeticiones. Las variables de respuesta son las convencionales en los ensayos de rendimiento para materiales de maíz. En estas destacan las variables de días a floración, tipo de planta, sanidad, acames, prolificidad y rendimiento de mazorca por hectárea.

Los experimentos se dispusieron en cada localidad utilizando un diseño de bloques incompletos al azar con arreglo de alfa látice, dos repeticiones. Los datos de la variable rendimiento fue ajustada por covarianza en cuanto al número de plantas por parcela. El análisis estadístico fue llevado a cabo utilizando las rutinas aplicables del SAS (SAS, 2004).

## **Resultados y Discusión**

Los dos ambientes geográficos utilizados en este trabajo (ciclo P-V 2008) exhibieron características discrepantes en cuanto a precipitación y temperatura (Cuadro 1) por lo que no es de extrañar la respuesta diferenciada por localidad de las combinaciones híbridas bajo estudio; sin embargo, el análisis estadístico combinando (Cuadro 2) de localidades no detectó significancia en cuanto interacción genotipo-ambiente para las variables de importancia económica abordadas en este trabajo (FM, AR, RAMP, PRO y REN); por lo tanto, los híbridos presentaron un comportamiento estable a través de localidades (ejemplo en dos variables, Figuras 1 y 2).

Parece relevante señalar que el número de Unidades Calor (UC), también denominadas como Unidades Grado de Desarrollo (UGD) del cultivo, son las aplicables a maíces de madurez fisiológica catalogada como intermedia (Nota: materiales precoces, 1250; intermedios, 1450; y tardíos, 1650 UC). De importancia también, que en la localidad Calvillo,

las UC al inicio del experimento fueron de monto tal que favorecieron una rápida germinación (5 días) y que durante las siguientes etapas, se apreció una acumulación regular de ellas; en Buenavista, la acumulación de UC fue lenta al principio, luego en ascenso, para reducirse durante los dos meses finales del ciclo.

**Cuadro 1.** Características generales de localización geográfica, precipitación, temperatura y unidades calor de las localidades bajo estudio.

Localidad	Latitud (N)	Longitud (O)	Altitud (msnm)	Precipitación <sup>§</sup> mm	Temperatura <sup>†</sup> °C	UC <sup>‡</sup>
Buenavista	25° 21'	101° 02'	1756	406	18.5	1413
Calvillo	21° 50'	102° 42'	1665	673	19.3	1354

<sup>§</sup>Precipitación acumulada de junio a octubre, 2008, en Calvillo y de junio a noviembre, 2008, en Buenavista. <sup>†</sup>Temperatura media en el periodo del cultivo en cada localidad. <sup>‡</sup>(UC) Unidades calor acumuladas en el periodo del cultivo en cada localidad.

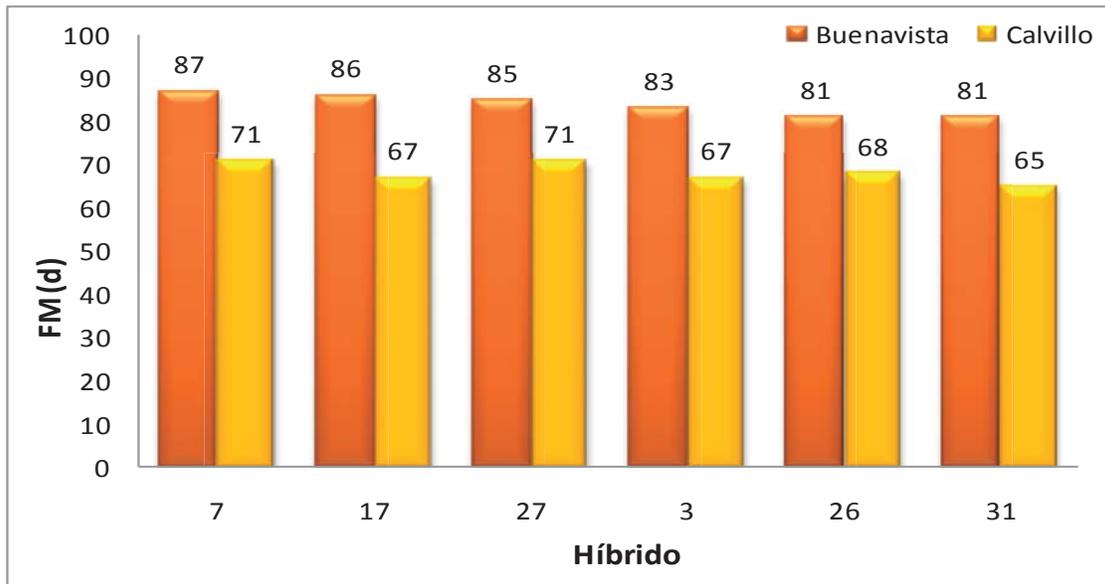
Las UC se calcularon por el método clásico para maíz (Nielsen, 2004; Rodríguez, 1993). Es de conocimiento general que materiales de ciclo más tardíos, tienden a ser más rendidores (Burns, 2009); como se dijo antes, los materiales de este trabajo fueron evaluados en dos ambientes con diferencias notables, tal como se aprecia en el Cuadro 1, y fueron impactados en su comportamiento productivo; este impacto se puede apreciar por el desempeño diferenciado de los seis mejores híbridos y los tres de menor comportamiento (Cuadro 3) aunque sin manifestación de una interacción genotipo x ambiente estadísticamente detectable.

