

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**Modelos Lineales-Bilineales e Índices de Selección para la
Elección de Ambientes e Híbridos para la Región Maicera de
Chihuahua**

Por:

IRVING EFRÉN TRUJILLO SÁNCHEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el
Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.

Abril, 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Modelos Lineales-Bilineales e Índices de Selección Para la Elección de
Ambientes e Híbridos para la Región Maicera de Chihuahua

Por:

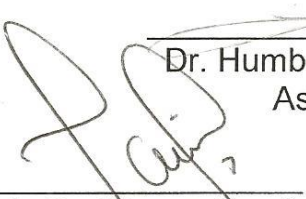
IRVING EFRÉN TRUJILLO SÁNCHEZ

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

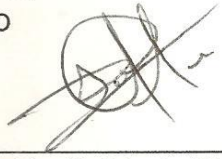
Aprobada



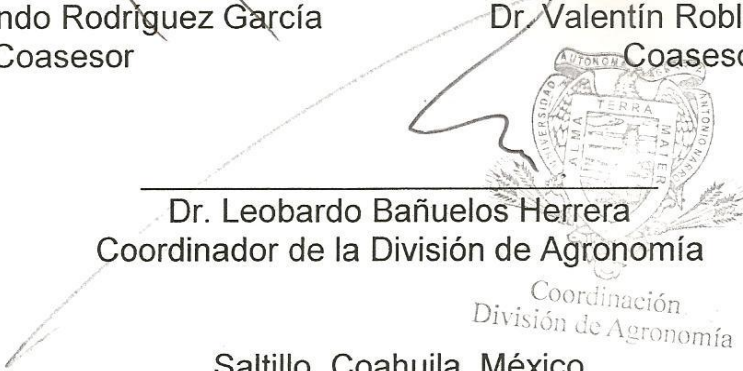
Dr. Humberto de León Castillo
Asesor Principal




Dr. Armando Rodríguez García
Coasesor



Dr. Valentín Robledo Torres
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía


Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Abril, 2012

AGRADECIMIENTOS

A mi “alma mater” Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

Con gran respeto y admiración al:

Dr. Humberto de León Castillo por la paciencia, dedicación, apoyo, conocimientos brindados y tiempo en este trabajo, además de ser un excelente profesor y un buen amigo, Dios lo bendiga siempre.

Mi más sincero agradecimiento al:

Dr. Santos González Ledesma por, el apoyo y la confianza puesta en mí para este trabajo de investigación, además de su amistad, consejos y valiosos conocimientos brindados para mi formación profesional.

Al **Dr. Valentín Robledo Torres** por el apoyo y el tiempo empleado en la revisión de este trabajo de investigación.

Al **Dr. Armando Rodríguez García** por la disponibilidad, el apoyo y tiempo empleado en la revisión de este trabajo de investigación.

Al **Ing. Raúl Gándara Huitrón** por su amistad y emplear tiempo en la revisión de este trabajo.

Al **M. C. Daniel Sámano Garduño** por brindarme la oportunidad de realizar el servicio social enseñándome técnicas de mejoramiento genético y sobre todo por su amistad, consejos, conocimientos y confianza que me ofreció como alumno.

A la **Ing. Reyna Rojas García** por su apoyo en los análisis de estadísticos.

Al **Ing. Adán Alvidrez Lechuga** por su gran apoyo en el manejo y toma de datos de campo de esta investigación, además de su amistad, conocimientos y confianza brindada.

A los ingenieros de Pioneer **Alberto Zenón Peña, Javier Leyva, Alexander Hernández, Alejandro Montes, Delmar Robledo** por su amistad, apoyo y conocimientos brindados durante mi estancia de semestre de campo.

A la **Lic. Sandra López Betancourt** por su disponibilidad y apoyo en la estructura del presente trabajo.

A mis amigos **Alfredo Estrada, Pedro Medina, Guadalupe Yunuen Bolaños, Pedro Antonio Sánchez, Dorian Díaz, José Trinidad Carpio, Jose Guadalupe Campos, Guillermo Hernández, Luis Ángel Cabrera, Uriel Diaz** con quienes compartí momentos inolvidables durante mi estancia en la universidad, de verdad muchas gracias.

A **Iris Atenea Silva Lara** por tu linda y apreciada amistad, por contar siempre contigo en los buenos y en los malos momentos.

A **Mónica Sosa** por tu apreciada amistad.

A **Carmen Vázquez Neri** por encontrar en ti a una amiga y una hermana a la vez y contar siempre contigo en las buenas y en las malas, tanto emocional como económicamente, además de tu valiosa amistad y tus buenos consejos.

A **mis compañeros** de la especialidad de **INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN** generación “CXII” con quien compartí momentos, experiencias y sobre todo por su valiosa amistad, a todos ustedes gracias y éxito en la vida.

A todos aquellos que han compartido y siguen compartiendo su gran amistad conmigo (primos, amigos del pueblo) que siempre me animaron y me motivaron con sus consejos para que terminara mi carrera y cumplir uno de mis mejores sueños.

DEDICATORIAS

*El más grande agradecimiento y
dedicado especialmente:*

A Dios por ser el maestro de mi vida, dándome la inteligencia, fortaleza, paciencia, y sobre todo salud y amor, gracias por cuidarme y protegerme siempre y guiarme por el buen camino enfrentando cualquier problema de la vida y por darme la oportunidad de completar mi preparación profesional.

*A los seres más grandes y el tesoro más
valioso que la vida me dio mis padres:*

Efrén Trujillo y Columba Sánchez

Por los buenos consejos, principios, regaños y valores que cada uno me dio para que fuera una persona de bien y exitosa en la vida, por cada una de las gotas de sudor y el esfuerzo que hicieron para que yo lograra mi meta, sin importarles las circunstancias en que estuvieran, gracias por confiar y creer en mí, su proyecto se cumplió y esto es de ustedes.

*A los mejores hermanos y amigos que Dios
me dio para compartir mi vida:*

Esbeydy, María Aidiana, Edgar y Claudia Yedid, por su cariño, confianza, apoyo tanto emocional como económico, y formar parte de este sueño, gracias por todo, los quiero mucho y esto que sirva de ejemplo para ustedes.

A mis sobrinos:

Brandon y Heidi Erandy que con sus travesuras, cariño, abrazos me llenaron de amor, alegría y felicidad en los momentos de tristeza.

*Agradezco a Dios por poner en mi camino y en mi
vida a tan linda y especial persona, la:*

Ingeniera **Sagrario Cárdenas Flores**, que con su amor, cariño, amistad, comprensión me ha llenado de felicidad y fortaleza para seguir siempre adelante, brindándome su apoyo en cada circunstancia y sobre todo contando siempre contigo en los buenos y malos momentos. *Princesa te amo.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
El Maíz en Chihuahua.....	4
Análisis de la Producción Nacional.....	5
Análisis de la Producción Estatal.....	6
Mejoramiento Genético.....	8
Hibridación.....	8
Heterosis.....	10
Índices de Selección.....	11
Interacción Genotipo x Ambiente.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
Material Genético.....	15
Descripción de los Ambientes.....	15
Descripción de la Parcela Experimental.....	16
Labores del Cultivo.....	17
Variables Agronómicas Evaluadas.....	18
Análisis Estadístico.....	20
Índice de Selección.....	21
Análisis de Varianza del Índice de Selección.....	23
Análisis de la Interacción Genotipo x Ambientes (IGA).....	24
Criterios de Selección.....	26

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
Análisis de Varianza para Localidades, Híbridos y la Interacción entre Ambos.....	27
Análisis de Varianza Individual por Localidad.....	33
Análisis de Varianza para los Índices de Selección.....	37
Análisis de Varianza Individual para los Índices de Selección.....	42
Exploración de Estabilidad Mediante el Modelo de AMMI.....	43
Estudio de los Patrones de Respuesta del Índice de Selección Mediante el Modelo SREG o GGE.....	45
V. CONCLUSIONES	47
VI. RESUMEN	48
VIII. LITERATURA CITADA	51
VIII. APÉNDICE	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Análisis de los principales estados productores de maíz grano a nivel nacional, superficie sembrada (miles de hectáreas).....	5
Cuadro 2	Análisis de los principales productores de maíz grano a nivel nacional, producción en toneladas (miles).....	6
Cuadro 3	Superficie sembrada y producción para el cultivo de maíz en Chihuahua (miles de hectáreas y miles de toneladas).....	7
Cuadro 4	Producción de las regiones del Estado de Chihuahua para el cultivo de maíz (miles de toneladas).....	7
Cuadro 3.1	Genealogía de los híbridos experimentales y testigos utilizados.....	15
Cuadro 3.2	Ambientes de prueba y ubicación geográfica.....	16
Cuadro 3.3	Fecha de siembra para cada una de las localidades.....	17
Cuadro 4.1	Cuadros medios del análisis de varianza combinado para diez variables agronómicas tomadas de 11 híbridos evaluados en 16 ambientes durante el 2011 en la región maicera del estado de Chihuahua.....	28

Cuadro 4.2	Resumen del comportamiento estadístico a través de ambientes de los 11 híbridos por variable evaluadas en base a DMH de TUKEY.....	32
Cuadro 4.3	Análisis de varianza por localidad para diez variables agronómicas tomadas de 11 híbridos evaluados durante el 2011 en la región maicera del Estado de Chihuahua.....	34
Cuadro 4.4	Cuadrados medios del análisis de varianza combinado con base a los valores de los índices de selección (integrado por el rendimiento, humedad a la cosecha y el aspecto de mazorca) por híbrido a través de 11 localidades.....	37
Cuadro 4.5	Agrupamiento estadístico de 11 híbridos en base a los valores de índice selección en base DMH de Tukey.....	39
Cuadro 4.6	Agrupamiento estadístico de 6 híbridos experimentales en base a los valores de índice selección en base DMH de Tukey.....	40
Cuadro 4.7	Agrupamiento estadístico de 4 testigos de la empresa en base a los valores de índice selección en base DMH de Tukey.....	41
Cuadro 4.8	Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para 11 localidades con base a los valores de los índices de selección por híbrido calculado.....	42
Cuadro A1	Descripción de cada parcela experimental en cada una de las diferentes localidades.....	57

Cuadro A2	Fecha de la cosecha para cada una de las localidades.....	57
Cuadro A3	Comportamiento estadístico con base a DMH de TUKEY, de las 16 localidades para las 10 variables evaluadas.....	58
Cuadro A4	Agrupamiento estadístico de 11 localidades en base a los valores de índice selección en base DMH de Tukey.....	59
Cuadro A5	Metas e intensidades utilizadas para la estimación del IS en cada variable, de la evaluación realizada en el 2011.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1	Biplot del modelo AMMI para la interpretación de los patrones de respuesta de la interacción genotipo x ambiente de 11 híbridos y 11 localidades.....	43
Figura 4.2	Biplot GGE de 11 híbridos y 11 localidades.....	45

I. INTRODUCCIÓN

El Estado de Chihuahua es el principal productor de maíz amarillo en el país, la superficie sembrada a nivel estatal ha tenido variaciones en un periodo de diez años, la mayor superficie fue de 289,905 hectáreas registrado en el año 2004, y la producción se ha incrementado del año 2007 al 2009, este último con la mayor producción de 974,936 toneladas, con respecto al año 2000 en donde solo obtuvieron 453,483 toneladas de maíz (ASERCA 2008b).

El Valle de Cuauhtémoc, en Chihuahua es una de las regiones más importantes para el cultivo de maíz amarillo de esa entidad, en donde predomina una alta tecnología, las labores son totalmente mecanizadas, las semillas son híbridos de alto potencial de rendimiento, fertilizantes granulados con elementos mayores y menores, agua de pozos profundos con riego por compuertas, control de plagas y malezas mediante agroquímicos y cosecha mecanizada y existen condiciones de temperaturas favorables, así como cultura de los productores para la producción y comercialización de maíz amarillo.

El maíz amarillo producido en Chihuahua se distribuye a otras entidades del país, entre ellas el Estado de México, Jalisco y la Región Lagunera (que abarca parte de Durango y Coahuila), para alimento del ganado lechero. El grano se vende a empresas como Lala, Almex de Jalisco, Diconsa y otras del Estado de México (SENACICA 2007).

El objetivo principal de todo programa de mejoramiento, es el desarrollo de materiales mejorados que posean características agronómicas, fisiológicas y morfológicas, superiores a los materiales originales, además de responder a las necesidades de los agricultores (Medina *et al.*, 2002).

La definición de las estrategias de selección de los programas de mejoramiento genético de cultivos, tanto en generaciones segregantes como en la evaluación de variedades mejoradas, depende en gran medida de la caracterización ambiental. Esto permite la identificación de localidades que proporcionen información aplicable a otras similares, y la definición de ambientes que demanden programas particulares de selección, de evaluación o ambos (Sahagún, 1992).

En un programa de mejoramiento, se consideran varios caracteres al tiempo. Debido entre otras cosas a la correlación genética entre los caracteres, por lo que no pueden seleccionarse de manera individual, ya que podría cambiar los promedios de otros de una manera indeseable. Una alternativa práctica para superar esta condición es el uso de índice de selección (IS) propuesto por Barreto *et al.* (1991) que sólo requiere establecer la meta de selección y el valor económico de cada variable con la combinación lineal de los resultados por variable, se obtienen los valores de IS de cada genotipo.