**Cuadro 2.** Cuadrados medios y significancia del análisis combinado, dos localidades, en las variables de interés económico, 50 híbridos experimentales de maíz.

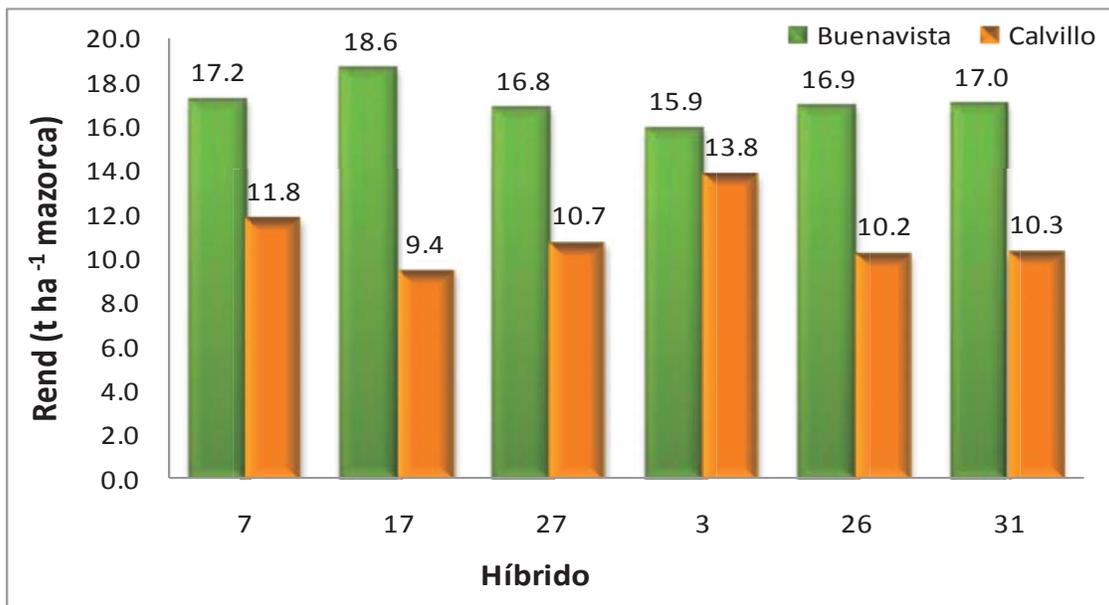
F de V	gl	FM	AR	RAMP	PRO	REN
Localidades	1	13008.8 **	13.5 **	0.017 *	0.11 ns	1087.7 **
Rep(localidades)	2	14.3 ns	0.2 ns	0.003 ns	0.10 ns	12.4 *
Bloques(loc*rep)	16	16.5 *	0.4 ns	0.003 ns	0.05 ns	10.6 **
Genotipos	49	28.1 **	0.6 ns	0.004 ns	0.12 **	9.9 **
Loc*Genotipos	49	8.0 ns	0.4 ns	0.003 ns	0.05 ns	4.2 ns
Error	82	7.5	0.4	0.003	0.03	3.4
Total	199					
R <sup>2</sup> (%)		96	68	64	79	89
CV (%)		3.5	177	10.7	14.1	16.2
CM del error (%)		2.7	0.64	0.06	0.18	1.8
Media		78 días	3.6 %	0.52	125 %	11.4 t

FM = Días a Floración masculina; AR = Acame de raíz; RAMP = Relación Altura mazorca principal altura de planta; PRO = Prolificidad; REN = Rendimiento, toneladas de mazorca por ha. Significancia al 5% (\*); y 1% (\*\*).