En Chihuahua Pioneer, cuenta dentro de su línea comercial de maíces amarillos con los híbridos 32T83, P1894 y 31G66, pero es importante que su programa de mejoramiento desarrolle híbridos más efectivos con atributos agronómicos superiores y excelentes rendimientos para satisfacer las necesidades de los agricultores, esto originó el presente trabajo de investigación para evaluar el comportamiento agronómico de nuevos híbridos precomerciales en diferentes localidades, con la meta de seleccionar los mejores de ellos y determinar ambientes ideales.

OBJETIVOS

- Seleccionar híbridos de comportamiento agronómico sobresaliente y estable, que puedan ser utilizados como híbridos comerciales para la región maicera de Chihuahua.
- Identificar cuáles son los ambientes más representativos y los de mayor discriminación que permitan incrementar la eficiencia de selección.
- Identificar el híbrido experimental con atributos agronómicos superiores en base en un índice de selección y que muestre estabilidad a través de ambientes.

HIPÓTESIS

- Los híbridos a evaluar son diferentes entre ellos, se espera que al menos uno de ellos sea superior en estabilidad y en comportamiento agronómico a los demás.
- Las condiciones entre las 16 localidades de evaluación son diferentes, de tal modo se espera que al menos uno de los ambientes sea representativo y de mayor poder de discriminación que permita incrementar la eficiencia de selección.
- Se asume que al menos un híbrido experimental presente atributos agronómicos superiores para tres características agronómicas (rendimiento, humedad y calificación de mazorca) mostrando un buen índice de selección y buena estabilidad a través de ambientes.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

El Maíz en Chihuahua

El principal productor de maíz amarillo en el país es el Estado de Chihuahua, de donde procedió en el 2007, el 80 por ciento de la producción estatal de maíz amarillo, del cual la gran mayoría (90 por ciento) se produjo bajo agricultura por contrato, es decir, 589, 780 toneladas obtenidas de 67, 790 hectáreas (ASERCA 2008).

El Valle de Cuauhtémoc, en Chihuahua es una de las regiones más importantes para el cultivo de maíz amarillo de esa entidad. El maíz amarillo producido en Chihuahua se distribuye a otras entidades del país, entre ellas el Estado de México, Jalisco y la Región Lagunera (que abarca parte de Durango y Coahuila), para alimento del ganado lechero. El grano se vende a empresas como Lala, Almex de Jalisco, Diconsa y otras del Estado de México (SENACICA 2007).

Predomina una alta tecnología, las labores son totalmente mecanizadas, las semillas son híbridos de alto potencial productivo, fertilizantes granulados con elementos mayores y menores, agua de pozos profundos con riego por compuertas, control de plagas y malezas mediante agroquímicos y cosecha mecanizada. Existen condiciones de temperaturas favorables, así como cultura de los productores para la producción y comercialización de maíz amarillo (FIRA 2007).

Análisis de la Producción Nacional

A nivel nacional los principales productores de maíz grano son Sinaloa, Jalisco y Chihuahua. El Estado de Sinaloa destaca por ser el mayor productor, debido a sus condiciones climáticas, en donde agrupa los ciclos de primavera-verano y otoño-invierno para su producción, a diferencia de los otros estados; (Cuadro 2) en el periodo 2007 a 2009 genero más de 5 millones de toneladas con respecto a los años de 2000 al 2006 donde la producción fue en aumento de 2 a 4 millones de toneladas.

El Estado de Jalisco es el segundo productor de importancia generando volúmenes de producción de 2 y más de 3 millones de toneladas de maíz. Para el caso de Chihuahua la producción solo se concentra en el ciclo primavera-verano, donde el número de toneladas producidas es menor al millón en comparación con el estado de Sinaloa y Jalisco (Cuadro 2).

Cuadro 1. Análisis de los principales estados productores de maíz grano a nivel nacional, superficie sembrada (miles de hectáreas).

Estado Año	Jalisco	Sinaloa	Chihuahua
2000	690,185	356,359	176,629
2001	683,143	376,014	261,392
2002	684,101	425,711	211,438
2003	641,349	371,678	206,964
2004	642,017	539,586	289,905
2005	611,478	530,739	239,563
2006	600,092	515,338	165,971
2007	618,688	590,715	277,568
2008	605,917	606,916	228,263
2009	606,834	566,356	217,236

Cuadro 2. Análisis de los principales productores de maíz grano a nivel nacional, producción en toneladas (miles).

Estado Año	Jalisco	Sinaloa	Chihuahua
2000	2,158,926	2,319,475	453,483
2001	2,888,963	2,650,714	657,452
2002	3,061,055	3,149,995	557,963
2003	3,122,596	2,741,316	531,684
2004	3,351,592	4,004,140	745,696
2005	2,620,010	4,192,846	671,479
2006	3,030,254	4,398,420	678,609
2007	3,251,675	5,132,809	848,566
2008	3,205,017	5,368,862	829,905
2009	2,543,056	5,236,720	974,936

Análisis de la Producción Estatal

La superficie sembrada a nivel estatal ha tenido variaciones en un periodo de diez años, registrando menor número de hectáreas destinadas para la siembra de maíz en el año 2000 y 2006. La mayor superficie fue de 289,905 has, registrado en el año 2004.

La producción en el Estado se ha incrementado del año 2007 al 2009, este último con la mayor producción de 974, 936 toneladas, con respecto al año 2000 en donde solo obtuvieron 453, 483 toneladas de maíz (Cuadro 3).

Cuadro 3. Superficie sembrada y producción para el cultivo de maíz en Chihuahua (miles de hectáreas y miles de toneladas).

Año	Superficie Sembrada	Producción en Toneladas
2000	176,629	453,483
2001	261,392	657,452
2002	211,438	557,963
2003	206,965	531,684
2004	289,905	745,695
2005	239,563	671,479
2006	165,971	678,609
2007	227,569	848,566
2008	228,264	829,905
2009	217,237	974,936

La región de Cuauhtémoc para el año 2008 generó un volumen de producción de 438,948 toneladas, y para el 2009 aumentó su producción 449,831 toneladas con respecto al año anterior como se muestra en el Cuadro 4. Otra zonas productoras importantes, es la región de guerrero que destaca por obtener volúmenes importantes de producción; esta región para el año 2008 generó 187,014 toneladas, aumentando su producción para el año 2009 en más de 200 toneladas. <http://www.chihuahua.gob.mx/atach2/sdr/uploads/File/maiz.pdf>

Cuadro 4. Producción de las regiones del Estado de Chihuahua para el cultivo de maíz (miles de toneladas).

Región/Año	2008	2009
Bocoyna	14,975	18,811
Casas grandes	63,851	42,557
Cuauhtémoc	438,948	449,831
Delicias	12,207	972
Chihuahua	3,400	7,580
Guachochi	19,268	25,668
Guerrero	187,014	293,749
Juárez	55,562	66,400
Ojinaga	5,094	40,084
Parral	29,626	29,286
TOTAL	829,899.58	974,935.69

Volumen total de producción 2009: 974,935.69 toneladas; superficie sembrada 217,237. 59 has; superficie cosechada 213,561.34 has.

Mejoramiento Genético

El mejoramiento del maíz es un proceso continuo y constante en la formación de híbridos y variedades mejorando sus características agronómicas con el uso de mejores tecnologías de producción y explotando su heterosis o vigor híbrido para su uso comercial. El conocimiento de la genética que controla los caracteres de interés económico es básico para lograr avances en un programa de mejoramiento genético (Gutiérrez *et al.*, 2002).

Para San Vicente *et al.*, (2001) el mejoramiento genético es una de las vías más rápidas y efectivas para alcanzar niveles competitivos de rendimiento.

Trifunovic *et al.* (2003) mencionan que uno de los objetivos más importantes que tienen los programas de mejoramiento genético de maíz, es el desarrollo de híbridos con excelente potencial de rendimiento y con un buen comportamiento agronómico. Teniendo como objetivo principal desarrollar nuevas y mejores líneas en forma *per se*, además de combinar bien con otras líneas.

Hibridación

Para Márquez, (1988) citado por Quemé *et al.* (1991) la hibridación en maíz se considera como un método genotécnico que tiene como objetivo principal el aprovechamiento de la generación F1 (híbrido F1) provenientes del cruzamiento entre dos poblaciones (P1 y P2) diferentes, las cuales pueden ser líneas endogámicas, variedades de polinización libre, variedades sintéticas o las poblaciones F1 mismas en el caso de las cruzas dobles.

Lobato *et al.* (2009) mencionan que el mejoramiento genético del maíz (*Zea mays* L.) por hibridación está basado en el desarrollo de líneas endogámicas y la evaluación de su aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) para obtener híbridos comerciales de alto rendimiento.

Para Márquez *et al.* (2009), la obtención de híbridos de maíz en la forma clásica: obtención de líneas de primera autofecundación (S1), prueba temprana de las líneas S1 (no siempre llevada a cabo), avance en las líneas autofecundadas, prueba de aptitud combinatoria específica (híbridos simples) y obtención de híbridos dobles o triples, se inició desde el principio de los años cincuenta del siglo XX.

Al respecto Gómez *et al.* (2008), indican que los híbridos expresan su máximo potencial genético, siempre y cuando se les proporcionen todas las condiciones favorables (control de plagas, maleza, aplicación de fertilización, y sembrar la densidad de población adecuada) del cultivo.

Vergara *et al.* (1998) mencionan que es importante considerar el uso de líneas con caracteres contrastantes y su patrón heterótico en el desarrollo de híbridos para maximizar el comportamiento de la FI. Y que por lo tanto en un programa de híbridos, es importante el requerimiento de la información de aptitud combinatoria de las fuentes de germoplasma (s) y de los progenitores derivados de ellas, además de considerar su respuesta heterótica para incrementar la eficiencia en hibridación.

Vergara *et al.* (2003) hacen mención que la selección de líneas donadoras como fuente de alelos favorables para el mejoramiento de un híbrido élite es una parte esencial en un programa de hibridación de maíz (*Zea mays* L.). Para Mendoza *et al.* (2000) señalan que los híbridos de maíz son citados a menudo como un logro significativo al esfuerzo en los programas de mejoramiento genético.

Heterosis

Al respecto Terrón *et al.* (1997) señalan que el fenómeno conocido como heterosis que se presenta principalmente en las plantas, ha permitido en el cultivo de maíz desarrollar técnicas de mejoramiento, para aprovechar la manifestación del vigor híbrido para obtener mayor rendimiento de grano, madurez más temprana, mayor resistencia a plagas, enfermedades, sequía, entre otras características de interés agronómico.

Ramírez *et al.* (2007) hacen mención que la heterosis es un fenómeno que se presenta en la mayoría de especies alógamas como el maíz (*Zea mays* L.), donde los híbridos superan a sus progenitores en uno o más caracteres entre los que sobresale el rendimiento de grano. Por tanto, los métodos de mejoramiento genético para la formación de híbridos tienen como objeto final capitalizar al máximo la heterosis entre los progenitores seleccionados.

De la Rosa *et al.* (2000) indican que los híbridos que forman las cruzas con mayor heterosis se pueden usar en un programa de mejoramiento de líneas formadoras de cruzas simples aprovechando el patrón heterótico de estos (selección gamética y pedigrí).

De León *et al.* (1999) indican que el cruzamiento de materiales con características contrastantes incluyendo adaptabilidad, proporciona altos niveles de heterosis.

Índices de Selección

El principal deber del fitomejorador vegetal, señala Xu (2003), es seleccionar las mejores plantas, aunque el criterio de lo que es mejor dependa de lo que se desea mejorar; generalmente significa la mejor calidad genética. En la actualidad existen varios métodos para el mejoramiento genético simultáneo de varios caracteres, y los tres de mayor importancia son; selección en tándem, selección simultánea de caracteres independientes e índice selección (IS).

Yáñez *et al.* (2005) mencionan que un Índice de selección es la metodología utilizada para hacer selección de manera simultánea para varias características, la cual toma en consideración además de los aspectos genéticos, la importancia económica de las características involucradas.

La selección de genotipos basada en la evaluación simultánea de dos o más caracteres se ha hecho, de acuerdo con el índice de selección desarrollado por Smith, no obstante que sus requerimientos incluyen estimaciones de las varianzas y covarianzas de los valores genotípicos y la asignación, frecuentemente subjetiva, de los pesos económicos de los valores genotípicos de los caracteres involucrados en la selección (Cerón *et al.*, 2005).

Es evidente la necesidad de métodos que, además de reducir los costos y el trabajo para construir IS, eliminen los posibles sesgos en la estimación de los coeficientes del IS introducidos por las estimaciones de las varianzas y covarianzas de los valores genotípicos y los que, muy probablemente, conllevan las determinaciones subjetivas de las ponderaciones económicas de los valores genotípicos (Lande, 1992).

Por su parte Restrepo *et al.* (2008) mencionan que un índice de selección es un método de puntaje total en el cual se desarrolla una ecuación de regresión múltiple que da valores óptimos a la importancia económica de cada característica, la heredabilidad de cada característica y a las correlaciones genéticas y fenotípicas entre las características, de manera que permite separar y ordenar genotipos con base en la evaluación simultánea de varios caracteres basándose en el valor obtenido.

Tucuch *et al.*, (2011) mencionan que los índices recomendados, en ciertos casos, no son los más eficientes, esto se debe a que es necesario aplicar la lógica y el sentido común, y que en general, la eficiencia se incrementa aumentando el número de caracteres en el índice, esto se atribuye a que al aumentar en el índice, el número de caracteres correlacionados con el carácter por mejorar, se obtendría mayor avance genético.

Interacción Genotipo x Ambiente

Al respecto Camargo *et al.* (2011) mencionan que la presencia de la interacción genotipo por ambiente, se expresa como una respuesta inconsistente de algunos genotipos, cuando son evaluados en diferentes ambientes provocando la alteración del orden de los genotipos, cuando nos movemos de un ambiente a otro.

La interacción genotipo x ambiente (G x A) hace ver la importancia del efecto ambiental en la adaptación y el comportamiento varietal. Por este motivo, los mejoradores deben disponer de una metodología para cuantificar e interpretar la interacción G x A contribuyendo así a definir regiones donde un genotipo puede ser útil. Nuevos métodos estadísticos están siendo implementados para estudiar e interpretar la interacción genotipo por ambiente en ensayos de estabilidad. Estos métodos permiten mejorar la identificación y

recomendación de nuevos híbridos con adaptación específica o amplia (Salas *et al.*, 2009).

Para Kempton, (1984); Bradley *et al.* (1988); Gauch y Zobel, 1988), citados por Córdova *et al.* (1991), indican que en un programa de mejoramiento, se necesita mucha precisión para seleccionar materiales superiores dentro de un grupo de genotipos cuyas diferencias en potencial de rendimiento son mínimas, por otra parte es necesario entender bien la interacción genotipo ambiente para poder hacer selecciones apropiadas para una región y evitar sorpresas desagradables en el futuro.

Ibáñez *et al.* (2006) mencionan que el modelo de regresión de sitios (SREG) se utiliza para el análisis de los datos provenientes de ensayos comparativos de rendimiento multiambientales, en especial cuando el ambiente (E) es la fuente de variación más importante en relación con la contribución del genotipo (G) y la interacción genotipo-ambiente (GE). Este modelo, que incluye en el termino bilineal G+GE, proporciona un análisis gráfico del comportamiento (rendimiento y estabilidad) de los genotipos denominado Biplot GGE. Este gráfico permite identificar el genotipo de mayor potencial en cada ambiente y agrupar genotipos y ambientes con patrones similares de respuesta.

Alejos *et al.* (2006) deduce que el modelo AMMI es una herramienta útil para identificar genotipos de maíces de altos rendimientos y con adaptabilidad específica y amplia, para entender la compleja interacción genotipo por ambiente existente en caracteres cuantitativos como el rendimiento de grano, lo que permite ganar precisión, mejorando el proceso de selección e incrementando la eficiencia experimental y menciona que la utilidad de las gráficas “Biplot” generan una óptima interpretación de los efectos propios del modelo, ya que con ellas es posible establecer importantes relaciones entre los efectos.

La interacción genotipo x ambiente merece gran importancia en la evaluación de cultivares desarrollados para diferentes ambientes de producción, las diferencias entre ambientes y años pueden cambiar la magnitud de la respuesta relativa de los cultivares a ambientes contrastantes. Por esta razón, es necesario la integración de los conceptos de estabilidad para definir la adaptación de cultivares (Córdova *et al.*, 1991)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Material Genético

En esta investigación el material genético utilizado estuvo constituido por 11 híbridos, de los cuales 10 son propiedad de la empresa Pioneer, 6 precomerciales experimentales y 4 utilizados como testigos y un quinto testigo propiedad de Monsanto. La genealogía de estos materiales se puede apreciar en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Genealogía de los híbridos experimentales y testigos utilizados.

Numero	Nombre	Nivel	Cruza	Procedencia
1	18C419Y	Experimental	Simple	Pioneer
2	18C418Y	Experimental	Simple	Pioneer
3	18C420Y	Experimental	Simple	Pioneer
4	18C421Y	Experimental	Simple	Pioneer
5	18A207Y	Experimental	Simple	Pioneer
6	18F447Y	Experimental	Triple	Pioneer
7	P1879	Comercial		Pioneer
8	P1894	Comercial		Pioneer
9	32T83	Comercial		Pioneer
10	31G66	Comercial		Pioneer
11	RX715	Comercial		Monsanto

Descripción de los Ambientes

Los híbridos experimentales así como los testigos fueron evaluados durante el ciclo primavera-verano del 2011, en ambientes representativos de la región maicera de Chihuahua que se localiza latitud norte 28° 25"; longitud oeste 106° 52"; con una altitud de 2,060 metros sobre el nivel del mar.

Con un clima de semi-húmedo a templado; con una temperatura media anual de 14°C y una mínima de -14.6°C. La precipitación pluvial media anual es de 439 milímetros, con humedad relativa al 65 por ciento y un promedio anual de 66 días de lluvia. Las 16 localidades y las características de estos sitios se muestran en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Ambientes de prueba y ubicación geográfica.

N°	Localidad	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altura (msnm)
1	CAMPO 6 1/2	N28.56657	W-106.91449	2000
2	CAMPO 21	N28.49498	W-106.83241	2002
3	CAMPO 14B	N28.64018	W-106.82172	2005
4	CAMPO 18	N28.54320	W-106.87547	1996
5	CAMPO 6 1/2	N28.56660	W-106.91406	2001
6	CAMPO 11	N28.74659	W-106.89249	2018
7	PEDERNALES	N28.38687	W-107.17554	2152
8	CAMPO 25	N28.45679	W-106.83183	2033
9	CAMPO 103	N28.72236	W-106.97352	2007
10	CAMPO 106	N28.78837	W-107.04233	2021
11	CAMPO 115	N28.77192	W-107.12582	2029
12	CAMPO 110	N28.77631	W-107.09510	2027
13	CAMPO 105	N28.72524	W-107.03973	2006
14	CAMPO 117	N28.79858	W-107.16583	2051
15	CAMPO 104	N28.66705	W-107.04593	2045
16	JAGUEYES	N29.27116	W-107.08312	1971

Descripción de la Parcela Experimental

La siembra se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones por tratamiento, la parcela experimental fue diferente en cada una de las 16 localidades debido al espacio y naturaleza del terreno como se puede apreciar en el Cuadro A1.

Labores de Cultivo

Siembra. Esta actividad se realizó mecánicamente, dentro de las fechas normales de cada localidad como se muestra en cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Fecha de siembra para cada una de las localidades.

N°	LOCALIDAD	FECHA DE SIEMBRA
1	Campo 6 ¹ / ₂	22/Abril/2011
2	Campo 21	28/Abril/2011
3	Campo 14b	23/Abril/2011
4	Campo 18	06/Mayo/2011
5	Campo 6 ¹ / ₂	24/Abril/2011
6	Campo 11	05/Mayo/2011
7	Pedernales	12/Mayo/2011
8	Campo 25	10/Mayo/2011
9	Campo 103	21/Abril/2011
10	Campo 106	20/Abril/2011
11	Campo 115	20/Abril/2011
12	Campo 110	28/Abril/2011
13	Campo 105	29/Abril/2011
14	Campo 117	30/Abril/2011
15	Campo 104	02/Mayo/2011
16	Jagüeyes	03/Mayo/2011

Riegos. Se aplicaron de acuerdo a las necesidades del terreno, variando en cada una de las localidades. El único riego en común fue el primero ya que este se dió antes de la siembra para la emergencia de las plantas.

Cosecha. La cosecha se realizó manualmente por parcela útil, para posteriormente determinar el peso de campo y contenido de humedad, las fechas de las cosechas por cada localidad se muestra en el Cuadro A2.

Variables Agronómicas Evaluadas

Floración Masculina (FM). Número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta cuando el 50 por ciento de las plantas por parcela experimental se encontraban liberando polen.

Floración Femenina (FF). Número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta cuando el 50 por ciento de las plantas por parcela experimental presentaron jilotes con estigmas de más de 1 cm de longitud.

Apariencia de Plantas (AP). Es la calificación que se le asigna de manera visual considerando el aspecto general de la planta, utilizando una escala de 1 a 9, donde 1 es muy malo y 9 es muy bueno.

Carbón de la Espiga (CE). Número de plantas con presencia del carbón (espiga y jilote) en relación al total de plantas presentes en cada parcela experimental.

Muerte Prematura (MP). Número de plantas totalmente secas con relación al total de las plantas presentes en cada parcela experimental.

Daño por Araña Roja (DAR). Número de plantas con presencia de daño con relación al total de las plantas presentes en cada parcela experimental.

Calificación de Mazorca (CM). Se refiere al valor asignado a la mazorca en base a su apariencia visual, conjuntando daños causados por insectos, enfermedades, tamaño, uniformidad de la misma, etc. La escala asignada fue de 1 a 9; donde 1 es muy malo, y 9 es muy bueno.

Calificación de *Fusarium* (CF). Se refiere al valor asignado a la mazorca en base a su apariencia visual, con presencia de pudrición o daño causado por esta enfermedad, utilizando un score de pudrición de mazorca de 1 a 9 donde 1 es 100 por ciento podrido y nueve es 100 por ciento sano.

Peso de campo (PC). Es el peso total del grano de mazorcas por parcela experimental con la humedad existente al momento en que se realizó la cosecha. Su valor se expresó en kilogramos (Kg).

Porcentaje de Humedad (PH). Contenido de humedad del grano al momento de cosecha por material.

Rendimiento (REN). Para estimar el rendimiento de grano en toneladas por hectárea al 14 por ciento de humedad de todos los tratamientos, se multiplicó el peso seco (PS) por el factor de conversión (FC), cuyas formulas son las siguientes:

$$PS = \frac{(100 - \%H)}{100} \times PC$$

Donde:

PS= *Peso seco*

%H= *Por ciento de humedad*

PC= *Peso de campo*

$$FC = \frac{10000 \text{ m}^2}{APU \times 0.860 \times 1000}$$

Donde:

FC = Factor de conversión para expresar el rendimiento en toneladas por hectárea de mazorca al 14 por ciento de humedad.

APU = Área de parcela útil, que es el producto de la distancia entre surcos por la Distancia del surco.

0.860 = Constante para obtener el rendimiento al 14 por ciento de humedad.

1000 = Coeficiente para obtener el rendimiento en tha-1.

10,000 m² = Valor correspondiente a la superficie de una hectárea en m².

Análisis Estadístico

Con la finalidad de conocer el comportamiento de los híbridos y de los testigos a través de los ambientes, se realizó un análisis bajo un diseño experimental de bloques completos al azar combinado a través de localidades, con la finalidad de detectar diferencias estadísticas en las fuentes de variación. El análisis se realizó para las variables: rendimiento, humedad, calificación de mazorca, carbón de la espiga, apariencia de planta, muerte prematura, floración hembra, floración macho, daño por araña roja y calificación de *fusarium*. El modelo estadístico para el análisis de varianza combinado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + R_{j(i)} + T_k + TL_{k(i)} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = valor del i-ésimo ambiente de la j-ésima repetición del k-ésimo híbrido.

μ = media general.

L_i = efecto del i-ésimo ambiente.

$R_{j(i)}$ = efecto de la j-ésima repetición dentro del i-ésimo ambiente.

T_k = efecto del k-ésimo híbrido.

$TL_{k(i)}$ = efecto del k-ésimo híbrido por el i-ésimo ambiente.

ε_{ijk} = efecto del error.

Índice de Selección

Es la metodología utilizada para identificar y seleccionar genotipos superiores de manera simultánea por varias características, la cual toma en consideración además de los aspectos genéticos, la importancia económica de las características involucradas de interés.

Para llevar a cabo la identificación y selección de los genotipos más sobresalientes considerando 3 variables agronómicas las cuales fueron: Rendimiento (REN), Humedad (HUM), y Calificación de mazorca (CM). Fue necesario integrar los valores fenotípicos de estas variables en un solo valor, llamado índice de selección siguiendo la metodología desarrollada por Barreto (1991).

La estimación del índice de selección se realizó por repetición de cada localidad. Permitiendo tomar decisiones mejor fundamentadas y orientadas a una mejor selección. La estimación del índice fue como sigue:

$$IS = \{ [(Z_i - M_i)^2 * I_i] + [(Z_j - M_j)^2 * I_j] + \dots + [(Z_n - M_n)^2 * I_n] \}^{1/2}$$

Donde:

IS=índice de selección.

Z_{i...n}= valor de la variable en unidades Z.

M_{i...n}= valor de la meta de selección también en unidades Z.

I_{i...n}= valor asignado con intensidad de selección.

Las variables que fueron integradas en la selección se encontraban con valores en unidades distintas (kilogramos, porcentajes, calificación etc.), por lo que fue necesario estandarizar cada uno de ellos y de esta forma las características pudieran combinarse mediante la fórmula siguiente:

$$z = \frac{y_j - \bar{y}}{s}$$

Donde:

Z = valor estandarizado.

y_j=valor observado para la entrada j.

ȳ= promedio de todas las entradas.

S= desviación estándar del grupo de entradas.

La **meta de selección** asignada a cada variable se refiere a las unidades de desviación estándar del promedio que se desea lograr en la selección. La meta toma valores de -3 a +3, con valor negativo la selección será para aquellos genotipos que se encuentren por debajo de la media de la población para la variable en evaluación; por el contrario, con valores positivos aquellos genotipos que se encuentren por arriba de la media de la población y para seleccionar genotipos que se encuentren cercanos al promedio se utilizan metas con valor de cero.

La **intensidad de selección** es el grado de importancia que se le asignan a cada una de las variables a ser utilizadas en la selección y toma valores de 1 a 10. Este valor es diferente para cada una de las variables, según el criterio del investigador. El valor de intensidad más pequeño (1) es asignado a la variable de menor interés y el valor más alto (10) representa la variable de mayor importancia.

El **valor estandarizado** de cada una de las variables mientras más cerca se encuentre el genotipo a la meta deseada más pequeño es el valor del IS calculado y se acerca más al genotipo con los criterios deseados y es por tanto superior ya que integra los caracteres de interés en la selección. Cuando más lejos se encuentra el genotipo de los criterios deseados, más grande es el valor del IS y es por tanto inferior.

La estimación del índice de selección se realizó por repetición siendo la intensidad de selección la única constante a través de las repeticiones. Las metas e intensidades utilizadas para cada repetición de cada localidad y para cada variable se presentan en el Cuadro A5.

Análisis de Varianza del Índice de Selección

Después de haber estimado el índice de selección (IS) por repetición para las variables agronómicas se continuó con un análisis de varianza combinado con base a los valores de los índices de selección por híbrido calculado en 11 localidades. La finalidad de determinar diferencias estadísticas en las localidades, híbridos, así como híbridos por localidad. Empleando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + R_{j(i)} + T_k + TL_{k(i)} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = valor del IS del i-ésimo ambiente de la j-ésima repetición del k-ésimo híbrido.

μ = media general.

L_i = efecto del i-ésimo ambiente.

$R_{j(i)}$ = efecto de la j-ésima repetición dentro del i-ésimo ambiente.

T_k = efecto del k-ésimo híbrido.

$TL_{k(i)}$ = efecto del k-ésimo híbrido por el i-ésimo ambiente.

ε_{ijk} = efecto del error.

Análisis de la Interacción Genotipo x Ambiente (IGA)

El primer modelo utilizado el de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (**AMMI**) para la respuesta a la interacción genotipo x ambiente de 11 híbridos y 11 localidades. En base al siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ij} = \mu_j + g_i + e_j \sum_{k=1}^n \lambda_k a_{ik} Y_{jk} + R_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = rendimiento del i-esimo genotipo en el j-esimo ambiente.

μ_j = media en la localidad j.

g_i = efecto del i-esimo genotipo.

e_j = efecto del j-esimo ambiente.

n = número de componentes principales.

λ_k = raíz cuadrada del vector característico del k-esimo eje del ACP.

a_{ik} = calificación del ACP para el k-esimo eje del i-esimo híbrido.

Y_{JK} = calificación del ACP para el k-esimo eje de la j-esima localidad.

R_{ij} = residual del modelo.

Si la fuente de variación híbridos por localidad resulta significativa se realizara un análisis para el modelo de regresión en sitios (**SREG**) para modelar la IGA que es una extensión del modelo de AMMI, con el objetivo de conocer el comportamiento de cada uno de los genotipos en los ambientes de evaluación y para el estudio de la interacción mas el genotipo. El modelo estadístico utilizado es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_j + \sum_{k=1}^p \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Es la respuesta media de un genotipo i en un ambiente j.

μ_j : Media del ambiente j para todos los genotipos y en este modelo se estima por medio de $\hat{\mu}_j = \bar{Y}_{\cdot j}$

λ_k : Es el valor propio del eje k de componentes principales.

γ_{ik} : Son los vectores propios unitarios genotípicos asociados a λ_k .

α_{jk} : Son los vectores propios unitarios ambientales asociados a λ_k .

ε_{ij} : Error del genotipo i en el ambiente j.

p : Número de ejes de componentes principales considerados en el modelo SREG.

Criterios de Selección

Para identificar y seleccionar los mejores híbridos, se consideró el índice de selección, considerando aquellos híbridos que mostraron un valor en el IS más bajo, tomando en cuenta que mientras más cerca se encuentre el genotipo a la meta deseada más pequeño es el valor del IS y cuando más lejos se encuentre el genotipo de los criterios deseados, más grande es el valor del IS. El genotipo que obtenga el valor de IS más pequeño es considerado como superior, ya que reúne la mayoría de los caracteres requeridos en la selección.

La interacción genotipo X ambiente (IGA) es otro punto importante que debe de ser tomado en la etapa final del mejoramiento genético de híbridos , para que se realice la selección de aquel genotipo que sea estable entre los diferentes ambientes donde es evaluado, presentando un amplio rango de adaptación y además que presente un buen comportamiento. Para esto se utilizó los gráficos “biplot” obtenidos de los modelos “efectos principales aditivos y la interacción multiplicativa” (AMMI o gráfica GE) y el de “regresión en los sitios” (SREG o gráfica GGE).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de los objetivos y comprobar las hipótesis de esta investigación, en este capítulo se discutirán a detalle los análisis obtenidos del estudio de 11 híbridos evaluados en 16 ambientes, se abordará de manera especial el análisis de varianza por localidad para la identificación de un ambiente de prueba ideal con mayor poder de discriminación por variable; se hará énfasis en los atributos particulares de cada híbrido a través de los ambientes y se abordara la selección de los híbridos con base al índice de selección.

Finalmente se presenta y discute la selección de los híbridos más estables con buen comportamiento en los ambientes de evaluación a través de los modelos AMMI y SREG o GGE.

El primer paso se dió al realizar los análisis de varianza, para localidades de evaluación, híbridos y la interacción entre ambos como se muestra en el Cuadro 4.1.

Análisis de Varianza, para Localidades de Evaluación, Híbridos y la Interacción entre Ambos.

En el Cuadro 4.1 se puede apreciar que la fuente de variación localidades mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) y altamente significativas ($P \leq 0.01$) para todas las variables evaluadas, lo que se traduce que entre localidades hubo variación, considerando que las condiciones ambientales influyen mucho en esta situación. Estas diferencias son de gran importancia ya que permiten conocer mejor el comportamiento de los híbridos, aumentando la efectividad de la selección, y permite detectar los ambientes favorables para evaluar alguna variable en particular, como se aprecia en el Cuadro 4.3.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para diez variables agronómicas tomadas de 11 híbridos evaluados en 16 ambientes durante el 2011 en la región maicera del Estado de Chihuahua.

FV	GL	REN (t ha ⁻¹)	HUM (%)	GL	CM (1-9)	GL	CE (ptas)	GL	AP (1-9)	GL	MP (ptas)	FF (días)	FM (días)	GL	DAR (ptas)	CF (1-9)
LOCALIDADES (L)	15	255.38 **	133.68 **	10	7.60 **	5	5.79 **	4	11.82 **	1	2800.02 **	13.29 *	72.08 **	0		
BLOQUES/ L	16	4.36 **	0.92	11	1.57 **	6	0.68	5	0.87	2	62.02	0.95	0.91	1	0.05	2.22 *
HIBRIDOS (H)	10	19.58 **	36.91 **	10	3.44 **	10	9.90 **	10	8.92 **	10	499.26 **	64.61 **	44.88 **	10	2.82 *	2.74 **
HIBRIDOS EXPERIMENTALES (HE)	5	3.83 **	2.95 **	5	2.08 **	5	1.51 **	5	1.53 **	5	46.98	20.04 **	13.21 **	5	1.93	1.68 **
TESTIGOS DE LA EMPRESA (TE)	3	33.66 **	25.45 **	3	2.86 **	3	25.90 **	3	17.63 **	3	871.08 **	141.85 **	56.21 **	3	4.45 *	4.45 *
E vs T	1	74.59 **	57.59 **	1	2.61	1	13.18 **	1	28.00 **	1	2120.38 **	50.02	93.57 **	1	5.09	4.00
TE vs TC	1	10.78 *	277.72 **	1	15.28 **	1	1.20	1	3.38	1	708.05 *	115.84 *	204.32 **	1	2.03	0.03
LOC * HIBRIDOS	150	2.38 **	2.55 **	100	1.13 **	50	1.74 **	40	0.77 *	10	2.42 **	8.88 **	5.39 *	0		
LOC X HE	75	1.19	1.10 **	50	0.61	25	0.68 *	20	0.55	5	55.04	12.55 *	8.66 **			
LOC X TE	45	4.38 **	3.32 **	30	1.33 **	15	3.09 *	12	1.15 *	3	291.50 *	5.43	3.30			
EE	160	1.04	0.61	110	0.53	60	0.67	50	0.39	20	31.67	2.07	1.65	10	0.65	0.33
C.V		7.60	5.08		11.77		114.53		10.20		51.91	1.01	0.89		18.61	9.46
MEDIA GENERAL		13.41	15.39		6.18		0.71		6.15		10.84	142.69	144.83		4.32	6.05
MEDIA EXPERIMENTAL		13.80	15.36		6.16		0.43		6.58		5.63	142.98	145.27		4.67	5.58
MEDIA TEST. DE LA EMPRESA		13.07	16.08		6.39		0.98		5.75		14.13	143.54	145.91		4.13	6.63
MEDIA TEST. COMERCIAL		12.42	15.36		5.45		1.33		5.10		29.00	137.52	137.92		3.00	6.50

*y** significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad; FV = Fuentes de Variación; GL = Grados de Libertad; CM = Cuadrados Medios; REN= Rendimiento de Grano; HUM= % de Humedad; CM= Calificación de Mazorca; CE= Carbón de la Espiga; AP= Apariencia de Planta; MP= Muerte prematura; FF= floración femenina; FM= floración masculina; DAR= Daño por araña roja; CF= Calificación de *fusarium*, HE = Híbridos Experimentales; TE= Testigo de la Empresa; TC= Testigo Comercial.

Al respecto Blanche y Miers (2006) mencionan que la identificación de un ambiente de prueba ideal en base a la habilidad de discriminación y la representatividad, implica hacer selección sobre los sitios que podrían tener la más alta probabilidad de representar realmente genotipos superiores que desempeñen bien en todas las localidades de la región. Mayores beneficios para los mejoradores podrían incluir el incremento de la eficiencia de selección en localidades discriminantes y suspender el uso de localidades de pobre discriminación.

La fuente de variación bloques dentro de localidades (Cuadro 4.1) presentó diferencias ($P \leq 0.01$) para las variables rendimiento y calificación de mazorca y al ($P \leq 0.05$) para calificación de *fusarium*, esto indica que existen diferencias del comportamiento entre los bloques por lo que se considera que el diseño fue eficaz al minimizar la varianza del error, siguiendo a lo establecido por Little y Jackson (1989) quienes indican que uno de los objetivos del diseño de bloques completos al azar consiste en mantener la variabilidad entre unidades experimentales dentro de un bloque, y maximizar la diferencia entre bloques.

La fuente de variación híbridos, en la cual se incluyeron los híbridos experimentales y los testigos, presentó diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para todas las variables, lo cual indica una extensa variabilidad genética que presenta el grupo de híbridos de maíz templado, otra causa de variación puede atribuirse a la constitución genética propia de cada uno de los híbridos evaluados, esto ha permitido al mejorador de la empresa Pioneer seleccionar a los mejores individuos.

La fuente de variación híbridos experimentales (Cuadro 4.1) detectó diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para la mayoría de las variables, menos para muerte prematura y daño por araña roja, esta variabilidad genética permitirá seleccionar a los híbridos que cumplan con las características y los objetivos que el fitomejorador desee para obtener híbridos superiores a los comerciales con los que cuenta la empresa, como se detalla en cuadro 4.2 el resumen del comportamiento estadístico a través de ambientes de los 11 híbridos por variable evaluadas en base a DMH de TUKEY.

La fuente de variación testigos también mostró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para la mayoría de las variables, para daño por araña roja y calificación de *fusarium* diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

El contraste de Híbridos Experimentales vs Testigos, presentó diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) para la mayoría de las variables, excepto para calificación de mazorca, floración femenina, daño por araña roja y calificación de *fusarium*, considerando las medias (Cuadro 4.1) se encontró que para las variables rendimiento, humedad, carbón de la espiga, apariencia de planta, muerte prematura, los híbridos experimentales son mejores, y para las variables calificación de mazorca, daño por araña roja y calificación de *fusarium* son los testigos.

La fuente de variación híbrido por localidad manifestó diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$) en las variables rendimiento, humedad, calificación de mazorca, carbón de la espiga, muerte prematura y floración femenina, y un nivel de significancia ($P \leq 0.05$) en apariencia de planta y floración masculina, lo cual expresa que estos materiales tienen un comportamiento diferente entre localidades.

Aguiluz *et al.* (1998) encontró diferencias estadísticas entre localidades y genotipos. En donde menciona que la alta significancia de la interacción localidad por tratamientos (GXA) indica que los híbridos fueron influenciados de manera diferente en los distintos ambientes evaluados.

La fuente de variación localidad por híbridos experimentales mostró diferencias significativas solo para algunas variables evaluadas, esta variación refleja que estos híbridos cambian de comportamiento a través de las localidades lo que indica que son inestables, y a la vez se dificulta su selección ya que se busca los híbridos más estables.

La fuente de variación localidad por testigos mostró diferencias significativas para la mayoría de las variables evaluadas, pero no siendo así en floración femenina y masculina, mostrando la importancia de generar híbridos nuevos y más estables que sustituyan a los que están en el mercado.

En el Cuadro 4.2 se muestra el comportamiento de los híbridos evaluados a través de localidades para 10 características.

Cuadro 4.2. Resumen del comportamiento estadístico a través de ambientes de los 11 híbridos por variable evaluadas en base a DMH de TUKEY.

VARIABLES	HÍBRIDO	4	7	5	6	2	9	3	1	8	11	10
REN	PROMEDIO	14.1	14.1	14.0	14.0	14.0	13.5	13.4	13.3	13.1	12.4	11.7
	AT	A	A	A	A	A	BA	BA	BA	BC	DC	D
HUM	HÍBRIDO	10	8	4	7	5	1	9	3	6	2	11
	PROMEDIO	17.3	16.2	15.8	15.5	15.5	15.5	15.4	15.4	15.3	14.8	12.8
	AT	A	B	CB	CD	CD	CD	CD	CD	CD	D	E
CM	HÍBRIDO	9	4	3	8	2	10	5	7	1	6	11
	PROMEDIO	6.9	6.5	6.5	6.4	6.3	6.3	6.0	6.0	5.9	5.8	5.5
	AT	A	BA	BA	BA	BA	BA	BC	BC	BC	BC	C
CE	HÍBRIDO	10	11	3	1	4	8	2	9	6	7	5
	PROMEDIO	3.2	1.3	0.9	0.8	0.5	0.5	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0
	AT	A	B	CB	CB	CB	CB	CB	C	C	C	C
AP	HÍBRIDO	5	7	4	6	9	2	3	1	8	11	10
	PROMEDIO	7	7	6.9	6.7	6.7	6.5	6.5	5.9	5.1	5.1	4.2
	AT	A	A	A	BA	BA	BA	BA	BC	DC	DC	D
MP	HÍBRIDO	8	11	9	1	2	10	5	6	3	7	4
	PROMEDIO	35.3	29.0	12.8	10.5	8.5	6.5	6.0	4.5	2.8	2.0	1.5
	AT	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B
FF	HÍBRIDO	10	8	5	4	6	1	7	3	2	11	9
	PROMEDIO	150.1	146.4	145.9	144.8	143.8	142.2	141.2	140.5	140.5	137.5	136.4
	AT	A	BA	BC	BCD	BECD	ECD	ED	EF	EF	GF	G
FM	HÍBRIDO	10	5	8	6	4	7	1	3	2	9	11
	PROMEDIO	150.1	147.5	147.5	146.4	146.4	144.8	144.8	143.7	142.8	141.3	137.9
	AT	A	BA	BA	BC	BC	BCD	BCD	ECD	ED	E	F
DAR	HÍBRIDO	4	3	10	6	9	7	5	1	2	11	8
	PROMEDIO	6	5.5	5.5	5	4.5	4.5	4	4	3.5	3	2
	AT	A	A	A	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	B
CF	HÍBRIDO	8	9	10	11	2	4	3	1	5	6	7
	PROMEDIO	8	7	7	6.5	6.5	6.5	6	5.5	4.5	4.5	4.5
	AT	A	BA	BA	BAC	BAC	BAC	BAC	BC	C	C	C

DMH: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; AT= Agrupamiento de Tukey; REN= Rendimiento de Grano; HUM= % de Humedad; CM= Calificación de Mazorca; CE= Carbón de la Espiga; AP= Apariencia de Planta; MP= Muerte prematura; FF= floración femenina; FM= floración masculina; DAR= Daño por araña roja; CF= Calificación de *fusarium*.

Los híbridos 4, 7, 5, 6, y 2 son los de mayor potencial de rendimiento, de los cuales 4 son precomerciales, el 7 es comercial, éste último muestra resistencia al carbón de la espiga, buena apariencia de planta y menor incidencia de muerte prematura.

El híbrido 2 combina el rendimiento con la precocidad y calidad de grano, el híbrido 5 asociado al rendimiento, exhibe resistencia al carbón de la espiga, y una buena apariencia de planta, siendo el mejor en estas dos últimas variables, el híbrido 6 combina el rendimiento con la precocidad y la resistencia al carbón de la espiga, y el híbrido 4 combina el rendimiento con menor muerte prematura, siendo el mejor para esta última variable, esto refleja la habilidad que ha tenido el fitomejorador en seleccionar individuos, contribuyendo a la gran competitividad que tiene la empresa Pioneer.

Análisis de Varianza Individual por Localidad

Una estrategia importante en la selección de genotipos depende de la caracterización que haga el ambiente. Para facilitar la identificación de localidades que mejor discriminen a los genotipos es tomando como base aquellas que logran formar mayor número de grupos estadísticos, como se detalla en el Cuadro 4.3 el comportamiento de la capacidad discriminativa de cada una de las localidades para las 10 variables evaluadas.

Cuadro 4.3. Análisis de varianza por localidad para diez variables agronómicas tomadas de 11 híbridos evaluados durante el 2011 en la región maicera del Estado de Chihuahua.

VAR		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16
REN	CM	6.47**	4.66*	2.81*	1.26	1.99**	1.80*	4.36**	0.58	7.16**	1.51	11.59**	1.33	1.11	5.42**	1.46	1.80
	MEDIA	14.87	15.05	17.05	7.96	15.63	11.80	13.53	5.40	15.51	15.54	18.48	11.35	13.40	9.83	14.72	14.49
	NGE	3	1	2	1	2	2	3	1	2	1	2	1	1	4	1	1
HUM	CM	8.44**	5.87**	2.79**	2.52*	2.58	5.05**	23.60**	1.006*	3.47**	2.81	1.59*	1.74**	4.85**	3.21**	3.60**	2.03**
	MEDIA	16.27	15.92	14.49	15.70	15.04	15.34	21.73	8.90	15.64	16.30	16.36	14.80	15.10	16.18	14.94	13.47
	NGE	2	3	4	2	1	2	4	1	2	1	2	4	3	3	3	4
CM	CM	2.84**	1.23*				1.68**		0.98	1.61		0.65	0.54	0.88	2.80**	0.71	0.85
	MEDIA	5.95	6.23				6.41		5.59	5.86		6.55	7.23	6.91	5.14	6.14	5.95
	NGE	3	2				2		1	1		1	1	1	3	1	1
CE	CM	9.52**	4.00**	0.54						2.20**	0.13	2.2					
	MEDIA	1.32	1.36	0.27						0.64	0.18	0.50					
	NGE	2	3	1						2	1	1					
AP	CM	3.80**	1.48*	2.02**						3.18**	1.53*						
	MEDIA	5.14	5.59	6.68						6.59	6.73						
	NGE	3	1	2						4	1						
MP	CM	704.72**	37.50**														
	MEDIA	18.82	2.86														
	NGE	2	2														
FF	CM	42.45**								31.04**							
	MEDIA	143.23								142.14							
	NGE	5								5							
FM	CM	27.33**								22.95**							
	MEDIA	146.11								143.55							
	NGE	5								5							
DAR	CM	2.82*															
	MEDIA	4.32															
	NGE	2															
CF	CM			2.74**													
	MEDIA			6.05													
	NGE			3													

*y** significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad; VAR= Variable; L= Localidad; CM= Cuadrados medios; NGE=Numero de grupos estadístico; REN= Rendimiento de Grano; HUM= % de humedad; CM= Calificación de Mazorca; CE= Carbón de la Espiga; AP= Apariencia de Planta; MP= Muerte prematura; FF= floración femenina; FM= floración masculina; DAR= Daño por araña roja; CF= Calificación de *fusarium*.

El Cuadro 4.3 muestra que la localidad 14, sobresale en capacidad discriminativa para las variables (rendimiento, humedad y calificación de mazorca) siendo la mejor para beneficio del fitomejorador ya que incrementa la eficiencia de selección para las variables referidas.

Camargo *et al.* (2011) señalan que la separación de las localidades respecto a la capacidad discriminativa y representatividad provee información útil sobre la efectividad de las localidades para el desarrollo y selección de germoplasma y/o recomendar cultivares con adaptación amplia o específica, ya que en ocasiones los mejoradores suelen tener algún tipo de restricción como limitaciones de recursos financieros, baja disponibilidad de semilla, etc.

Los ambientes ideales para selección, de la variable rendimiento por presentar mayor número de grupos estadísticos, son las localidades 1 y 7, en cuanto al rendimiento de los híbridos no fueron muy favorables, resultan ambientes estratégicos de selección para el mejorador para esta variable.

Córdova *et al.* (1989) mencionan que una evaluación realista del comportamiento de cultivares adaptados a ambientes pobres y ricos, debe involucrar localidades cuya magnitud de la incidencia de factores adversos bióticos y abióticos contribuya a reducir la producción.

Para la variable humedad, las localidades 3, 7, 12, 16, 2, 13,14 y 15, siguiendo en el orden antes mencionado son los que originaron mayor variación entre los genotipos, lo cual traerá grandes beneficios al mejorador incrementando las posibilidades de seleccionar a los mejores individuos y de evitar seguir haciendo evaluaciones en localidades de pobre discriminación, ahorrando tiempo y costos.

Las localidades 1 y 14 son los ambientes más sensibles en formar mayor número de grupos estadísticos para la variable calificación de mazorca que se ha convertido en un carácter de suma importancia, para los fitomejoradores al asociar la calidad de grano y el rendimiento para satisfacer las necesidades de los agricultores, y las variaciones encontradas en estas áreas permitirán seleccionar los mejores híbridos para este carácter.

Para la variable carbón de la espiga es la localidad 2, la que exhibió mayor variación, importante para seleccionar los híbridos más prometedores para resistencia a esta enfermedad.

Para la variable apariencia de planta son las localidades 9 y 1 las que formaron mayor número de grupos, mostrando diferencias entre ellos, facilitando al mejorador de tener más opciones de seleccionar a los mejores individuos.

Para la variable muerte prematura, por presentar sensibilidad se evaluó solo en dos localidades 1 y 2, encontrando que estos ambientes tienen un poder de discriminación bajo, factor que impide tener una buena selección.

El ambiente que tiene el mejor nivel de discriminación en los genotipos para las variables floración femenina y masculina, es la localidad 9, es uno de los dos ambientes en que se evaluó por ser los más sensibles a esta característica.

Para la variable calificación de *fusarium*, solo se evaluó en el ambiente 3, debido a la sensibilidad que presenta, reflejando ser un ambiente con gran poder para discriminar, que permitirá la selección de híbridos resistentes a esta enfermedad.

Análisis de Varianza para los Índices de Selección

El haber encontrado diferencias estadísticas entre los híbridos para la mayoría de las características evaluadas, hace que se dificulté la selección de los híbridos. Para transformar esta dificultad en facilidad se utilizó la metodología de selección basada en índices (IS) propuesto por Barreto *et al.* (1991) donde se integraron 3 características agronómicas (rendimiento, humedad y calificación de mazorca) y se estimaron para cada híbrido por repetición, lo que permitió que el IS se considerara como variable de respuesta y poder analizarla, los resultados de dicho análisis se resume en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado con base a los valores de los índices de selección (integrado por el rendimiento, humedad a la cosecha y el aspecto de mazorca) por híbrido a través de 11 localidades.

FV	GL	INDICE
LOCALIDADES (L)	10	43.12**
BLOQUES/ L	11	3.51
HIBRIDOS (H)	10	67.33**
HIBRIDOS EXPERIMENTALES (HE)	5	16.11*
TESTIGOS DE LA EMPRESA (TE)	3	142.00**
HE vs TE,TC	1	109.91**
TE vs TC	1	2.30
LOC * HIBRIDOS	100	9.56**
LOC X HE	50	5.62
LOC X TE	30	12.95*
EE	110	5.89
C.V		28.33
MEDIA GENERAL		8.57
MEDIA EXPERIMENTAL		7.81
MEDIA TEST. DE LA EMPRESA		9.54
MEDIA TEST. COMPETENCIA		9.18

*y** significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad; FV = Fuentes de Variación; GL = Grados de Libertad; CM = Cuadrados Medios; HE = Híbridos Experimentales; TE= Testigo de la Empresa; TC= Testigo Comercial.

La fuente localidades mostró diferencias significativas ($P \leq 0.01$), lo que significa que entre localidades existe estadísticamente variación para la expresión de este parámetro.

Al observar que la fuente híbridos fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.01$), como era de esperarse ya que las tres variables integradoras del índice fueron por separado de diferente comportamiento estadístico, este efecto se dividió, en híbridos experimentales, testigos de la empresa y testigo comercial, con el objetivo de medir la variación de cada uno de ellos.

En la fuente de variación híbridos experimentales se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$), atribuible al fondo genético de los híbridos, la cual es importante para el fitomejorador, ya que el éxito de nuevos híbridos depende de la variabilidad presente.

La variable testigos de la empresa mostró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para la variable índice, indicando que al menos un híbrido es superior.

El contraste de Híbridos Experimentales vs Testigos, presentó diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$), considerando las medias se encontró que los híbridos experimentales son los más prometedores, ya que presentaron la media más baja (Cuadro 4.4) para el valor de IS que los testigos, reflejando que al menos uno estos híbridos será el indicado con las características que busca el mejorador.

La fuente de variación híbrido por localidad presentó diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$) para la variable índice, lo cual indica que los híbridos mostraron un comportamiento diferente en los ambientes de evaluación para los caracteres integrados en el índice de selección esto lleva a emplear herramientas más específicas para el estudio de este efecto.

Por otro lado al particionar la interacción híbridos por localidades, se observó que la fuente de variación testigos por localidad mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$), lo cual refleja que aunque los testigos son híbridos seleccionados con anterioridad por el programa de mejoramiento, estos no presentan estabilidad, debido a que los valores de los índices de los híbridos mostraron diferente comportamiento en cada una de las localidades.

Para facilitar la selección e identificación de los híbridos superiores con mejor comportamiento en base al IS y tener una mejor apreciación, de la variación entre estos híbridos, se realizaron tres agrupamientos estadísticos en base DMH de TUKEY, como se muestra en los cuadros siguientes (4.5, 4.6 y 4.7).

Cuadro 4.5. Agrupamiento estadístico de 11 híbridos en base a los valores de índice de selección en base DMH de Tukey.

HÍBRIDOS	MEDIA	AT
10	13.0255	A
8	9.3884	B
1	9.3025	C B
11	9.18	C B D
7	8.7872	C B D
5	8.0509	C B D
6	7.8747	C B D
4	7.5938	C B D
3	7.2636	C B D
9	6.9662	C D
2	6.7971	D

AT= Agrupamiento estadístico; DMH: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 4.5 se muestra el comportamiento de los híbridos evaluados a través de localidades para 3 características integradas en el índice de selección.

El híbrido superior a todos mostrando el valor más pequeño de índice, de acuerdo a los criterios establecidos para la selección, es el 2, siendo un híbrido experimental, seguido de los híbridos 9, 3, 4, 6, 5, 7 y 11, indicando que el primero combina muy bien el rendimiento con la precocidad y la calidad de mazorca, las cuales son variables que tienen mucha aceptación por los productores.

En el Cuadro 4.5 se muestra la superioridad que tienen los híbridos experimentales al asociar el rendimiento con la precocidad y la calidad de grano contra los testigos, esto refleja el gran trabajo que el mejorador ha hecho en su programa al seleccionar a los mejores individuos.

Cuadro 4.6. Agrupamiento estadístico de 6 híbridos experimentales en base a los valores de índice selección en base DMH de Tukey.

HÍBRIDOS	MEDIA	AT
1	9.3025	A
5	8.0509	BA
6	7.8747	BA
4	7.5938	BA
3	7.2636	BA
2	6.7971	B

AT= Agrupamiento estadístico; DMH: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Entre los híbridos experimentales el mejor híbrido es el 2, considerando que los objetivos de la compañía es estar originando nuevos híbridos con atributos superiores a los que se encuentran en el mercado, esto refleja que al menos uno de estos cumple con esa meta, y al ser superior al testigo comercial indica la gran competitividad que tiene la empresa Pioneer en el mercado de Chihuahua.

Cuadro 4.7. Agrupamiento estadístico de 4 testigos de la empresa en base a los valores de índice selección en base DMH de Tukey.

HÍBRIDOS	MEDIA	AT
10	13.0255	A
8	9.3884	B
7	8.7872	CB
9	6.9662	C

AT= Agrupamiento estadístico; DMH: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Entre los testigos el mejor híbrido es el 9, esto refleja la habilidad del mejorador seleccionando y mejorando nuevos individuos, que los que ya existen en el mercado, observándose que dentro de los experimentales uno supera a todos los testigos, y dentro de estos el mejor híbrido que la empresa Pioneer tiene en el mercado de Chihuahua.

Análisis de Varianza Individual por Localidad para los Índices de Selección

Un punto importante que hay que considerar en la selección de genotipos superiores es la caracterización ambiental, para facilitar la identificación de localidades que mejor discriminaron a los genotipos en base al IS, tomando como base aquellas que logran formar mayor número de grupos estadísticos, se realizó un análisis de varianza por localidad como se detalla en el Cuadro 4.8. Esto permitirá obtener información importante para eficientar la selección.

Cuadro 4.8. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para 11 localidades con base a los valores de los índices de selección por híbrido calculado.

LOCALIDAD	INDICE		
	NGE	CM	PROMEDIO
1	5	32.2988634**	7.602855
2	1	8.67192463	9.931605
6	1	6.87552054	10.68992
8	1	13.1574578	8.418323
9	2	19.9555601*	7.064236
11	2	21.6797753*	7.590977
12	1	17.2116268	6.938577
13	1	9.37428853	7.644986
14	3	10.8803917**	9.781205
15	1	10.3677584	8.045314
16	2	12.5008967*	10.52187

*y** significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad; CM = Cuadrados Medios; NGE= Numero de grupos estadísticos.

Los mejores ambientes que discrimino mejor a los genotipos para selección de la variable índice por presentar mayor número de grupos estadísticos, son la localidad 1 seguida de la 14, resultando ser dos ambientes estratégicos, permitiendo al mejorador seleccionar híbridos con tres características a la vez.

Exploración de Estabilidad Mediante el Modelo de AMMI

El estudio de interacción genotipo x ambiente merece atención en la evaluación de híbridos desarrollados para diferentes ambientes de producción. En la figura 4.1 se representa la respuesta a la interacción mediante el modelo de AMMI, donde los componentes 1 y 2 captaron un 61.468 de la variación de interacción genotipo por ambiente.

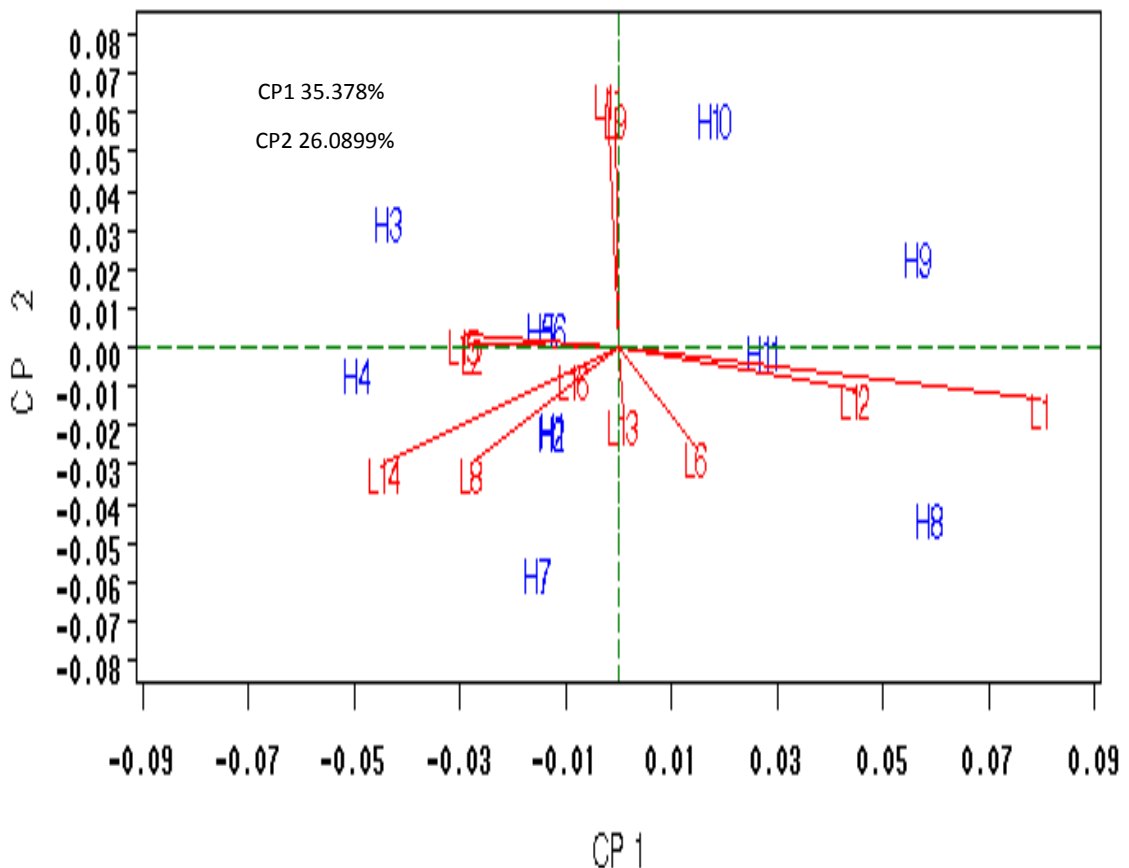


Figura 4.1 Biplot del modelo AMMI para la interpretación de los patrones de respuesta de la interacción genotipo x ambiente de 11 híbridos y 11 localidades. CP1 Y CP2= Primer y segundo componente principal. H1=18C419Y; H2=18C418Y; H3=18C420Y; H4=18C421Y; H5=18A207Y; H6=18F447Y; H7=P1879; H8=P1894; H9=32T83; H10=31G66; H11=RX715; L1=campo 6 1/2; L2=campo 21; L6=campo 11; L8=campo 25; L9=campo 103; L11=campo 115; L12=campo 110; L13=campo 105; L14=campo 117; L15=campo 104; L16=jagüeyes .

Los ambientes se clasificaron en tres mega-ambientes, el primero formado por las localidades 1, 12, 6 y 13, el siguiente formado por las localidades 8,16, 14, 15 y 2, el tercero por las localidades 9 y 11. Esto sugiere que la selección sería más exitosa al realizarla dentro de mega-ambientes que a través de todos los ambientes. Esta clasificación se hace tomando en cuenta lo expresado por (Zobel *et al.*, 1988).

Considerando lo mencionado por estos mismos autores las localidades que muestran interacción cruzada son las que forman un ángulo cercano a los 180° y en este caso las localidades 1, 12, 6 y 13 tienen interacción cruzada con las localidades 16, 8, 14, 15, y 2; que ordena de una manera muy diferente a los genotipos bajo prueba anulando las diferencias y sesgando la selección cuando este se hace a través de estos ambientes, cosa similar sucede con las localidades 11 y 9 tienen interacción cruzada con las localidad 13.

En cuanto a la asociación genotipos con localidades esos autores mencionan que entre más cerca este un genotipo a un ambiente en el grafico este muestra un buen desempeño en ese lugar, así se tiene que el genotipo 11 tiene una alta asociación con la localidad 1 y 12; los genotipos 1 y 2 están muy asociados con las localidades 8, 16 y 14 y por último los genotipos 5 y 6 muestran una asociación con las localidades 2 y 15.

Yan *et al.* (2000) mencionan que los genotipos más cercanos al origen son los más estables, y al alejarse de éste, su comportamiento es más variable. Los genotipos más estables son los genotipos 5 seguido de 6, 2 y 1 y en tanto que los genotipos más inestables son 8, 9, 10, 7, 4 y 3.

Estudio de los Patrones de Respuesta del Índice de Selección Mediante el Modelo SREG o GGE.

Para analizar el comportamiento de adaptación de los genotipos en los ambientes de evaluación se empleo la grafica SREG, en la cual se forma un polígono, este gráfico permite identificar el genotipo de mayor potencial en cada ambiente y agrupar genotipos y ambientes con patrones similares de respuesta, tiene la capacidad de eliminar del análisis el efecto ambiental y es el modelo que mejor se ajusta para el estudio de los efectos de la interacción más el genotipo.

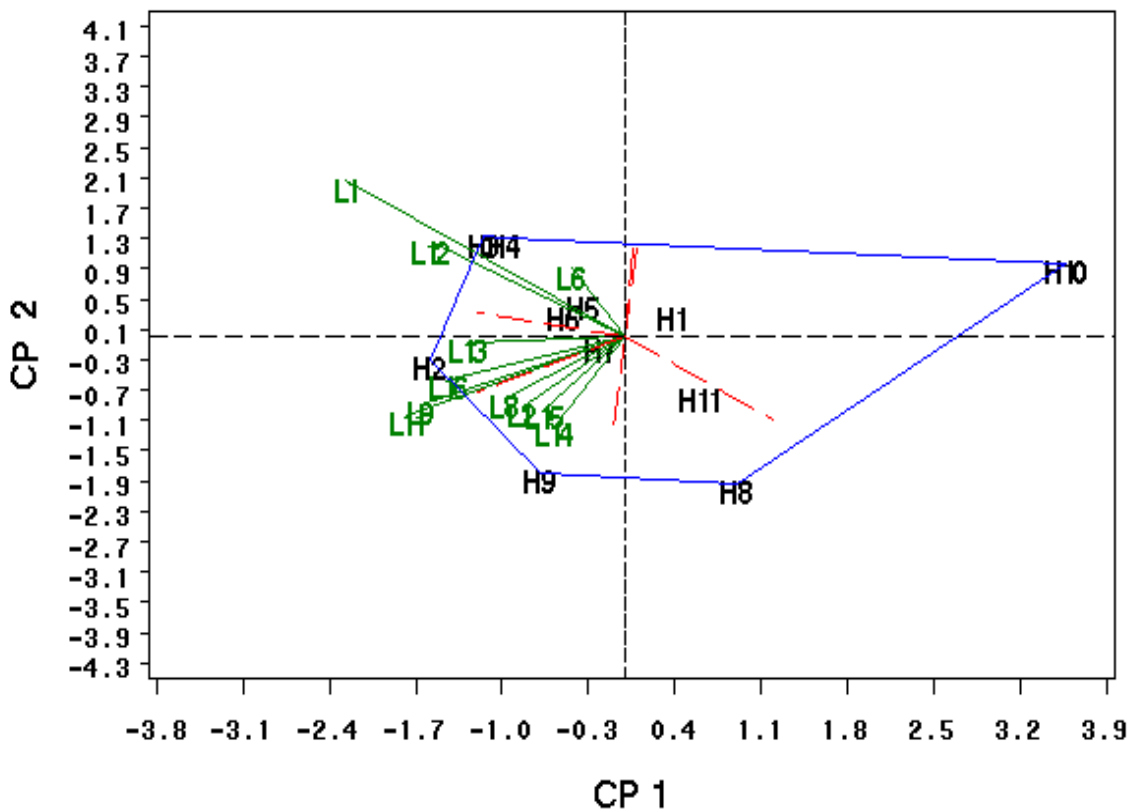


Figura 4.2 Biplot GGE de 11 híbridos y 11 localidades. CP1 Y CP2= Primer y segundo componente principal. H1=18C419Y; H2=18C418Y; H3=18C420Y; H4=18C421Y; H5=18A207Y; H6=18F447Y; H7=P1879; H8=P1894; H9=32T83; H10=31G66; H11=RX715; L1=campo 6 1/2; L2= campo 21; L6=campo 11; L8=campo 25; L9=campo 103; L11=campo 115; L12=campo 110; L13=campo 105; L14=campo 117; L15=campo 104; L16=jagüeyes .

De acuerdo con lo establecido por Yan *et al.* (2000), al graficar las puntuaciones de ambos ejes principales (CP1 y CP2), se forma un polígono con los híbridos que quedan en la parte externa de la figura, localizados en los vértices son considerados los mejores e inferiores dependiendo de su ubicación.

En el gráfico se observa que el polígono se encuentra dividido en cinco sectores, y muestra los híbridos que mejor se comportaron en cada uno de los sectores ambientales, de acuerdo a la ubicación en la que se encuentren dentro de cada sector, por lo tanto el sector donde se ubican las localidades 13, 16, 9 y 11 el híbrido que mejor comportamiento tiene es el 2, otro sector donde se encuentran las localidades 8, 2, 15 y 14 el híbrido que mejor comportamiento mostró es el 9.

En el sector donde se ubican las localidades 6, 12 y 1 los híbridos 3 y 4 tuvieron el mejor comportamiento.

Los híbridos 10, 1, 11 y 8 son los que presentaron índices de mayor valor por esta razón no se ubican en un sector.

La longitud del vector de las localidades es una medida de su capacidad de discriminar. A mayor longitud del vector más alta es la capacidad de discriminar Camargo *et al.* (2011), por lo tanto los ambientes que mejor discriminaron a los genotipos en los diferentes sectores fueron las localidades 1, 12, 9 y 11 y los ambientes que se ubicaron más cerca al origen refleja que los híbridos se comportaron de igual forma.

V. CONCLUSIONES

Los híbridos 5, 6, y 2 fueron los de mayor potencial de rendimiento y excelente estabilidad superior a los testigos.

De los ambientes empleados en esta evaluación los más representativos y los de mayor discriminación fueron las localidades 1, 14, 12, 9 y 11, por lo que se consideran ambientes estratégicos para futuras evaluaciones.

El mejor híbrido experimental en base al valor del IS y con buena estabilidad a través de los ambientes de evaluación fue el híbrido 2, superando a los testigos.

Al tener ambientes que discriminen a los genotipos resulta una estrategia eficaz que traerá grandes beneficios al mejorador incrementando las posibilidades de seleccionar a los mejores híbridos.

VI. RESUMEN

Es importante que un programa de mejoramiento cuente con estrategias de selección que le permitan desarrollar e identificar híbridos más estables y efectivos con atributos agronómicos superiores a los originales, que se adapten a diferentes ambientes, para ello es necesario evaluar el comportamiento agronómico en diferentes localidades que aporten información de selección, a si como entender la interacción genotipo x ambiente. Se plantearon los siguientes objetivos, seleccionar el o los mejores híbridos en base en un índice de selección de comportamiento agronómico sobresaliente y estable, que puedan ser utilizados como híbridos comerciales para le región maicera de Chihuahua, así como la Identificación de ambientes más representativos y los de mayor discriminación que permitan incrementar la eficiencia de selección. Se evaluaron 11 híbridos con 10 variables. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, la parcela experimental fue diferente en cada una de las localidades en la región maicera del Estado de Chihuahua. El haber encontrado diferencias estadísticas entre los híbridos para la mayoría de las características evaluadas, hace que se dificulte la selección de los híbridos. Para transformar esta dificultad en facilidad se utilizó la metodología de selección basada en índices (IS) donde se integraron 3 características agronómicas (rendimiento, humedad y calificación de mazorca). De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis por localidad se logro identificar los ambientes ideales para hacer selección por variable las cuales fueron: las localidades 1 y 7 para rendimiento; para la variable humedad, las localidades 3, 7, 12, 16, 2, 13,14 y 15; las localidades 1 y 14 para la variable calificación; para la variable carbón de la espiga la localidad 2; para la variable apariencia de planta son las localidades 9 y 1; para la variable muerte prematura, localidades 1 y 2; para las variables floración femenina y masculina, es la localidad 9, y para la variable calificación de *fusarium*, ambiente 3.

La metodología de IS permitió identificar los híbridos superiores con mejor comportamiento en base al valor más pequeño de IS, los cuales fueron los híbridos 2, 9, 3, 4, 6, 5, 7 y 11, y en cuanto a los ambientes de evaluación se logro identificar a los de mayor poder de discriminación que fueron la localidad 1 y 14, el modelo AMMI permitió identificar la clasificación de los ambientes en tres mega-ambientes, el primero formado por las localidades 1, 12, 6 y 13, que tiene interacción cruzada con el segundo mega-ambiente formado por las localidades 8,16, 14, 15 y 2, el tercero formado por las localidades 9 y 11, tienen interacción cruzada con las localidad 13, en cuanto a la asociación genotipos con localidades, el grafico mostró al genotipo que mejor desempeño tuvo en cada uno de ese lugar, así se tiene que el genotipo 11 tiene una alta asociación con la localidad 1 y 12; los genotipos 1 y 2 están muy asociados con las localidades 8, 16 y 14 y por último los genotipos 5 y 6 muestran una asociación con las localidades 2 y 15, y detectó que los genotipos más estables son los genotipos 5 seguido de 6, 2 y 1 y en tanto que los genotipos más inestables son 8, 9, 10, 7, 4 y 3.

El modelo SREG o GGE permitió analizar el comportamiento de adaptación de los genotipos en los ambientes de evaluación, en la cual se forma un polígono, este gráfico permite identificar el genotipo de mayor potencial en cada ambiente y agrupar genotipos y ambientes con patrones similares de respuesta, por lo tanto el sector donde se ubican las localidades 13, 16, 9 y 11 el híbrido que mejor comportamiento tiene es el 2, otro sector donde se encuentran las localidades 8, 2, 15 y 14 el híbrido que mejor comportamiento mostró es el 9 y en el sector donde se ubican las localidades 6, 12 y 1 los híbridos 3 y 4 tuvieron el mejor comportamiento y ultimó los ambientes que mejor discriminaron a los genotipos en los diferentes sectores fueron las localidades 1, 12, 9 y 11 por presentar el vector más largo y los ambientes que se ubicaron más cerca al origen refleja que los híbridos se comportaron de igual forma.

La estrategia de índice de selección apoyada por los modelos AMMI y SREG permiten interpretar en un gráfico fácilmente los resultados obtenidos, al observarse claramente los contrastes entre ambientes, la interacción de los híbridos con el ambiente, la estabilidad y la adaptación específica de híbridos en algunos ambientes, los cuales muestran comportamiento similar, y también la diferenciación de mega-ambientes.

Palabras clave: híbridos, índice de selección, interacción genotipo x ambiente, ambientes representativos, AMMI y SREG o GGE.

VII. LITERATURA CITADA

Aguiluz, Adán. 1998. Evaluación de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de grano blanco y amarillo en ambientes de centro América, Panamá y el Caribe en 1996. *Agronomía mesoamericana* 9(1): 28-37.

Alejos, G. M. P y Rea, R. 2006. Análisis de la interacción genotipo - ambiente para rendimiento de maíz en la región maicera del estado Yaracuy, Venezuela. *Agronomía Trop.* vol.56, no.3, p.369-384. ISSN 0002-192X.

Análisis de competitividad gobierno del estado de Chihuahua:
<<http://www.chihuahua.gob.mx/atach2/sdr/uploads/File/maiz.pdf>>

ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria) (2008b): Esquema de Agricultura por Contrato en Chihuahua, Dirección Regional Centro Norte.

Barreto H J, J A Bolaños, H S Córdova 1991. Índice de selección. Guía para la operación del software. Manual de Capacitación Regional. CIMMYT. Programa Regional Centroamérica y el Caribe, Guatemala, Guatemala.

Blanche S. B. and G.O. Myers. 2006. Identifying discriminating locations for cultivar selection in luisiana. *Crop science* 46: 946-949.

Camargo Buitrago I., E. Quirós Mc Intire, R. Gordón Mendoza. 2011. Identificación de ambientes representativos y discriminatorios para seleccionar genotipos de arroz mediante el biplot GGE. *Agronomía Mesoamericana* 22(2):245-255.

Cerón, R. J. de J., J. Sahagún, C. 2005. A selection index based on principal components. *Agrociencia* 39: 667-677.

- Córdova, H.S. 1989.** Evaluación de 36 cultivares de maíz en 20 ambientes de Centro América, Panamá y El Caribe PCCMCA. XXXV Reunión Anual del PCCMCA, San Pedro Sula. Honduras, abril 2 al 7.
- Córdova, H. S. 1991.** Estimación de parámetros de estabilidad para determinar la respuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a ambientes contrastantes de Centro América, Panamá y México. *Agronomía mesoamericana* 2: 01-10.
- De la Rosa A., H. de León, G. Martínez, F. Rincón. 2000.** Heterosis, habilidad combinatoria y diversidad genética en híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía mesoamericana* 11(1): 113-122.
- De León H., E. Ramírez, G. Martínez, A. Oyervides, A. de la Rosa. 1999.** Evaluación de diversos patrones heteróticos en la formación de híbridos de maíz para el bajío mexicano. *Agronomía Mesoamericana* 10 (1): 31-35.
- Gómez. 2008.** H-562, Híbridos de maíz de alto rendimiento para el trópico húmedo y seco de México. *Agricultura Técnica en México* vol. 34 numero 001 INIFAP. Texcoco México. Pág. 101-105.
- Gutiérrez del Rio E., A. Palomo Gil, A. Espinoza Banda, E. de la Cruz Lázaro. 2002.** Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 25, número 003. Pp. 271-277.
- Huacuja F. E. 2009.** Políticas Públicas y Maíz en México: el esquema de Agricultura por Contrato. *Anales de Geografía*, vol. 29, núm. 2 65-82.
- Ibañez, M.A, M.M Cavanagh, N.C Bonamico. 2006.** Análisis grafico mediante biplot del comportamiento de híbridos de maíz. *RIA*. 35(3):83-93 INTA Argentina.

- Lande, R.1992.** Marker-assisted selection in relation to traditional methods of plant breeding. In: Plant Breeding in the 1990's. Stalker, H. T., and J. P. Murphy (eds). Ed. C.A.B International, U.K. pp: 437-458.
- Little, M.T; y Jackson F. H (1989).** Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trillas. p 59-65.
- Lobato Ortiz R., J. D. Molina Galán, J. J. López Reynoso, J. A. Mejía C., D. Reyes López. 2009.** Criterios para elegir el mejor probador de la aptitud combinatoria general para rendimiento de grano de líneas autofecundadas de maíz. Revista Agrociencia. 44: 17-30.
- Lozano-del Río A.J., V.M .Zamora Villa, L. Ibarra Jiménez, S.A. Rodríguez Herrera, E. de la Cruz Lázaro, M. de la Rosa-Ibarra. 2009.** Análisis de la interacción genotipo-ambiente mediante el modelo AMMI y potencial de producción de Triticales forrajeros (xtriticosecalewittm.). www.ujat.mx/publicaciones/uciencia 25(31):81-92.
- Márquez Sánchez F. 2009.** De las variedades criollas de maíz a los híbridos transgénicos. II: la hibridación. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. Vol. 6, número 2.
- Medina S., C. Marín R, V. Segovia, A. Bejarano, Z. Venero, R. Ascanio, E. Meléndez. 2002.** Evaluación de la estabilidad del rendimiento de variedades de maíz en siete localidades de Venezuela. Agronomía Tropical vol. 52 52(3):255-275.
- Mendoza, M., A. Oyervides, A. López. 2000.** Nuevos cultivares de maíz con potencial agronómico para el trópico húmedo. Agronomía Mesoamericana 11(1): 83-88.

- Quemé de León J. L., L. Larios Bobadilla, C. Pérez Rodas, N. Soto Leon. 1991.** Aptitud combinatoria y predicción de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de grano amarillo a partir de cruas dialélicas, evaluadas en dos localidades de la Zona Baja de Guatemala. *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 2: 24-30.
- Ramírez, D. J. L., M. Chuela, B., V. A. Vidal, M., J. Ron, P., F. Caballero, H. 2007.** Propuesta para formar híbridos de maíz combinando patrones heteroticos. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 30(4): 453-461.
- Restrepo G., Pizarro E.J., Quijano JH. 2008.** Índices de selección y niveles independientes de descarte para características productivas y reproductivas en un hato holstein (*Bos taurus*). *Rev. Colomb Cienc Pecu;* 21: 239-250.
- Sahagún, C. J. 1992.** El ambiente, el genotipo y su interacción. *Rev. Chapingo* 79 y 80:5-12.
- Salas E., Juárez H., Giraldo D., Amorós W., Simón R., Bonierbale, M. 2009.** Modelos de análisis de estabilidad y definición de ambientes basados en Gis. Centro Internacional de la Papa Apartado 1558, Lima 12, Perú.
- San Vicente F., A. Bejarano, J. Crossa, C. Marín. 2001.** Heterosis y aptitud combinatoria entre poblaciones tropicales de maíz de endospermo amarillo. *Agronomía Tropical* 51(3): 301-318.2001.
- SENASICA2007:**<http://www.semillasdevida.org.mx/noticias_9.htm>
<http://www.senasica.gob.mx/>
- Terrón A., E. Preciado, H. Córdova, H. Mickelson, R. López. 1997.** Determinación del patrón heterotico de 30 líneas de maíz derivadas de la población 43SR del CIMMYT. *Agronomía Mesoamericana* 8 (1): 26-34.

- Tucuch Cauich C. A., S. A. Rodríguez Herrera, M. H. Reyes-Valdés, J. M. Pat Fernández, F. M. Tucuch-Cauich, H. S. Córdova-Orellana. 2011.** Índices de selección para producción de maíz forrajero. *Agronomía Mesoamericana* 22(1):123-132.
- Trifunovic S., H. Córdova, J. Crossa and S. Pandey. 2003.** Head-to-head and stability analysis of maize (*Zea mays* L.) inbred lines. *Maydica* 48:263-269.
- Vergara N., S. Pandey, S. Kumar, S. D. McLean, S. Rodríguez. 1998.** Comportamiento de híbridos de maíz y aptitud combinatoria de líneas con caracteres contrastantes. *Agronomía Mesoamericana* 9 (2): 97-104.
- Vergara Ávila N., S. Rodríguez Herrera, H. Córdova Orellana. 2003.** Potencial de líneas de maíz para mejorar híbridos. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 26, número 004: pp. 291-299.
- Xu, S. 2003.** Advanced statistical methods for estimating genetic variances in plants. *Plant Breed. Rev.* 22: 113-163.
- Yáñez, C. L. F. 2005.** Índices de selección: sugerencias para su utilización. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago. Págs. 107-110.
- Yan, W.; L. A. Hunt; Q. Sheng and Z. Szlavnics. 2000.** Cultivar evaluation and mega- environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Sci.* 40 (3): 597-605.
- Zobel R.W., M.J Wright, and H.G. Gauch. 1988.** Statistical analysis of a yield trial. *Agron. J.* 80: 388-393.

http://www.fira.gob.mx/Nd/MAIZ_AMARILLO_PV_Cuauhtemoc_Chih_Rentabilidad_2006_Costos_2007.pdf

VIII. APÉNDICE

Cuadro A1. Descripción de cada parcela experimental en cada una de las diferentes localidades.

N°	Localidad	PARCELA EXPERIMENTAL			FC
		N° de surcos	Largo de surco (m)	Ancho de surco (cm)	
1	Campo 6 1/2	2	4	0.81	1.79
2	Campo 21	2	4	0.76	1.91
3	Campo 14 b	2	4	0.86	1.69
4	Campo 18	4	5	0.81	0.72
5	Campo 6 1/2	4	10	0.81	0.15
6	Campo 11	4	5	0.81	0.72
7	Pedernales	4	5	0.81	0.72
8	Campo 25	4	5	0.81	0.72
9	Campo 103	2	4	0.91	1.80
10	Campo 106	2	4	0.86	1.69
11	Campo 115	2	4	0.81	1.79
12	Campo 110	4	10	0.91	0.32
13	Campo 105	4	7	0.81	0.51
14	Campo 117	4	7	0.81	0.51
15	Campo 104	4	7	0.81	0.51
16	Jagüeyes	4	5	0.81	0.72

FC = Factor de conversión para expresar el rendimiento en toneladas por hectárea de mazorca al 14 por ciento de humedad.

Cuadro A2. Fecha de la cosecha para cada una de las localidades.

N°	LOCALIDAD	FECHA DE COSECHA
1	Campo 6 1/2	17/octubre/2011
2	Campo 21	28/octubre/2011
3	Campo 14b	20/octubre/2011
4	Campo 18	12/Octubre/2011
5	Campo 6 1/2	21/Octubre/2011
6	Campo 11	16/Octubre/2011
7	Pedernales	01/Noviembre/2011
8	Campo 25	03/Noviembre/2011
9	Campo 103	18/Octubre/2011
10	Campo 106	19/Octubre/2011
11	Campo 115	31/Octubre/2011
12	Campo 110	24/Octubre/2011
13	Campo 105	24/Octubre/2011
14	Campo 117	24/Octubre/2011
15	Campo 104	29/Octubre/2011
16	Jagüeyes	01/Noviembre/2011

Cuadro A3. Comportamiento estadístico con base a DMH de TUKEY, de las 16 localidades para las 10 variables evaluadas.

VARIABLE	LOC	11	3	5	10	9	2	1	15	16	7	13	6	12	14	4	8
REN	PROMEDIO	18.5	17.0	15.6	15.5	15.5	15.0	14.9	14.7	14.5	13.5	13.4	11.8	11.4	9.8	8.0	5.4
	AT	A	B	C	DC	DC	DC	DC	DC	DE	FE	F	G	G	H	I	J
HUM	LOC	7	11	10	1	14	2	4	9	6	13	5	15	12	3	16	8
	PROMEDIO	21.7	16.4	16.3	16.3	16.2	15.9	15.7	15.6	15.3	15.1	15.0	14.9	14.8	14.5	13.4	8.9
	AT	A	B	B	B	B	CB	CBD	CBD	CED	CFED	FED	FED	FE	F	G	H
CM	LOC	12	13	11	6	2	15	1	16	9	8	14					
	PROMEDIO	7.2	6.9	6.5	6.4	6.2	6.1	6.0	6.0	5.9	5.6	5.1					
	AT	A	BA	BAC	BC	BDC	DC	DC	DC	DC	ED	E					
CE	LOC	2	1	9	11	3	10										
	PROMEDIO	1.4	1.3	0.6	0.5	0.3	0.2										
	AT	A	BA	BC	C	C	C										
AP	LOC	10	3	9	2	1											
	PROMEDIO	6.7	6.7	6.6	5.6	5.1											
	AT	A	A	A	B	B											
MP	LOC	1	2														
	PROMEDIO	18.8	2.9														
	AT	A	B														
FF	LOC	1	9														
	PROMEDIO	143.2	142.1														
	AT	A	B														
FM	LOC	1	9														
	PROMEDIO	146.1	143.6														
	AT	A	B														
DAR	LOC	1															
	PROMEDIO	4.3															
	AT																
CF	LOC	3															
	PROMEDIO	6.0															
	AT																

DMH: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; LOC= Localidad; AT= Agrupamiento de Tukey; REN= Rendimiento de Grano; HUM= % de Humedad; CM= Calificación de Mazorca; CE= Carbón de la Espiga; AP= Apariencia de Planta; MP= Muerte prematura; FF= floración femenina; FM= floración masculina; DAR= Daño por araña roja; CF= Calificación de *fusarium*.

Cuadro A4. Agrupamiento estadístico de 11 localidades en base a los valores de índice selección en base DMH de Tukey.

LOCALIDAD 1	HIBRIDO	8	10	11	9	1	5	7	6	4	2	4
	MEDIA	15.138	12.984	12.984	8.913	7.842	6.629	6.22	5.862	3.772	3.63	2.176
	AT	A	BA	BAC	BC	DC	EDC	EDC	EDC	ED	ED	E
LOCALIDAD 2	HIBRIDO	10	3	7	11	6	2	8	5	1	4	9
	MEDIA	14.081	11.604	11.58	10.621	9.914	9.816	9.25	9.009	8.859	8.56	5.959
	AT	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
LOCALIDAD 6	HIBRIDO	11	2	8	10	7	9	1	3	5	6	4
	MEDIA	13.248	12.81	12.595	11.599	11.408	10.153	10.1	10.1	9.655	8.72	7.156
	AT	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
LOCALIDAD 8	HIBRIDO	1	10	11	8	7	4	3	6	5	2	9
	MEDIA	10.515	10.484	10.311	10.215	10.197	8.966	8.74	8.108	7.371	5.22	2.474
	AT	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
LOCALIDAD 9	HIBRIDO	10	11	3	5	9	6	4	8	1	7	2
	MEDIA	14.721	9.962	8.599	6.961	6.689	6.554	6.34	5.223	4.932	4.57	3.152
	AT	A	BA	BA	BA	BA	BA	BA	B	B	B	B
LOCALIDAD 11	HIBRIDO	10	1	5	3	11	6	9	4	2	8	7
	MEDIA	16.308	8.45	8.012	7.916	7.801	7.722	7.03	5.868	5.761	5.6	3.038
	AT	A	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	B
LOCALIDAD 12	HIBRIDO	10	9	8	7	11	1	6	2	4	5	3
	MEDIA	12.13	9.42	9.059	8.79	7.726	7.475	6.42	5.427	4.029	3.57	2.273
	AT	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
LOCALIDAD 13	HIBRIDO	10	1	7	5	11	8	6	4	2	9	3
	MEDIA	11.426	10.296	9.175	8.39	8.356	8.127	6.76	5.723	5.643	5.6	4.608
	AT	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
LOCALIDAD 14	HIBRIDO	4	10	7	1	5	6	2	11	8	3	9
	MEDIA	12.466	12.125	11.681	11.09	10.57	9.896	9.8	9.59	8.759	7.05	4.568
	AT	A	A	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BAC	BC	C
LOCALIDAD 15	HIBRIDO	1	10	4	7	9	3	6	8	5	2	11
	MEDIA	11.831	11.374	10.188	8.151	8.091	7.751	7.62	6.687	6.559	5.6	4.65
	AT	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
LOCALIDAD 16	HIBRIDO	10	8	7	5	1	4	3	6	11	2	9
	MEDIA	16.048	12.62	11.846	11.83	10.896	10.466	9.09	9.051	8.253	7.91	7.74
	AT	A	BA	BA	BA	BA	BA	BA	BA	B	B	B

TRAT= Tratamiento; AT= Agrupamiento estadístico; DMH: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Cuadro A5. Metas e intensidades utilizadas para la estimación del IS en cada variable, de la evaluación realizada en el 2011.

LOCALIDAD	VARIABLE	I	M	
			R1	R2
LOCALIDAD 1	REN	8	1.41	1.17
	HUM	9	-0.87	-0.93
	CM	10	1.71	1.63
LOCALIDAD 2	REN	8	1.37	1.39
	HUM	9	-1.57	-1.80
	CM	10	1.91	2.08
LOCALIDAD 6	REN	8	1.45	2.25
	HUM	9	-2.38	-2.44
	CM	10	1.49	0.69
LOCALIDAD 8	REN	8	1.26	2.07
	HUM	9	-1.24	-1.77
	CM	10	1.04	1.13
LOCALIDAD 9	REN	8	0.86	1.00
	HUM	9	-1.10	-1.10
	CM	10	1.26	1.48
LOCALIDAD 11	REN	8	0.83	1.03
	HUM	9	-1.31	-1.76
	CM	10	1.41	1.26
LOCALIDAD 12	REN	8	1.51	1.65
	HUM	9	-1.02	-1.06
	CM	10	0.00	1.09
LOCALIDAD 13	REN	8	1.33	1.55
	HUM	9	-1.25	-1.26
	CM	10	1.09	1.22
LOCALIDAD 14	REN	8	1.47	1.55
	HUM	9	-2.04	-1.95
	CM	10	1.56	1.45
LOCALIDAD 15	REN	8	1.14	1.06
	HUM	9	-1.93	-1.32
	CM	10	1.13	1.29
LOCALIDAD 16	REN	8	1.68	1.53
	HUM	9	-2.20	-2.69
	CM	10	1.57	1.09

R1 Y R2= Repeticiones 1 y 2; M= Meta; I= Intensidad.