Los datos promedio de las cinco variables consideradas de mayor importancia económica en este trabajo permiten señalar que la localidad Buenavista es un mejor ambiente para la expresión amplia de las características productivas de estos materiales, guardando una relación proporcional estable en la segunda localidad.



**Figura 1.** Promedio de días a floración masculina de los seis híbridos de mayor rendimiento. Nótese las diferencias en los dos ambientes, pero sin interacción genotipo x ambiente.



**Figura2.** Promedio de rendimiento en los seis mejores híbridos. Nótese la estabilidad relativa en los dos ambientes (no-interacción genotipo x ambiente).

**Cuadro 3.** Valores promedio de nueve híbridos<sup>§</sup>, los seis más calificados y los tres de menor desempeño, en las cinco variables de interés.

Híbrido	REN (t ha <sup>-1</sup> )		FM (días)		PRO (%)		AR (%)		REMP	
<b>Mayor REN</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
3	15.9	13.8	83	67	111	120	0	0.5	.59	.60
7	17.2	11.8	87	71	144	140	0	1	.60	.56
17	18.6	9.4	86	67	140	118	0	0	.52	.51
26	17.0	10.2	81	68	106	113	0	0.5	.49	.53
27	16.8	10.7	85	71	120	113	0	0.5	.61	.62
31	17.1	10.3	81	65	117	135	0.5	1.5	.49	.50
<b>Menor REN</b>										
9	8.4	6.4	85	66	96	122	1	0.5	.45	.56
15	9.8	6.4	90	69	104	99	1.5	1.5	.52	.51
47	10.4	7.4	96	71	127	168	0	1.5	.45	.56

<sup>§</sup>B = Localidad Buenavista; C = Localidad Calvillo, ciclo agrícola P-V, 2008.

Con base en la información anterior, los híbridos de los dos grupos (mayor y menor REN) tuvieron un comportamiento productivo diferente entre localidades pero proporcional en su importancia relativa, y por lo tanto no hay evidencias de una interacción con el ambiente. El REN en Buenavista (incluido el promedio de los nueve híbridos) es 52 % superior a los de Calvillo; al considerar la duración del ciclo con base en la variable FM, el ambiente en Calvillo propició que los nueve materiales fueran en promedio 18 días más precoces; en esto, la mayor uniformidad de la acumulación de UC y la más alta precipitación en el periodo experimental probablemente influyeron en un aceleramiento del desarrollo de los híbridos; quizá esta precocidad influyo de manera importante a una reducción del rendimiento por unidad de superficie.

Con el interés de detectar de manera preliminar probables diferencias en función de la dirección de cruzamiento, así como la agrupación de materiales por su procedencia, los 50 híbridos bajo prueba se ordenaron en cuatro grupos, como sigue:

*Grupo Uno:* Híbridos madre CIMMYT x padre NARRO;

*Grupo Dos:* Híbridos madre NARRO x padre CIMMYT;

*Grupo Tres:* Híbridos CIMMYT x CIMMYT; y

*Grupo Cuatro:* Híbridos NARRO x NARRO.

La agrupación identificó el número de híbridos en cada grupo en 17, 18, 8 y 7 respectivamente.

El desglose de la fuente de variación Genotipos en Cinco contrastes comparando a los grupos Uno vs Dos; Uno vs Tres; Dos vs Tres; Dos vs Cuatro; y Tres vs Cuatro aparecen en el Cuadro 4. Las diferencias estadísticas fueron relevantes sólo para las variables REN, PRO, y FM; a juzgar por el rendimiento, la dirección de cruce es importante en la combinación de las dos fuentes de germoplasma (Narro – Cimmyt).

Los promedios generales de los cuatro grupos destaca el rendimiento superior del Grupo 2, mientras que los otros tres presentaron valores prácticamente iguales. Por otra parte, acompañan a esta superioridad productiva la mayor precocidad y una moderada frecuencia de

dos mazorcas por planta, es decir, el alto REN es más por atributos de componentes de rendimiento de las mazorcas que por prolificidad. También puede establecerse que algunas de las combinaciones híbridas de comportamiento superior de entre estos grupos pueden servir como probadores para líneas endogámicas nuevas o de sus cruzamientos simples.

**Cuadro 4.** Cuadrados medios y significancia de los contrastes ortogonales de los cuatro grupos de híbridos conformados por procedencia y dirección de cruce, datos combinados de las dos localidades, tres variables relevantes.

<b>Contraste</b>	REN t ha <sup>-1</sup>		PRO (%)		FM (días)	
CIMMYT x Narro vs Narro x CIMMYT	76.83	**	0.31	*	30.1	ns
CIMMYT x Narro vs CIMMYT x Cimmyt	1.97	ns	0.71	**	493.2	**
Narro x CIMMYT vs CIMMYT x CIMMYT	30.9	*	1.67	**	716.6	**
Narro x Cimmyt vs Narro x Narro	30.8	*	0.03	ns	33.3	ns
Cimmyt x Cimmyt vs Narro x Narro	0.04	ns	1.44	**	289.3	**
.....						
Promedio ± DE por variable en:						
1. Híbridos Cimmyt x Narro	10.8 ± 2.0		122 ± 31		77 ± 2.1	
2. Híbridos Narro x Cimmyt	12.3 ± 1.4		118 ± 17		76 ± 2.2	
3. Cimmyt x Cimmyt	11.1 ± 1.8		145 ± 9		82 ± 3.2	
4. Narro x Narro	11.1 ± 2.1		115 ± 18		78 ± 1.5	

## Conclusiones

La hibridación entre fuentes de germoplasma de diferente procedencia en maíz, es altamente probable que guarden distancias genéticas considerables, y por lo tanto se generen casos frecuentes de heterosis entre la combinación de varios de sus genotipos; el caso exploratorio lograda en 50 híbridos experimentales entre fuentes de Narro y Cimmyt presentaron resultados relevantes y la guía para detectar algún(os) patrón(es) heteróticos en la catalogación de nuevos materiales.

## Agradecimientos

A la institución hermana CBTA Número 61 con sede en Calvillo, Aguascalientes por permitirnos el acceso a su campo experimental, y en especial al Ing. M.C. Rubén Larios González, profesor-investigador de esa institución quien, como colaborador en este trabajo, hizo posible la realización exitosa de la experimentación necesaria, aportando en especie la mayor proporción de recursos.

## Literatura Citada

**Burns, H.A., 2009.** A survey of factors involved in crop maturity. *Agron. J.* 101(1): 60-66.

**Bernardo, R., 2001.** Breeding potential of intra inter heterotic group crosses in maize. *Crop Sci.* 41: 68-71.

- De León C. H., F Rincón S., M. H. Reyes V. D Sámano G., G Martínez Z., R. Cavazos C., J. De D. Figueroa C., 2005.** Potencial de rendimiento y estabilidad de combinaciones germoplásmicas formadas entre grupos de maíz. RFM 28(2): 135-143.
- Nielsen, R.B., 2004.** Heat Unit Concept Related to Corn Development. Corny News Network. Purdue University. URL: <http://www.Kingcorn.org/news/articles.04/HeatUnits-0515.html>
- Paliwal, R. L., G. Granados, H. R. Lafitte y A. D. Violic.** El Maíz en los Trópicos. Organización de las naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia.
- Rodríguez Absi, J., 1993.** Tecnología para la Producción de Maíz en el Estado de Sinaloa. C.I.A.M.F.A.S. Culiacán, México.
- Sámano G., D., F Rincón S., N. A. Ruiz T., J. Espinoza V., H. De León C., 2009.** Efectos genéticos en cruizas directas y recíprocas formadas a partir de líneas de dos grupos Germoplásmicos de maíz.
- SAS Institute., 2004.** SAS/STAT ® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA.