

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



**EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE HÍBRIDOS PRECOMERCIALES  
Y COMERCIALES PARA EL ESTADO DE SINALOA**

Por:

**CARMELO LÓPEZ CONTRERAS**

**TESIS**

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Febrero del 2010**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

TESIS

Evaluación y selección de híbridos precomerciales y comerciales para el  
estado de Sinaloa

Por:  
CARMELO LOPEZ CONTRERAS


Que somete a la consideración del H. jurado examinador como requisito  
para obtener el título de:

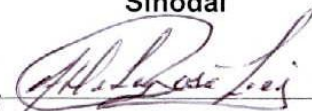
INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCION

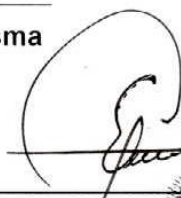

Aprobado por:

  
\_\_\_\_\_  
Mc. Daniel Sámano Garduño  
Asesor principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Humberto de León Castillo  
Sinodal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Santos González Ledesma  
Sinodal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alfredo de la Rosa Loera  
Sinodal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Mario E. Vázquez Badillo  
Coordinador de la división de Agronomía  
  
Coordinación  
División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México,  
Febrero del 2010

## **AGRADECIMIENTOS.**

A Dios por estar conmigo en los momentos más difíciles, y mostrarme lo bueno de cada prueba que me hizo pasar.

A mi Alma Mater por darme la oportunidad de formarme como profesionista haciendo de mi una mejor persona.

A mis padres por brindarme cada consejo y guiarme por los caminos de la vida sin afectar a las demás personas.

A mis hermanos (as) por brindarme su apoyo moral incondicional y por creer en mí en todo momento, a sabiendas de lo complicado que sería salir adelante.

Al M.C. Daniel Samano Garduño por la paciencia y sabias opiniones en la formación de este trabajo. Muchas gracias.

Al Dr. Humberto De León por brindarme la oportunidad de conocer a fondo las bases de lo que hoy en día es mi trabajo, además de la amistad incondicional que me ofreció como alumno.

Al Dr. Alfredo De La Rosa Loera por el tiempo dedicado a cada una de las revisiones a este trabajo de investigación.

Al Dr. Santos González Ledesma por depositar en mí la confianza para evaluar los materiales que maneja en su programa de mejoramiento.

A la Ing. Beatriz Eugenia Treviño Cueto y al Ing. Raúl Gándara Huitron por apoyar en la captura de datos y trabajo de campo.

A mis compañeros de generación por brindarme más que una amistad sincera, la oportunidad de hacer más amena mi estancia en esta trayectoria brindándome su cálido apoyo.

A One. Por su valiosa compañía y apoyo brindado en los momentos difíciles de transición que juntos logramos superar.

## **DEDICATORIA.**

### **A MI PADRE.**

Que me cuida y me protege desde algún lugar en el cielo, por que sus consejos han sido bien empleados en la formación de mi persona.

### **A MI MADRE.**

Por darme el regalo maspreciado que es la vida y por que día a día aboga por éste, su hijo, implorando a dios que me cuide y me proteja, por que solo el esta conmigo en cada lugar que llevo.

### **A MIS HERMANOS (AS).**

Por todos los momentos buenos y malos que hemos vivido como familia, por que al final del camino existe una luz que nos alienta a seguir luchando por los senderos de la vida.

## INDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
<b>II. REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Hibridación.....	4
2.2 Tipos de híbrido.....	5
2.3 Importancia de evaluación en múltiples ambientes.....	6
2.4 Interacción genotipo ambiente.....	8
2.5 Estabilidad.....	9
2.6 Modelos para estudiar la interacción genotipo ambiente.....	10
2.7 Modelo de regresión en los sitios (SREG).....	13
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
3.1 Material genético.....	14
3.2 Descripción de las localidades.....	15
3.3 Descripción de la parcela experimental.....	15
3.4 Labores culturales.....	16
3.5 Variables agronómicas de interés.....	18
3.6 Manejo estadístico de los datos agronómicos.....	19
3.7 Criterios de selección.....	22

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1 Análisis de varianza general a través de localidades.....</b>	<b>23</b>
<b>4.2 Análisis de varianza por localidad.....</b>	<b>27</b>
<b>4.3 Medias de rendimiento por localidad .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4 Análisis mediante el modelo de interacción multiplicativo y efectos principales aditivos (AMMI).....</b>	<b>31</b>
<b>4.5 Análisis mediante el modelo de regresión de los sitios (SREG).....</b>	<b>32</b>
<b>4.6 Análisis mediante el modelo de regresión de los sitios para el mega ambiente uno.....</b>	<b>33</b>
<b>4.7 Análisis mediante el modelo de regresión de los sitios para el mega ambiente dos.....</b>	<b>36</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>VI. RESUMEN.....</b>	<b>39</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>41</b>

## **ÍNDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro 3.1</b> Híbridos experimentales y comerciales utilizados en la evaluación multi-ambiental en el estado de Sinaloa, durante el ciclo agrícola I-P del 2009. ....	<b>14</b>
<b>Cuadro 3.2</b> Ubicación geográfica de las localidades en que se evaluaron los materiales. ....	<b>16</b>
<b>Cuadro 3.3</b> Fechas de siembra de las localidades.....	<b>17</b>
<b>Cuadro 4.1</b> Análisis de varianza general combinado a través de localidades de 20 híbridos de maíz evaluados en 22 localidades del estado de Sinaloa durante el 2009. ....	<b>24</b>
<b>Cuadro 4.2</b> Cuadros medios de las 22 localidades evaluadas en estado de Sinaloa en el 2009. ....	<b>28</b>
<b>Cuadro 4.3</b> Cuadro de rendimiento y lugares que ocupa cada material en las localidades evaluadas en Sinaloa en el 2009. ....	<b>31</b>

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

**Figura 4.1** Gráfica biplot AMMI para la respuesta a la interacción genotipo ambiente de 20 materiales en 22 localidades del estado de Sinaloa..... **32**

**Figura 4.2.** Gráfica biplot SREG para la respuesta a la interacción genotipo ambiente de 20 materiales en 22 localidades del estado de Sinaloa. .... **33**

**Figura 4.3** Gráfica biplot para el primer mega ambiente de los 20 materiales evaluados en 22 localidades. .... **35**

**Figura 4.4** Gráfica biplot para el segundo mega ambiente de los 20 materiales evaluados en 22 localidades. .... **37**



## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz desde su descubrimiento ha cobrado una gran importancia en la dieta alimenticia de la población, en los últimos años se le han descubierto nuevas propiedades como la generación de biocombustibles lo cual ha contribuido a generar una mayor producción de este cereal.

En el año 2005, México ocupó el cuarto lugar en términos de producción, aportando el 3.5 de la producción mundial, esto después de Estados Unidos, China y Brasil. Hasta el año 2003, Jalisco era el principal estado productor a nivel nacional, sin embargo en los últimos años Sinaloa ha desplazado al resto de las entidades al ocupar el primer lugar en producción de maíz con cosechas record.

Tal producción a nivel nacional ha sido gracias a los productos del mejoramiento genético, ya que con el empleo de variedades mejoradas e híbridos se han podido incrementar los rendimientos de una manera práctica y económica en la misma cantidad de superficie mediante la formación de materiales cada vez más tolerantes a las diferentes plagas y enfermedades además de mejores características agronómicas que le permiten explotar su máximo vigor híbrido.

Para poder obtener estos materiales, es necesario evaluarlos en diferentes ambientes con la finalidad de poder seleccionar genotipos estables en cada ambiente o en todos los ambientes y tener una discriminación en la estabilidad que presente cada material. Esta es una de las tareas más interesantes a las que se ha enfrentado un mejorador ya que la interacción que ejerce cada ambiente sobre cada genotipo complica la selección del mejor material para todos los ambientes posibles. Debido a la complejidad de la interacción

genotipo ambiente (IGA) es necesario el uso de herramientas mediante modelos estadísticos multiplicativos no lineales que permitan modelar la interacción genotipo ambiente, facilitando así la exploración de la misma.

El mejoramiento para resistencia a factores adversos bióticos y abióticos en maíz ha dado como resultado el desarrollo de híbridos más estables adaptados a la mayoría de condiciones de producción. El rendimiento y la estabilidad del comportamiento deben considerarse simultáneamente, para reducir los efectos de la interacción GxA y para una selección más precisa y refinada, Kang (1990).

En general, la búsqueda de genotipos sobresalientes se realiza mediante pruebas en grandes cantidades de material del que sólo se selecciona al final uno o unos cuantos. En la actualidad esta práctica es llevada a cabo por instituciones y grandes empresas de clase mundial, tal es el caso de la empresa Pioneer que ha logrado el desarrollo de nuevos y mejores híbridos de maíz con mejor porte agronómico que contribuye en un mejor rendimiento y estabilidad de sus materiales.

Este trabajo tiene como meta la evaluación de los nuevos híbridos para el estado de Sinaloa con la finalidad de determinar cuál o cuáles son los materiales más sobresalientes en los diferentes ambientes que se contemplan en la zona noroeste de nuestro país. Para hacerlo posible se contempla un modelo gráfico que facilita la interpretación en la discriminación de los ambientes.

Palabras clave: Maíz, evaluación, ambientes, estabilidad, empresas, modelo gráfico.

Dicho lo anterior se plantearon los siguientes

## **OBJETIVOS**

- Evaluar 20 genotipos en ambientes representativos del estado de Sinaloa con la intención de establecer grados de asociación entre localidades.
- Identificar o seleccionar materiales que puedan ser liberados como nuevos híbridos para la zona costera del estado de Sinaloa.
- Determinar si los híbridos precomerciales muestran mejor comportamiento y estabilidad en comparación con híbridos comerciales recomendados para la región de interés.

## **HIPÓTESIS**

- Al menos uno de los ambientes utilizados en la evaluación presentaran mayor poder de discriminación
- Entre los materiales experimentales, al menos uno presentara mejor comportamiento en cuanto a rendimiento y estabilidad en relación a los testigos comerciales.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### HIBRIDACIÓN

Bernis *et al.* (2004) considerando los métodos y medios de mejora de la selección varietal, mencionan que el propósito fundamental de la hibridación es tener en un solo genotipo los genes favorables de dos o más genotipos diferentes. Sin embargo para utilizar el mejor método en la manipulación de las poblaciones segregantes, se deben tener en cuenta una serie de consideraciones tales como el rendimiento, adaptación y reacción a las enfermedades de los híbridos disponibles, además, de la facilidad con que puedan producirse estos materiales y el espacio requerido para cultivar las poblaciones en segregación en el campo.

Morales *et al.* (2005) mencionan que el auxiliar más confiable en la elección de fuentes de germoplasma para el desarrollo de nuevas variedades mejoradas, especialmente híbridos, es el conocimiento de la diversidad genética en una región, además de ser el mejor indicador de la vulnerabilidad génica del cultivo.

Para Gómez *et al.* (2006) un híbrido representa estabilidad de rendimiento, mayor uniformidad y sanidad de planta y mazorca. Esto es el resultado de las exigencias hacia los nuevos programas de mejoramiento de los genotipos con características de resistencia a condiciones adversas al cultivo, todo ello debido al movimiento tan intenso del germoplasma introducido a los programas de mejoramiento así como cambios climáticos tan inestables que se viven en la actualidad.

Bartolini (1990) señala que los híbridos simples tienen una notable reducción de su capacidad productiva si se utilizan en zonas de características adversas, o bien, si las técnicas culturales y agronómicas aplicadas no son las adecuadas. Se ha señalado que el sistema de producción ha permitido el aprovechamiento del vigor híbrido lo que ha motivado que en muchos países se hayan iniciado empresas de semillas híbridas de maíz tanto en el sector público como en el privado.

## **TIPOS DE HÍBRIDOS**

Para Scheuch (1989) la combinación de dos líneas en una cruce simple será siempre superior a la combinación de tres o cuatro líneas, sin embargo, debido a su estrecha base genética, su estabilidad resultante es menor. La principal limitante en la producción de semilla híbrida simple es el rendimiento de la línea. Sin embargo con el mejoramiento genético se han encontrado líneas endogámicas con rendimiento satisfactorio lo cual permite ofrecer al mercado híbridos simples de alto rendimiento y uniformidad.

Este mismo autor establece que en los híbridos de tres líneas se escoge una cruce simple muy rendidora que actúa como hembra y el macho es una línea vigorosa que emita una gran cantidad de polen. En tanto que los híbridos de cuatro líneas, el rendimiento de la hembra y el macho son altos. El productor está interesado en obtener la mayor cantidad de hembra por lo que la proporción de hembras o macho debe ser lo máximo posible.

Paliwal (2001) establece que el esquema de híbridos de cruces simples fue sugerido por Shull en 1908-1909 y East (1909); esto, mediante el cruzamiento de dos líneas endocriadas por el método de líneas puras, sin embargo, este no fue comercialmente exitoso debido al alto costo en la producción de las cruces simples. La creación de los híbridos fue una realidad a partir de 1918 cuando

Jones sugirió que dos cruza simples podían ser cruzadas entre sí para poder producir un híbrido doble.

Sierra *et al.* (2005) realizaron un estudio para medir el comportamiento agronómico de híbridos triples de maíz considerando el rendimiento y la estabilidad, los autores concluyeron que este tipo de material representan una alternativa interesante ya que se aprovechan las ventajas que ofrece la heterosis en la producción comercial de maíz al cruzar líneas de relativa divergencia génica con cruza simples de alto rendimiento.

## **IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN EN MÚLTIPLES AMBIENTES**

Paredes (2007) señala que existe un rango de adaptación de los cultivos que puede ser controlado hasta cierto punto por el hombre. Pero también hace referencia a que las etapas involucran cualquier tipo de mejoramiento genético, tal es el caso de la resistencia a plagas y enfermedades. Otra etapa importante es la tolerancia a condiciones adversas, en la que se busca la creación de variedades tolerantes a condiciones climáticas extremas con lo que permitiría una mejor adaptación del cultivo a regiones en donde resulta difícil, incluso antieconómico.

Cuando un grupo de genotipos es evaluado en distintas condiciones ambientales (años, localidades, épocas de siembra) puede presentar dos tipos de adaptación: general y específica. Un cultivar tiene una adaptación general cuando presenta un mejor comportamiento relativo en la mayoría de los ambientes en los que se está evaluando. Por el contrario un cultivar presenta adaptación específica cuando muestra mejor comportamiento relativo en un determinado ambiente en donde fue evaluado (Cerreta *et al.*, 1998).

Gordon *et al.* (2006) coinciden en que una de las practicas más usuales para la recomendación de nuevos materiales a los productores de una región, es la

evaluación de genotipos a través de diferentes ambientes, ya que la interacción merece gran importancia en la evaluación de híbridos desarrollados para diferentes circunstancias de producción, de ahí que define a la adaptabilidad como una capacidad que tienen los genotipos de aprovechar ventajosamente los estímulos del ambiente.

La evaluación de genotipos en varios ambientes es indispensable en los programas genotécnicos, pues su respuesta relativa con frecuencia cambia de un ambiente a otro. Conocer la magnitud de la interacción genotipo ambiente permite seleccionar los genotipos de acuerdo con los objetivos del fitomejorador (Bancourt y Leconte, 2003; Coutiño y Vidal, 2003).

Luquez *et al.* (2002) aseguran que el objetivo de la evaluación de los cultivares en diferentes ambientes es recomendar a los productores aquellos que se comporten mejor en el mayor número de ambientes para una región determinada, además, también considera de manera muy rigurosa que los cambios en la producción y comportamiento de los mismos cultivares dentro de los diferentes ambientes indicaran la interacción genotipo ambiente y falta de estabilidad del carácter bajo estudio.

Según Gianvastini (1998) el rendimiento está en función de la interacción entre el ambiente el genotipo y el manejo agronómico ya que para cada genotipo y ambiente hay un número de plantas que permiten obtener el máximo rendimiento.

## **INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE**

Para Yang *et al.* (1991) la interacción genotipo por ambiente es normalmente descrita como la inconsistencia del comportamiento entre genotipos desde un ambiente a otro, demostrándose que una gran interacción genotipo por ambiente reduce el progreso genético durante la selección.

Allard y Bradshaw (1964) definieron la interacción genotipo x ambiente (IGA) como un efecto debido a una condición intrínseca de la planta donde se destacan dos factores importantes: amortiguamiento poblacional y capacidad de amortiguamiento de un genotipo de acuerdo con un grupo de genes.

La interacción genotipo-ambiente (G x A) no es sino el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete a diferentes ambientes. Por tanto, los cambios que surgen en el ordenamiento de los cultivares al cambiar de un ambiente a otro, indican la presencia de GxA y la ausencia de estabilidad para el carácter en cuestión. Como resultado de estos cambios un genotipo es capaz de producir varios fenotipos y reducir la correlación entre genotipo y fenotipo. Para la determinación de la interacción G x A, los genotipos deben ser evaluados en diferentes localidades, años e incluso épocas (Márquez, 1991).

De acuerdo a Vencovsky y Barriga (1992) la magnitud de la interacción G x A es estimada mediante el análisis de varianza conjunto de grupos de experimentos repetidos en diferentes localidades y años, sin embargo, todos tienen en común el hecho que presumen la aditividad de los efectos que la componen. Todos los modelos son también lineales en sus parámetros, lo que significa que las diferencias genéticas y ambientales contribuyen independientemente, unas de otras, para la variación fenotípica.



## ESTABILIDAD

En relación a la estabilidad temporal del rendimiento, Vencovsky y Torres (1988) la definen como el comportamiento observado en líneas o variedades probadas en diferentes años en una localidad dada. Además, las implicaciones de la interacción genotipo por año, son muy diferentes a la de genotipo por localidades. Lo anterior se explica por el hecho de que las variaciones de año con año no pueden ser predecibles y el mejorador de plantas, difícilmente puede planificar un programa de mejoramiento para condiciones ambientales impredecibles.

Lo anterior, concuerda con Barah *et al.* (1981) quienes señalan que el concepto de estabilidad debería ser usado exclusivamente en su connotación temporal, y su significado principal está referido a un bajo nivel de riesgo. Además, sólo el componente de estabilidad es relevante para los agricultores en su decisión de adopción. Por otra parte, diversos métodos estadísticos son usados para determinar la estabilidad y adaptación de líneas avanzadas en la medida que estas van siendo evaluadas en diversos ambientes de producción; lo anterior, tiene como objetivo final el seleccionar genotipos que manifiesten un comportamiento superior.

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. La aplicación de modelos donde se estiman parámetros de estabilidad que identifican el comportamiento de los cultivares a través de diversos ambientes, contribuyen a la selección apropiada de los genotipos Córdova (1989).

Alejos *et al.* (2006) destacan que la presencia de la interacción genotipo por ambiente en ensayos multi-ambientales exige una realización de estudios adicionales para poder precisar la selección de individuos con adaptabilidad general y específica.

## MODELOS PARA ESTUDIAR LA INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE

Barriga (1996) señala que se han propuestos diversos métodos para investigar la estabilidad. La diferencia entre los métodos sugeridos se origina en los propios conceptos de estabilidad y en los procedimientos biométricos utilizados. Primeramente, encontramos los métodos basados en los procedimientos que usan los propios parámetros estadísticos como medida de estabilidad. En general, todos estos métodos dan sólo el aspecto individual de estabilidad, no proporcionando una imagen completa de respuestas.

Para Lin *et al.* (1986) los métodos de clasificación y agrupamiento tienen como principal ventaja que aunque los genotipos en estudio son agrupados por datos específicos, la relativa relación entre genotipos es independiente, lo cual hace totalmente válida su comparación. Además, estos métodos describen a los genotipos cualitativamente como semejantes o no semejantes a otros genotipos

Gauch y Zóbel (1996) reportan que el modelo AMMI es útil para entender la compleja interacción genotipo por ambiente, ganando precisión, mejorando el proceso de selección e incrementando la eficiencia experimental. El modelo AMMI es rutinariamente un análisis de primera elección cuando el efecto principal y de interacción es importante, situación mayoritariamente común para los estudios del rendimiento. Este modelo está constituido por parámetros aditivos y multiplicativos, el modelo es:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + R_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = rendimiento del  $i$ -ésimo genotipo en el  $j$ -ésimo ambiente.  $\mu$  = Media general.  $g_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo genotipo.  $e_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo ambiente.  $\lambda_k$  = Raíz cuadrada del vector característico del  $k$ -ésimo eje del ACP.  $\alpha_{ik}$   $\gamma_{jk}$  = Calificación del ACP para el  $k$ -ésimo eje del  $i$ -ésimo genotipo y  $j$ -ésimo ambiente respectivamente.  $R_{ij}$  = Residual del modelo.

Euwijk (1995) señala que este modelo multiplicativo es exitoso cuando los efectos de interacción pueden ser reemplazados por unos pocos términos multiplicativos como lo son lo genético y el ambiente y así describir adecuadamente la interacción con un número considerablemente más reducido de parámetros.

Zóbel (1990) señala que otras aplicaciones actualmente bajo estudio para el modelo AMMI son la estimación de heredabilidad, la predicción de respuesta de los cultivares ante caracteres de mejoramiento internacional y la estimación de sitios y temporadas específicas de evaluación.

Por otra parte, Michelena *et al.* (1995) utilizaron el modelo AMMI para estudiar la calidad y el rendimiento del trigo harinero. Concluyeron que se distingue un diferente comportamiento interactivo de las variedades. Las variedades de fuerza (W) están localizadas en la parte positiva del PCA1, alejadas del valor 0, mientras que las variedades de poca fuerza están situadas en la parte negativa, más agrupadas y con desviaciones interactivas más pequeñas.

Cruz y Hernández (1994) aplicaron el modelo AMMI para evaluar el rendimiento de 8 líneas avanzadas de algodón (*Gossypium hirsutum*) en 9 ambientes del norte de México. El primer componente principal dio cuenta del 45% de la suma de cuadrados (SC) de la interacción. Los genotipos más estables correspondieron a los de ciclo tardío, mientras que algunos genotipos

precoces a pesar de ser menos estables presentaron un alto rendimiento potencial.

Gutiérrez *et al.* (1994) estudiaron, mediante el método AMMI, el comportamiento de 6 cultivares de algodón evaluados para un período de 2 años en 6 localidades del valle de Guadalquivir, España. Los resultados indican que los efectos de genotipo, ambiente e interacción fueron altamente significativos. El componente 1 (PCA1) del análisis de componente principal dio cuenta del 54.2% de la varianza correspondiente a la interacción GxA.

Zóbel (1990) usó el modelo AMMI para investigar el origen de la interacción GxA en 10 cultivares de soya sembrados en 20 ambientes, los resultados mostraron que el modelo AMMI fue exitoso en diagnosticar el patrón de la interacción GxA, para una serie de características del cultivo, para los datos de rendimiento de grano, el análisis AMMI demostró un significativo efecto de interacción GxA y cuya suma de cuadrados representaba el 24.4% de la suma de cuadrados (SC) de los tratamientos; además, los resultados mostraron un fuerte efecto de interacción entre la temperatura del suelo y el número de raíces basales, fenómeno que podría confundir y enmascarar la estimación del grado de heredabilidad para esa característica.

Zóbel *et al.* (1988) compararon 3 modelos tradicionales, análisis de varianza (ANDEVA), análisis de comportamiento principal (PCA) y regresión lineal (RL) con el modelo AMMI, sobre el rendimiento de 7 cultivares de soya crecidos en 35 ambientes de U.S.A. Los resultados obtenidos mostraron que el ANDEVA fue incapaz de detectar efectos de interacción significativos. El PCA fue incapaz de identificar y separar los efectos principales de genotipo y ambiente. Por su parte, el análisis de RL dió cuenta sólo de una pequeña porción de la suma de cuadrados (SC) de la interacción. Finalmente, los autores señalan que el análisis AMMI reveló la existencia de un alto y significativo efecto de interacción, con claras implicaciones agronómicas. Los autores concluyeron que dado que los análisis de ANDEVA, PCA y RL son parte del complejo modelo

AMMI, este es más apropiado para estudiar el rendimiento de soja, ya que puede detectar la interacción genotipo por ambiente.

## **MODELO DE REGRESIÓN EN LOS SITIOS (SREG)**

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 grafico del comportamiento (rendimiento y estabilidad) de los genotipos denominado biplot GGE. Este grafico permite identificar el genotipo de mayor potencial en cada ambiente y agrupar genotipos y ambientes con patrones similares de respuesta (Ibáñez *et al.*, 2006).

De León *et al.* (2004) destacan que el merito exclusivo del modelos de sitios de regresión es el agrupamiento de ambientes similares, además de identificar cual es el genotipo con mayor potencial dentro de un subgrupo de ambientes. Esto es, agrupa genotipos o ambientes sin interacción cruzada.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### MATERIAL GENÉTICO

El material genético utilizado en el presente trabajo de investigación estuvo integrado por 12 híbridos precomerciales de la empresa Pioneer y por 8 híbridos comerciales (testigos), de los cuales cuatro pertenecen a la misma empresa (TP) y los otros cuatro a la competencia (TC).

Estos híbridos precomerciales son el resultado de la selección de múltiples evaluaciones anteriores, condicionadas por diferentes factores bióticos y abióticos que permitieron la toma de decisiones en el avance de este material, el cual ha demostrado tener las mejores características de estabilidad y rendimiento en los diferentes ambientes que se ha evaluado. En el Cuadro 3.1 se presentan los materiales experimentales y testigos con que se trabajó.

Cuadro 3.1. Híbridos experimentales y comerciales utilizados en la evaluación multi-ambiental en el estado de Sinaloa, durante el ciclo agrícola I-P del 2009.

MATERIAL GENÉTICO					
1	X8C135W	EXP	11	P2948W	EXP.
2	X8C136W	EXP	12	X7C518W	EXP.
3	X8C137W	EXP	TP1	30P49	TEST.
4	X8C138W	EXP	TP2	P2946W	TEST.
5	X8C139W	EXP	TP3	P3030W	TEST.
6	X8C140W	EXP	TP4	30P45	TEST.
7	X8C141W	EXP	TC1	ASGCebu	TEST.
8	X8C142W	EXP	TC2	ASGBisonte	TEST.
9	X7B426W	EXP	TC3	DKPDK2022	TEST.
10	P2837W	EXP	TC4	ASGPUMA	TEST.

Fuente: Pioneer; TP=Testigo de Pioneer; TC=Testigos de la competencia; EXP=híbridos precomerciales; TEST=Híbridos comerciales

## **Descripción de las localidades**

La evaluación de los 20 genotipos se llevo a cabo en 22 localidades de la zona costera del estado de Sinaloa, sembradas en la temporada invierno primavera del 2009.

El estado de Sinaloa se caracteriza por sus extensas planicies interrumpidas por algunos cerros. Durante 8 meses del año la temperatura promedio es de 23°C y los 4 meses restantes es de 29°C la temperatura promedio anual es de 25°C y el promedio de humedad es de 68%. La precipitación pluvial es variada, pues al sur oscila entre 700 – 1200, mientras que al norte va de 300 a 600 mm. El tipo de suelo predominante es negro que ocupa un 90 % de la superficie del estado. Las ubicaciones geográficas de los ambientes en donde se realizó la investigación se presentan en el Cuadro 3.2.

## **DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL.**

La siembra se realizó bajo el diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones por localidad, cada parcela experimental fue de cuatro surcos separados a 0.80 m y con una longitud de 4 metros, cabe mencionar que para la evaluación solo se cosecharon los dos surcos centrales. La densidad de población que se manejó fue de 120,000 plantas por hectárea por lo que cada surco contenía 40 plantas.

Cuadro 3.2 Ubicación geográfica de las localidades en que se evaluaron los materiales.

NUM.	LOCALIDAD	LAT. NORTE	LONG. OESTE	ALTITUD (MSNM)&
1	Chaves Talamantes.	26° 21' 38''	109° 02' 54''	23
2	Carrizo.	26° 10' 18''	108° 58' 29''	21
3	Ahome costa	25° 90' 76''	109° 14' 86''	38
4	20 de nov. Late.	25° 72' 39''	108° 94' 99''	8
5	Corerepe	25° 59' 42''	108° 73' 85''	9
6	El Progreso.	25° 43' 51''	108° 58' 68''	4
7	Guasave	25° 49' 82''	108° 36' 18''	19
8	San Rafael.	25° 47' 55''	108° 31' 38''	11
9	Santa Blanca.	25° 91' 73''	108° 91' 03''	21
10	Estacion naranjo.	25° 80' 62''	108° 51' 52''	46
11	Maquipo.	25° 66' 74''	108° 28' 66''	36
12	Guamuchil.	25° 33' 75''	108° 07' 81''	40
13	Angostura.	25° 20' 40''	108° 10' 33''	13
14	Chinitos.	25° 02' 31''	107° 92' 81''	11
15	Caimaneros.	25° 51' 10''	107° 31' 25''	20
16	Culiacancito.	24° 81' 60''	107° 50' 42''	24
17	Navolato.	24° 85' 10''	107° 66' 45''	13
18	Navolato (sataya)	24° 69' 78''	107° 70' 91''	6
19	Villa Juarez.	24° 50' 22''	107° 40' 22''	14
20	Quila.	27° 44' 42''	107° 30' 45''	37
21	Obispo	24° 26' 55''	107° 14' 58''	32
22	Cruz de lota.	23° 55' 00''	106° 53' 00''	20

Fuente: Pioneer. & metros sobre el nivel del mar.

## LABORES CULTURALES

### PREPARACIÓN DE TERRENO.

Todas las localidades se iniciaron con un subsileo, posteriormente dos pasos de rastra y un riego de presiembra.

### SIEMBRA

Esta se realizó mediante una sembradora de semipresición depositando 40 semillas por cada surco, sin realizar aclareo para las parcelas. Las fechas de siembras fueron diferentes por localidad estas fechas se concentraron en el Cuadro 3.3.



Cuadro 3.3 Fechas de siembra de las localidades.

NUM.	LOCALIDAD	FECHA DE SIEMBRA	NUM.	LOCALIDAD	FECHA DE SIEMBRA
1	Chaves Talamantes.	11/6/2008	12	Guamuchil.	11/23/2008
2	Carrizo.	11/4/2008	13	Angostura.	11/22/2008
3	Ahome costa	11/18/2008	14	Chinitos.	11/14/2008
4	20 de nov. Late.	11/1/2008	15	Caimaneros.	11/22/2008
5	Corerepe	11/19/2008	16	Culiacancito.	11/30/2008
6	El Progreso.	11/10/2008	17	Navolato.	11/27/2008
7	Guasave	11/20/2008	18	Navolato (sataya)	11/26/2008
8	San Rafael.	12/10/2008	19	Villa Juarez.	11/13/2008
9	Santa Blanca.	11/2/2008	20	Quila.	11/25/2008
10	Estación naranjo.	11/17/2008	21	Obispo	11/24/2008
11	Maquipo.	11/12/2008	22	Cruz de Iota.	11/12/2008

Fuente: Pioneer.

## FERTILIZACIÓN

La dosis aplicada en cada una de las localidades fue de 600 – 52 – 00 / ha. La aplicación de N fue el 50 % a la siembra el resto a los 50 días, para el caso del fósforo, se hizo la aplicación al 100 % durante la siembra.

## RIEGOS

Se aplicó un riego de presembrado para poder mantener humedad en el suelo y esperar el momento adecuado para asegurar la germinación, los riegos posteriores se aplicaron durante los 55, 85, 115 y 140 días aproximadamente para cada localidad, después de la siembra.

## **CONTROL DE PLAGAS**

Las plagas de suelo fueron combatidas principalmente con aplicaciones de carbofurano (Furadan 5G) y clorpirifos (Lorsban 3G). Las aplicaciones de estos productos se realizaron al inicio del cultivo para poder combatir principalmente trozadores.

Las plagas foliares se previnieron mediante aplicaciones de cipermetrina (arrivo) zeta cipermetrina (mustang max) y clorpirifos etil + permetrina (disparo) todas estas, de manera preventiva en el establecimiento del cultivo cuando estas se encontraban de V2 – V4 (etapa vegetativa).

## **CONTROL DE MALEZAS**

Esta se logro mediante las aplicación de Gesaprin Calibre 90 cuyo ingrediente activo es la atrazina, su aplicación fue al momento de la emergencia de la maleza para aplicar una menor cantidad para su control.

## **VARIABLES AGRONÓMICAS DE INTERÉS**

**POR CIENTO DE HUMEDAD:** esta fue tomada durante la cosecha con la cosechadora combinada.

**PESO DE CAMPO:** esta variable se tomo automáticamente con la cosechadora al momento de la cosecha.

**RENDIMIENTO.** Es la producción en peso calculada en toneladas por hectárea con el 15.5 % de humedad. Esta variable se obtuvo al multiplicar el

peso seco (PS) por un factor de conversión (FC), cuyas formulas se describen a continuación.

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

Donde: %H = Porcentaje de humedad del grano a la cosecha por parcela,

PC =Peso de campo en kg.

$$FC = \frac{10000}{APU \times 0.845 \times 1000}$$

**DONDE:** **APU** = Area de parcela util. Es el producto de la distancia entre surcos por la distancia entre plantas (12 cm. aprox.) por el numero exacto de plantas por parcela, **0.845** = Constante para transformar el rendimiento de peso seco al 15.5 % de humedad, **1000** = Constante para obtener el rendimiento en ton ha<sup>-1</sup>, **10000** = Valor correspondiente a la superficie de una hectarea en m<sup>2</sup>.

## **MANEJO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS AGRONÓMICOS**

La información obtenida para la variable de respuesta rendimiento fue analizada bajo un diseño de bloques al azar en forma individual para cada localidad y en forma combinada a través de las localidades bajo los siguientes modelos estadísticos.

### A) por localidad

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = observación del i-ésimo tratamiento en la repetición j-ésima;  $\mu$  = efecto de la media general;  $T_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento;  $B_j$  = efecto del j-ésimo bloque;  $E_{ij}$  = error experimental de la j-ésima observación en el i-ésimo tratamiento.

### A) a través de localidades

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + R_{j(i)} + G_k + GA_{ik} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = rendimiento de la i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición de la k-ésima localidad;  $\mu$  = efecto de la media general;  $A_i$  = efecto del i-ésimo híbrido;  $R_{j(i)}$  = efecto de la j-ésimo bloque dentro del i-ésimo ambiente;  $G_k$  = efecto del k-ésimo ambiente;  $GA_{ik}$  = efecto del k-ésimo tratamiento por el i-ésimo ambiente;  $E_{ijk}$  = error experimental.

Para un mejor análisis de este material se particionó el efecto de los híbridos en pre comerciales en testigos de la empresa y en testigos de la competencia así como de dos contrastes ortogonales haciendo la misma partición en la fuente híbridos por localidad.

El primer modelo estadístico empleado para interpretar la IGA fue **el de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI)** el cual ayuda a modelar

la respuesta de los ambientes, los genotipos y la IGA. Cuyo modelo matemático se presenta a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + R_{ij}$$

El otro modelo fue el denominado SREG que esta basado en un modelo en el que los términos lineales de genotipos no se consideran individualmente como usualmente se hace con el modelo AMMI, sino que se adicionan al termino multiplicativo de la interacción genotipo por ambiente, mediante este modelo se genera un gráfico de dos dimensiones (BIPLOT) llamado GGE dando a conocer los ambientes similares y destacando los mejores genotipos adaptados a esos ambientes (Cruz *et al*, 2007).

El modelo SREG esta dado por:

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

Donde:

$Y_{ij}$ : Es la respuesta media de un genotipo i en un ambiente j,  $\mu_j$ : Media del ambiente j para todos los genotipos y en este modelo se estima por medio de  $\hat{\mu}_j = \bar{Y}_{\cdot j}$ ,  $\lambda_k$ : Es el valor propio del eje k de componentes principales,  $\gamma_{ik}$ : Son los vectores propios unitarios genotípicos asociados a  $\lambda_k$ ,  $\alpha_{jk}$ : Son los vectores propios unitarios ambientales asociados a  $\lambda_k$ ,  $\varepsilon_{ij}$ : Error del genotipo i en el ambiente j,  $p$ : Número de ejes de componentes principales considerados en el modelo SREG.

La gráfica biplot recibe esta denominación debido a que en la salida que muestra la dispersión de los datos originales los clasifica en dos tipos, para el caso

particular del estudio de la interacción unos puntos corresponden a los genotipos y otros a los ambientes. Y es considerada una de las contribuciones importantes de los modelos AMMI y SREG (Crossa et al 1990, P. 199; Gauch 1990).

### **Criterios de selección**

La selección del mejor material se estimó en base a su rendimiento y su respuesta a la interacción genotipo x ambiente.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En este apartado se dará a conocer las diferencias y estimaciones de los resultados en la evaluación de los materiales mediante el uso de herramientas estadísticas ya especificadas anteriormente.

### **ANÁLISIS DE VARIANZA GENERAL A TRAVÉS DE LOCALIDADES**

El objetivo del análisis de varianza es identificar variables independientes importantes en un estudio y determinar cómo interactúan y afectan a la respuesta de rendimiento.

Los factores más importantes a considerar al momento de realizar una selección, son las diferencias existentes dentro de las fuentes de variación ya que estas indican cual es la contribución de cada factor y por ende tomar decisiones correctas. En este trabajo se realizó un análisis de varianza combinado a través de localidades cuyos resultados fueron concentrados en el Cuadro 4.1.

El estado de Sinaloa presenta extensas planicies, a veces interrumpidas por grandes relieves que contribuyen a un cambio de ambiente dentro del mismo estado. Estas características originaron que la fuente de variación localidades presentara diferencia significativa ( $P \leq 0.01$ ) tal y como se observa en el Cuadro 4.1. Además esta fuente de variación fue la que contribuyó más a la variación total del experimento. Estos resultados reflejan que las condiciones ambientales, edáficas y de manejo agronómico fueron diferentes para cada localidad, lo cual es una ventaja, ya que origina tener un conocimiento más amplio del comportamiento de los híbridos por someterse a distintas condiciones.

**Cuadro 4.1** Análisis de varianza general combinado a través de localidades de 20 híbridos de maíz evaluados en 22 localidades del estado de Sinaloa durante el 2009.

F.V.	GL	SC	CM	
Localidades (loc)	21	20684.88	984.99	**
Bloques/loc	22	194.61	8.85	**
Híbridos (hib)	19	351.73	18.51	**
Precomerciales (prec)	11	202.44	18.40	**
Comerciales propios (TP)	3	59.61	19.87	**
Comerciales competencia (TC)	3	37.10	12.36	**
Prec vs comerciales	1	46.12	46.12	**
TP vs TC	1	5.24	5.24	
Hib x loc	399	1906.00	4.77	**
Prec x loc	231	957.61	4.14	**
TP X loc	63	264.66	4.19	*
TC x loc	63	230.01	3.65	
e.e.	411	1070.29	2.60	
Total	872	24332.56		
c.v.	8.43			
Media	19.13			
Media prec.	19.33			
Media TP	18.98			
Media TC	18.68			

\*, \*\* = significativo al punto 0.05 de probabilidad y punto 0.01 respectivamente; fuentes de variación (FV); grados de libertad (GL); suma de cuadrados (SC); cuadrados medios (CM); testigos propios (TP); testigos comerciales (TC).

Para que el diseño de bloques al azar sea eficiente, deben existir diferencias entre los bloques, ya que permite quitar este efecto del error experimental originando una mejor apreciación de las comparaciones estadísticas de los tratamientos. Para este trabajo, se puede establecer que el diseño empleado si fue eficiente ya que se detectó diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) en la fuente bloques dentro de localidad debido, quizás al tipo de manejo agronómico o condiciones ambientales de la localidad.

En este trabajo de investigación se evaluaron 20 híbridos de maíz de los cuales 12 son pre comerciales y 8 comerciales, 4 pertenecientes a la empresa y los otros 4 a otra diferente. Al menos esta situación originó que la fuente híbridos presentara



diferencia significativa ( $P \leq 0.01$ ), sin dejar de considerar la variación que existe dentro de cada uno de estos grupos, dadas por el origen genético y al manejo genético que han sufrido estos materiales.

Para ser mas precisos en estas aseveraciones se particionó dicha fuente en cinco componentes (Cuadro 4.1), que describen a tres de estos grupos así como dos contrastes entre estos dos grupos. El análisis de varianza arrojó que tanto los pre comerciales, comerciales de la empresa y comerciales de la competencia presentaron diferencia significativa ( $P \leq 0.01$ ), aunque en los primeros, esta variación fue mayor ya que contribuyó con un 57.55%, a la variación de híbridos, seguido de los comerciales propios con 16.94% y finalmente los de la competencia con 10.54 % con lo que se confirma que el comportamiento de cada material fue significativamente diferente.

La finalidad de la empresa Pioneer es originar híbridos que sean superiores a los que ya se encuentran en el mercado de tal manera que los pre comerciales tienen que ser superiores a los testigos comerciales, en el mismo Cuadro (4.1) se puede apreciar que al comparar los testigos comerciales a través del contraste ortogonal, la diferencia fue significativa estadísticamente ( $P \leq 0.01$ ). Si se consideran las medias de estos dos grupos se puede apreciar que la media de los pre comerciales supero a los testigos. Con esos resultados se logra establecer que se esta cumpliendo con el objetivo que tiene la empresa.

Aprovechando la información, también se comparó los testigos comerciales de la empresa con los de la competencia para conocer el nivel de competitividad de la empresa, el resultado mostro que entre estos híbridos no existió diferencia alguna por presentar medias muy semejantes. Originando así un alto nivel de competitividad. Con estos resultados se genera la pauta de identificar cual de los híbridos es el superior; sin embargo, la selección no puede hacerse de una manera directa considerando la media general a través de localidades, debido a que la fuente de variación híbrido x localidad presentó diferencia significativa ( $P \leq 0.01$ ).

Esta situación refleja que cada material se comporto de manera diferente en las localidades, esto hace necesario que se realice un análisis más profundo del comportamiento de estos genotipos para seleccionar el de mayor rendimiento pero que sea estable.

Dentro de las particiones de híbridos por localidad se puede observar que los grupos de materiales que cambian de orden de acuerdo al ambiente en que se manejan son los pre-comerciales ya que muestran una diferencia altamente significativa, los testigos propios presentan una diferencia significativa mientras que los testigos de la competencia aparentemente se encuentran más estables ya que cuando un cultivar tiene una adaptación general cuando presenta un mejor comportamiento relativo en la mayoría de los ambientes en los que se esta evaluando. Por el contrario un cultivar presenta adaptación específica cuando muestra mejor comportamiento relativo en un determinado ambiente en donde fue evaluado (Cerreto *et al.*, 1998).

También se particionó esta fuente en los diferentes tipos de híbridos por localidad (Cuadro 4.1) donde los resultados arrojaron que los que presentan una mayor interacción con el ambiente son los pre comerciales de tal manera que esta fuente presentó diferencias estadísticas ( $P \leq 0.01$ ), otra fuente que presentó diferencias ( $P \leq 0.05$ ) fue la de los testigos de la empresa. Esta situación tiene que ser atendida por los programas de mejoramiento que aunque están aumentando el potencial de rendimiento quizás no se esta dando la importancia a la estabilidad, lo que hace que se reduzca el nivel de competitividad.

## **ANALISIS DE VARIANZA POR LOCALIDAD**

Si bien, los resultados del análisis de varianza anterior arrojaron información valiosa, es necesario hacer un análisis más detallado del comportamiento que tuvo cada una de las localidades, en este caso se realizó un análisis individual para cada localidad cuyos resultados se concentraron en el Cuadro 4.2

La finalidad de sembrar los híbridos en una localidad determinada es para hacer una comparación de su comportamiento para una variable en específico como en este caso el rendimiento, de tal manera que una buena localidad será aquella que origine la mayor diferenciación entre los genotipos, ya que aquella que no presente este grado de diferenciación, prácticamente no se podrá hacer selección, además esta localidad debe representar condiciones homogéneas para que la diferenciación detectada sea debida al genotipo y no al factor ambiental.

Bajo este supuesto y observando los resultados del Cuadro 4.2 se puede apreciar que las localidades 7, 11 y 21 fueron las únicas que no tuvieron las condiciones ambientales homogéneas ya que presentaron diferencia significativa ( $P \leq 0.01$ ) para la fuente bloques, siendo solo en estas localidades eficiente el diseño experimental utilizado.

En cuanto a la fuente híbridos las localidades 2 y 15 así como la 3, 6 y la 11 presentaron diferencias significativas al  $P \leq 0.05$  y  $.01$  respectivamente. Esto indica que de las 22 localidades que se utilizaron en el estudio solamente en estas 5 se puede identificar los mejores individuos, pues tienen la capacidad de diferenciar a los genotipos.

localidad	bloques	híbridos		e.e.	c.v.	media
l1	3.99	3.57		2.92	9.45	18.10
l2	26.79	4.15	*	2.56	7.52	21.29
l3	0.39	10.73	**	1.14	4.80	22.24
l4	7.56	3.23		2.78	8.84	18.87
l5	4.21	5.11		2.80	7.49	22.36
l6	2.78	8.74	**	1.47	5.53	21.90
l7	26.07	* 5.97		2.46	6.55	23.92
l8	4.82	2.11		1.54	7.09	17.50
l9	0.00	8.23		6.20	15.36	16.20
l10	5.90	5.90		4.20	8.85	23.14
l11	4.47	* 5.38	**	1.10	5.73	18.35
l12	13.57	3.36		1.87	6.34	21.59
l13	0.00	5.77		3.07	12.16	14.42
l14	0.32	3.76		2.10	9.97	14.54
l15	1.07	1.25	*	0.37	12.93	4.71
l16	9.55	5.17		2.79	7.02	23.79
l17	0.99	4.68		3.67	7.75	24.71
l18	19.56	7.37		3.55	13.14	14.35
l19	32.20	12.11		4.13	10.60	19.16
l20	1.75	4.09		1.67	8.21	15.76
l21	23.27	* 3.50		2.41	5.49	28.27
l22	5.40	5.40		2.73	10.38	15.92

\*, \*\* = significativo al punto 0.05 de probabilidad y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente; localidades del 1 al 22 (l1, l2...l22); error experimental (e.e.); coeficiente de variación (c.v.).

De manera general los coeficientes de variación se presentaron bajos, lo que indica un buen manejo de los experimentos.

## MEDIAS DE RENDIMIENTO POR LOCALIDAD

En cuanto a las medias de rendimiento de cada híbrido por cada localidad se refiere, en el Cuadro 4.2 se aprecia que el rango de rendimiento de las localidades va desde las 4.71 hasta 28.17 t ha<sup>-1</sup> siendo las localidades 21, 17, 7 y la 10 las que presentaron el mayor rendimiento. El caso de la localidad 15 que presentó el rendimiento más bajo, se debió a que esta localidad se utilizó para observación y fue utilizada para valorar la tolerancia de los genotipos respecto a las enfermedades más comunes en esta región. En el Cuadro 4.3 se concentraron las medias de rendimiento de cada genotipo en cada localidad con la finalidad de observar de manera más específica su rendimiento así como el lugar que ocupó en cada una de ellas.

La información de este cuadro refleja la inconsistencia del comportamiento de los híbridos a través de las localidades, es decir, ninguno de ellos presenta el mismo lugar de orden en todas las localidades, comprobando de esta manera la existencia de la interacción genotipo ambiente, en la falta de estabilidad de los genotipos.

Si se considera la media general de cada híbrido se establece que los híbridos de mayor rendimiento fueron el uno y el tres que son híbridos pre comerciales, sin embargo este resultado no debe considerarse como único, ya que no considera la total intensidad de la interacción genotipo ambiente.

Todo lo anterior concuerda con Bancourt y Leconte (2003) quienes mencionan que la importancia en evaluación de genotipos en varios ambientes radica en que su respuesta relativa con frecuencia cambia de un ambiente a otro, además conocer la magnitud de la interacción genotipo ambiente permite seleccionar los genotipos de acuerdo con los objetivos del fitomejorador.

**Cuadro 4.3** cuadro de rendimiento y lugares que ocupa cada material en las localidades evaluadas en Sinaloa en el 2009.

MATERIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 X8C135W	17.78	22.54	20.4	18.5	25.38	24.64	24.38	16.28	18.96	25.35	21.54	20.3	17.47	16.07	4.62	25.67
2 X8C136W	19.89	20.58	19.61	19.3	21.27	22.16	23.67	17.46	17.32	11.12	20.16	23.53	14.19	14.53	5.08	24.48
3 X8C137W	8.92	22.73	26.07	20.55	25.22	25.9	27.25	19.16	20.08	21.75	22.18	21.15	16.51	16.24	5.37	24.06
4 X8C138W	19.19	22.26	20.65	19.32	21.92	21.34	22.96	18.44	17.33	20.76	18.66	22.05	7.55	16.34	4.77	22.99
5 X8C139W	15.28	21.55	22.75	19.39	22.74	23.74	27.26	16.49	13.91	24.87	18.2	22.73	12.5	13.19	3.6	23.06
6 X8C140W	19.08	19.17	18.11	16.98	25.62	20.79	24.11	17.86	16.64	11.77	18.52	21.97	12.65	13.99	5.74	21.89
7 X8C141W	17.64	20.88	20.4	17.5	23.87	21.34	24.68	18.87	17.92	23.42	18.67	20.67	16.21	16.51	2.94	22.96
8 X8C142W	17.91	18.5	19.92	18.09	21.19	19	22.99	17.48	14.1	24.18	19.94	22.72	12.78	12.76	4.84	24.06
9 X7B426W	19.5	20	24.14	18.02	21.18	19.84	24.69	17.98	20.46	23.56	16.77	21	15.16	15.27	3.7	21.29
10 P2837W	17.3	21.02	22.47	20.78	21.96	21.35	25.5	16.92	14.64	25.95	18.33	19.08	14.69	11.55	4.8	24.78
11 P2948W	18.38	23.36	22.54	18.71	22.95	21.95	23.63	16.3	16.55	23.63	19.04	20.19	13.51	14.2	5.35	23.41
12 X7C518W	17.54	20.8	17.75	20.55	21.74	22.12	22.86	18.2	15.97	25.61	17.79	23.19	13.73	13.87	6.1	23.16
13 30P49	17.98	19.73	23.73	16.68	19.38	18.12	24.29	16.98	16.41	21.23	16.85	20.01	13.6	12.32	4.53	22.62
14 P2946W	17.75	24.56	23.37	20.04	22.44	22.51	24.87	17.59	14.69	21.92	18.18	21.97	16.42	15.11	5.58	22.52
15 P3030W	17.5	21.85	23.41	18.46	22.34	20.29	23.45	18.41	15.53	22.6	16.88	23.05	16.39	15.43	5.37	22.78
16 30P45	18.71	20.18	22.24	16.74	22.12	20.5	25.13	15.65	14.63	23.94	18.73	23.31	15	15.55	4.02	25.68
17 ASGCebu	19.36	21.24	25.14	20.11	20.8	26.35	20.45	17.67	14.55	17.79	17.22	21.89	15.59	14.68	4.63	28.3
18 ASGBisonte	20.82	21.14	23.93	19.06	22.44	22.47	23.35	15.85	13.14	24.25	15.9	19.95	13.75	15.28	5.12	25.6
19 DKPK2022	15.74	21.91	23.37	18.68	21.58	22.83	20.79	17.45	16.52	21.01	16.87	22.23	10.82	13.93	4.13	23.57
20 ASGPUMA	16.8	21.99	24.89	20.07	21.23	20.82	22.28	18.98	14.78	19.53	16.67	20.93	12.8	14.16	4.15	23.07
MEDIA	18.1	21.29	22.24	18.87	22.36	21.9	23.92	17.5	16.2	23.14	18.35	21.59	14.42	14.54	4.71	23.79

Continuación.....

17	18	19	20	21	22	MEDIA
26.64	16.56	20.12	18.85	30.14	14.33	20.3
22.91	15.86	18.32	16.2	28.85	14.99	18.7
28.02	16.84	21.43	16.31	28.88	15.87	20.48
23.81	13.85	23.66	14.99	28.01	16.98	18.99
25.26	12.74	20.1	16.42	28.02	15.32	19.05
24.78	13.78	20.53	16.2	25.98	15.43	18.25
25.74	14.03	20.7	17.2	28.75	13.67	19.3
24.16	14.46	20	14.11	29.52	15.1	18.54
21.9	13.7	17.73	16.76	26.63	13.78	18.77
24.88	15.64	19.69	14.88	28.3	15.32	19.08
23.96	19.65	20.06	15.76	29.93	16.31	19.52
26.2	15.47	17.45	16.53	29.7	8.49	18.86
24.49	14.42	11.57	15.65	27.75	17.53	17.99
23.67	12.67	19.31	15.43	27.93	20.06	19.48
22.08	13.64	21.97	16.53	29.21	16.2	19.24
24.15	14.44	19.29	17.97	27.73	17.31	19.23
26.71	12.49	18.22	14.33	30.25	17.31	19.05
24.86	12.5	17.05	13.34	27.58	13.01	18.65
13.16	11.17	16.82	13.89	26.03	17.31	17.72
24.59	13.11	19.22	13.89	26.4	16.31	18.49
24.71	14.35	19.16	15.76	28.27	15.92	

Fuente: pionner.

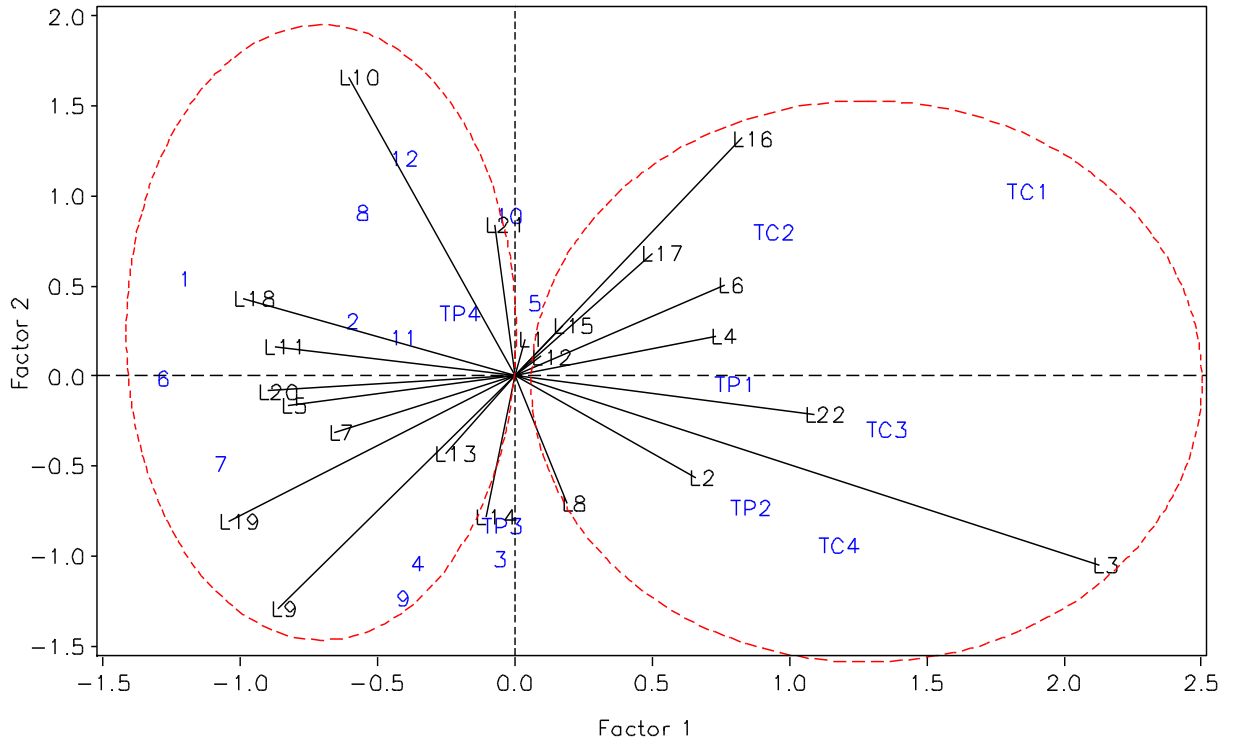
Actualmente existen nuevos métodos estadísticos que están siendo implementados para estudiar e interpretar la interacción genotipo por ambiente en ensayos de estabilidad. Estos métodos permiten mejorar la identificación y recomendación de nuevos materiales con adaptación específica o amplia.

### **ANALISIS MEDIANTE EL MODELO DE INTERACCION MULTIPLICATIVO Y EFECTOS PRINCIPALES ADITIVOS (AMMI)**

Uno de los métodos más actuales e implementados para esta investigación es el modelo de interacción multiplicativa y efectos principales aditivos (AMMI), útil para entender la compleja interacción genotipo por ambiente, ganando precisión, mejorando el proceso de selección e incrementando la eficiencia experimental Gauch y Zóbel, 1996.

En la Figura 4.1 se presentan el biplot originado por el modelo AMMI el cual muestra que los 22 ambientes de evaluación, aún y cuando pertenecen al mismo estado, no son representativas de un solo mega ambiente, si no se detectaron dos mega ambientes diferentes debido a que se presentó una interacción cruzada

Estos resultados complican aún más la selección debido a que se están evaluando materiales en un ambiente que no les corresponde, siendo esta interacción cruzada una causante de una selección sesgada de los genotipos, ya que Las interacciones cruzadas son cambios de rango entre cultivares a través de los ambientes (Mishra et al 2006).



**Figura 4.1** gráfica biplot AMMI para la respuesta a la interacción genotipo ambiente de 20 materiales en 22 localidades del estado de Sinaloa.

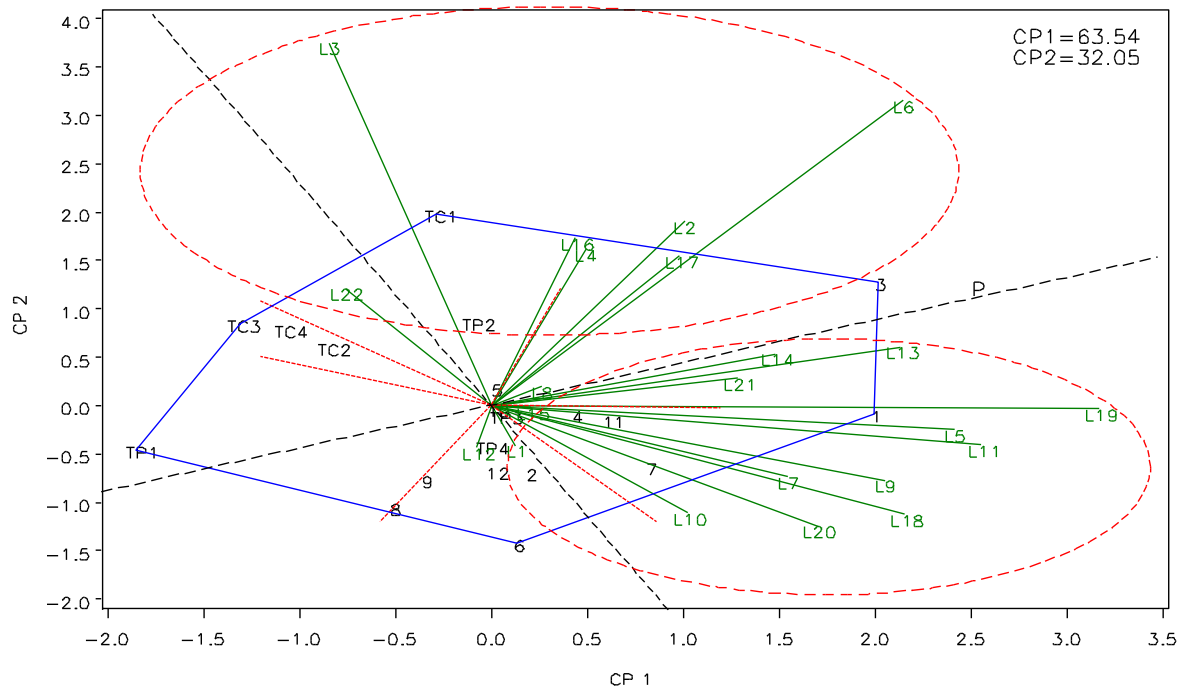
MATERIALES EVALUADOS. 1=135W; 2=136W; 3=137W; 4=138W; 5=139W; 6=140W; 7=141W; 8=142W; 9=246W; 10= 837W; 11=2948W; 12=518W; TP1=30P49 TP2=P2946; TP3=P3030, TP4=30P45; TC1=CEE TC2=BISONTE; TC3=DK2022; TC4=PUMA. LOCALIDADES DE EVALUACION L1=Chaves Talamantes; L2=carrizo. L3=Ahome; L4=20 de nov.; L5=Corerepe. L6=El progreso. L7=Guasave. L8=San Rafael. L9= Santa blanca L10= Estacion Naranjo. L11 =Maquipo. L12= Guamuchil; L13= angostura; L14=Chinitos, L15=Caimaneros; L16=culiacancito; L17= Navolato; L18= Navolato sataya, L19= Villa Juárez. L20= Quila. L21=Obispo; L22=cruz de lotes

Para corroborar el resultado de la gráfica AMMI se optó por hacer una nueva gráfica biplot bajo el modelo de regresión de los sitios SREG cuyos resultados que se presenta en la Figura 4.2.

### ANÁLISIS MEDIANTE EL MODELO DE REGRESIÓN DE LOS SITIOS (SREG)

El resultado de esta segunda gráfica reafirma que en efecto las localidades bajo estudio se encuentran bajo dos mega ambientes diferentes estando el mega ambiente uno representado por las localidades 1, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20 y 21, mientras que el mega ambiente dos esta representado por las localidades 2, 3, 4, 6, 8, 16, 17 y 22.





**Figura 4.2.** Gráfica biplot SREG para la respuesta a la interacción genotipo ambiente de 20 materiales en 22 localidades del estado de Sinaloa.

BILOT SREG. MATERIALES EVALUADOS. 1=135W; 2=136W; 3=137W; 4=138W; 5=139W; 6=140W; 7=141W; 8=142W; 9=246W; 10= 837W; 11=2948W; 12=518W; TP1=30P49 TP2=P2946; TP3=P30 TP4=30P45; TC1=CEBU; TC2=BISONTE; TC3=DK2022; TC4=PUMA. LOCALIDADES DE EVALUACION L1=Chaves Talamantes; L2= el carrizo. L3=Ahome; L4=20 de nov.; L5=Corerepe. L6=El progreso. L7=Guasa L8=San Rafael. L9= Santa blanca; L10= Estación Naranjo. L11 =Maquipo. L12= Guamuchil; L13= Angostu L=14Chinitos, L15=Caimaneros; L16= Culiacancito; L17= Navolato; L18= Navolato sataya, L19= Villa Juárez L20= Quila. L21=Obispo; L22=Cruz de Iota.

Esta situación puede ser debida a que dentro de estos dos mega ambientes las condiciones climáticas, edáficas se muestran diferentes.

## ANÁLISIS MEDIANTE EL MODELO DE REGRESIÓN DE LOS SITIOS PARA EL MEGA AMBIENTE UNO

Ante esta situación y ante la necesidad de identificar un híbrido con potencial de rendimiento superior que tenga posibilidad de explotarse a nivel comercial se analizó la interacción genotipo ambiente para cada uno de estos mega ambientes bajo el modelo SREG.

Para el mega ambiente uno, cuyos resultados se encuentran en la Figura 4.3 se puede observar que todas las localidades se encuentran dentro de un rango menor a 90° lo que indica que si pertenecen estas a un mismo mega ambiente.

Considerando la longitud de los vectores de los ambientes se puede establecer que aquellos que originan una mejor discriminación de los genotipos son los ambientes 18 y 19 que corresponden a Navolato Sataya y Villa Juárez, respectivamente. Esto de acuerdo a lo explicado por Kempton y Yan *et al.* (2002).

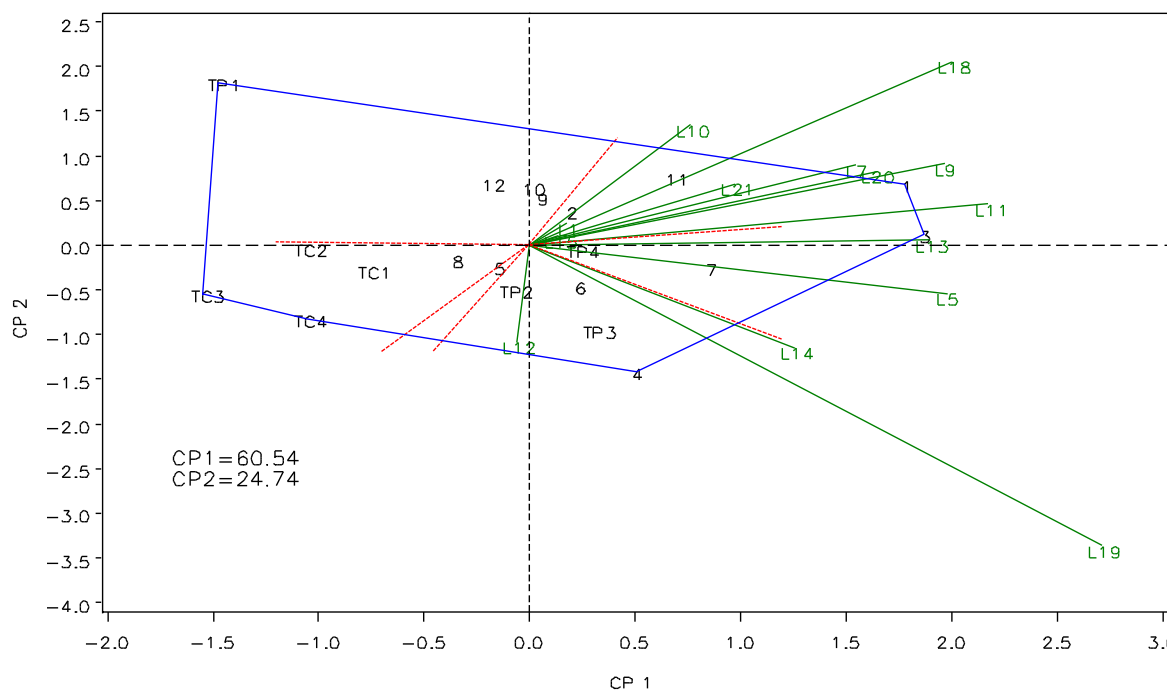
Contrario a lo comentado se aclara que las localidades 10, 14 y 21 no contribuyen a una discriminación aceptable de los genotipos debido a la corta longitud de su vector. Además es importante mencionar que el grupo comprendido por las localidades 17, 19 y 20 realizan un trabajo similar por lo que bien se pudiera establecer solo una de ellas.

De acuerdo a Yan y Rajkan (2002) citados por Rojas (2009), los sitios del mismo sector comparten el mismo genotipo ganador, y sitios en diferentes sectores tienen diferentes genotipos ganadores, lo que coincide con el polígono en donde se contemplan tres de los seis sectores, sin embargo el de mayor importancia es el sector que contempla las localidades 5, 11 y 13 cuyos genotipos ganadores son el 3 y el 7.

Otra aportación importante mediante la Figura 4.3 es la identificación de localidades que aportan una misma información respecto a la discriminación de los genotipos, esto de acuerdo a la cercanía que comparten unos de otros

Bajo los principios ya mencionados, aun cuando el genotipo 1 destaca por un mejor rendimiento en un sector diferente se señala que los genotipos ideales deben tener alta habilidad de rendimiento para el CP1 (rendimiento) y una pequeña puntuación para CP2 (estabilidad) y con base en este fundamento se puede decir

**Figura 4.3** gráfica biplot para el primer mega ambiente de los 20 materiales evaluados en 22 localidades.



MATERIALES EVALUADOS. 1=135W; 2=136W; 3=137W; 4=138W; 5=139W; 6=140W; 7=141W; 8=142W; 9=246W; 10= 837W; 11=2948W; 12=518W; TP1=30P49 TP2=P2946; TP3=P3030, TP4=30P49. TC1=CEBU; TC2=BISONTE; TC3=DK2022; TC4=PUMA. LOCALIDADES DE EVALUACION. L1=Chaves Talamantes; L5=Corerepe. L7=Guasave. L9= Santa blanca; L10= Estación Naranjo. L11=Maquipo. L12= Guamuchil; L13= Angostura; L14=Chinitos, L15=Caimaneros; L18= Navolato sataya, L19= Villa Juárez. L20= Quila. L21=Obispo.

que el genotipo 3 es el material que representa un mejor rendimiento y una mayor estabilidad para este primer mega ambiente.

Para este mega ambiente ninguno de los testigos comerciales tuvo un comportamiento sobresaliente, además solamente el TC2 Y el TP4 presentan una buena estabilidad.

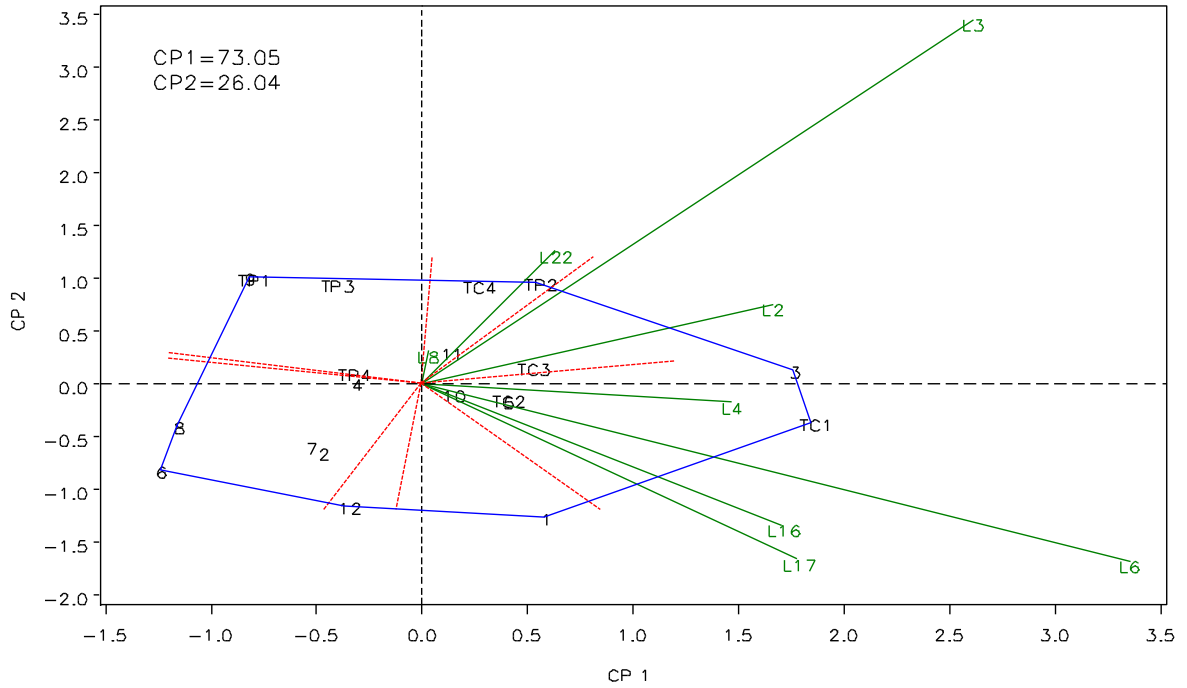
## **ANALISIS MEDIANTE EL MODELO DE REGRESION PARA EL MEGA AMBIENTE DOS.**

En lo que se refiere al mega ambiente dos cuya grafica se concentro en la Figura 4.4 se puede observar que si representan a un mismo mega ambiente, ya que el ángulo entre estas no rebasan el ángulo de  $90^\circ$ .

En cuanto al poder de discriminación de las localidades se encontró que las localidades 3 y 6 (Ahome, El Progreso respectivamente) son las que presentan mayor poder de discriminación debido a la longitud de sus vectores. En tanto que las localidades 4, 8 y 22 al presentar un vector muy corto, no contribuyen a realizar una mejor discriminación de los materiales por lo que podrían ser omitidas. Otro aspecto importante es que la localidad 16 y 17 concentran una estrecha relación por lo que el trabajo que realizan es el mismo pudiendo de esta manera prescindir de una de ellas.

Los materiales de mayor rendimiento para el segundo mega ambiente fueron el TC1 (ASGcebú) y el precomercial 3 (137W). Aun cuando el primero se encuentra ligeramente mejor posicionado en rendimiento, su ubicación dentro de la grafica nos señala que no mantiene estabilidad (CP2), en cambio el precomercial tres presenta una alta estabilidad al estar ubicado muy cercano al CP2.

**Figura 4.4** Gráfica biplot para el segundo mega ambiente de los 20 materiales evaluados en 22 localidades



MATERIALES EVALUADOS. 1=135W; 2=136W; 3=137W; 4=138W; 5=139W; 6=140W; 7=141W; 8=142W; 9=246W; 10= 837W; 11=2948W; 12=518W; TP1=30P49 TP2=P2946; TP3=P3030, TP4=30P45; TC1=CEBU; TC2=BISONTE; TC3=DK2022; TC4=PUMA. LOCALIDADES DE EVALUACION L2= el carrizo. L3=Ahome; L4=20 de nov.; L6=El progreso. L8=San Rafael. L16= Culiacancito; L17= Navolato; L22=Cruz de lota.

## V. CONCLUSIÓN.

La evaluación de las localidades en estudio para las discriminación de los tratamientos dio como resultado una interacción cruzada, dando pauta a la creación de dos mega ambientes diferentes, mismos que fueron analizadas mediante graficas biplot los resultados demostraron que el material con mayor rendimiento y estabilidad para los dos mega ambientes fue el precomercial 3 (137W). En tanto que el testigo que mas se acerco fue el TP4 para el mega ambiente 1 presentando mejor estabilidad pero con un menor rendimiento. Para el mega ambiente dos el mas próximo fue el TC1 con igual rendimiento pero menor estabilidad.

En cuanto a localidades se refiere la localidad que ayudo a tener una mejor discriminación de los materiales para el primer mega ambiente fue la localidad 19 (villa Juárez), mientras que para el segundo mega ambiente la localidad con mayor poder de discriminación fue la localidad 3 (Ahome).

El modelo empleado permite una buena discriminación de los genotipos por su potencial de rendimiento y estabilidad, además visualiza de manera gráfica la interacción del genotipo con el ambiente haciendo más fácil su interpretación.

## VI. RESUMEN

La evaluación de diferentes genotipos bajo distintas condiciones ambientales ayuda a interpretar la interacción de los genotipos con el ambiente, con esta finalidad se realizó la evaluación de 20 híbridos (12 precomerciales y 8 comerciales) en 22 ambientes del estado de Sinaloa. 16 de estos materiales corresponden a la empresa Pioneer en tanto que los 4 restantes son de otra empresa competente, los objetivos fundamentales de la presente fueron (1) identificar materiales que puedan ser liberados como nuevos híbridos para la zona costera del estado de Sinaloa. (2) determinar si los híbridos precomerciales muestran mejor comportamiento y estabilidad en comparación con híbridos comerciales recomendados para la región de interés, (3) evaluar 20 genotipos en ambientes representativos del estado de Sinaloa con la intención de establecer grados de asociación entre localidades

Al realizar la evaluación mediante graficas biplot la resultante fue una interacción cruzada, razón por la cual se decidió establecer dos mega ambientes diferentes, el primero formado por las localidades 1, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20 y 21, mientras que el segundo formado por las localidades 2, 3, 4, 6, 8, 16, 17 y 22.

En ambos mega ambientes el material que resulto tener mejor capacidad de ser explotado como híbrido comercial fue el numero 3, (137 W).

En tanto que los ambientes que mejor discriminación presentaron con respecto a los materiales fueron los ambientes 18 y 19 que corresponden a Navolato Sataya y Villa Juárez respectivamente. Mientras que para el mega ambiente dos las localidades 3 y 6 (Ahome, el Progreso respectivamente) son las presentan mayor poder de discriminación debido a la longitud de sus vectores.

El modelo de regresión de los sitios es una herramienta muy útil para conocer la discriminación que ejercen las localidades sobre los materiales bajo estudio, además esto permite conocer visualmente el comportamiento de cada uno de estos, con la finalidad de facilitar la selección hacia el material con mayor capacidad de ser explotado comercialmente.



## VII. LITERATURA CITADA

- Alejos *et al* 2006**, análisis de la interacción genotipo ambiente para rendimiento de maíz en la región maizera del estado de Yaracuy, Venezuela. *In*: agronomía tropical N° 3 Vol. 56. pp. 369 – 384.
- Allard, R. W., Bradshaw. A. D 1964**. Implications of genotype- environment interactions *in*: applied plant breeding. Crop Sci. 4:503-507.
- Barah, B., H. Binswanger.,. Rana y N. Rao. B 1981**. The use of risk aversion in plant breeding; concept and application. Euphytica 30: 351-358.
- Barriga, P. 1996**. Análisis genéticos estadísticos en los programas de mejoramiento por mutaciones inducidas. *In*: C. Muñoz (ed). Biotecnología en relación con técnicas mutagénicas. para el mejoramiento vegetal. INIA/CCHEN, Santiago, Chile. Serie La Platina N° 64. pp.78-84.
- Bartolini, R (1990)**. El maíz. Edit. Agro guías mundiprensa. Ediciones española. Barcelona – España. Pág. 352.
- Cerreta, S. 1996**. Evaluación de cultivares de maíz para silo *in*: jornada de cultivos de verano. Serie actividades de difusión N° 104 INIA la Estanzuela, INIA, Uruguay. pp. 21 – 25.
- Cruz M. S., M. M. Gómez, M. E. Ortiz, A. M. Entzana, C. Y. Suárez, V Santillan. 2007** Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012. SIAP. SAGARPA.
- Cruz R. *et al*. 1994**. Genotype-environment interaction analysis with the AMMI model. *In*: Proceedings Beltwide Cotton Conferences. San Diego, CA, USA. pp. 690-692. Original no consultado, compendiado en CAB. Abstracts 1995. N° 951613237.

**Cubero J. I. (2003).** Introducción a la mejora genética. Edit. Mundi-prensa, Pág. 278-280.

**Córdova, H. S. (1989)** Evaluación de 36 cultivares de maíz en 20 ambientes de Centroamérica, Panamá y El Caribe. PCCMCA 1988. XXXV Reunión Anual del PCCMCA San Pedro Sula, Honduras. abril 2 al 7.vol 3. 903p.

**De León castillo, De la rosa L. A., Samano G. 2004.** Análisis de los patrones de respuesta de grupos germoplasmicos y ambientes por “biplot” en maíz. Disponible en:  
<http://www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/maiz/analresp.pdf>

**Vallejo C. F., Estrada S. 2002.** Mejoramiento Genético de Plantas. Universidad de Colombia. Pág.183-184.

**Bernis J.M., Borrás P.C. (2004).** Variedades y mejora de arroz (*Oriza sativa L.*) Primera edición. Patrocinio de la Universidad Internacional de Cataluña y la Asociación de Ingenieros Agrónomos de Cataluña ISBN: 84-930364-1-2. Pág. 274.

**Fuentes L. M, Pérez R. Zea J. L. (2002).** Avance en el desarrollo de híbridos de maíz (*zea mays*) a partir del patrón heterótico del icta hb-83 adaptado a condiciones del trópico bajo de Guatemala.

**Giambastiani G. (1998).** Establecimiento de cultivos estivales. Cereales y oleaginosas. – F.C.A. – U.N.C. disponible en:  
<http://agro.uncor.edu/~ceryol/documentos/ecofisiologia/establecimiento.pdf>.

**Gómez M., N. O.; Ramírez D. J. L., Y Turrent F. A. 2001.** H-516, maíz de alto rendimiento para regiones cálidas y semicálidas de México. División Agrícola, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y

Pecuarias (INIFAP)–Centro de Investigación Regional Pacífico Sur (CIRPAS)–Campo Experimental Iguala (CEIGUA). p.20 (Folleto técnico Núm.8). Disponible:

<http://scholar.google.com.br/scholar?q=%20H516,%20ma%3%adz%20de%20alto%20rendimiento%20para%20regiones%20c%3%a1lidas%20y%20semic%3%a1lidas%20de%20M%3%a9xico>

**Gordon M.R., Camargo B. I., Franco B. J., Gonzáles S. (2006).** Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz, Azuero, Panamá. *In: Agronomía mesoamericana.* 17(2): 189-199. 2006 Pág. 189 – 199.

**Gutiérrez, J., M. Lopez, Y K. EL-ZIK. 1994.** AMMI: A tool to determine adaptability of up land cotton genotypes in Spain. In: Proceedings Beltwide Cotton Conferences. San Diego, CA, USA. pp. 688-689. Original no consultado, compendiado en CAB. Abstracts 1995. [http://w4.siap.gob.mx/sispro/IndModelos/SP\\_AG/Maiz/Descripci%C3%B3n.pdf](http://w4.siap.gob.mx/sispro/IndModelos/SP_AG/Maiz/Descripci%C3%B3n.pdf)

**Ibáñez, M.A, Cavanagh M.M, Bonamico N.C 2006.** Análisis gráfico mediante biplot del comportamiento de híbridos de maíz. RIA. 35(3):83-93 INTA Argentina.

**Kang, M. S. 1990.** Genotype by environment interaction and its implication in plant breeding. Symposium *In: Genotypes by environment interaction and plant breeding.* Ed. by Manjit, S. Kang, LSU, Agricultural Center.

**Lúquez J., Weilenmann De Tau, M.E.<sup>1</sup>; Forjan, H.<sup>2</sup>; Piersanti, M. 2002.** Estabilidad de híbridos de maíz para rendimiento de grano. Instituto nacional de tecnología a agropecuaria, disponible en: <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/cereales/maiz/mej/hibridosdemaiz.htm>

**Márquez F. 1991.** Genotecnia Vegetal; Métodos teoría y resultados. Tomo III. Ed. AGT. México D. F. 408p.

**Michelena, A., Romagosa I, Martin J., Y López A. 1995 A.** Estabilidad de la calidad y el rendimiento del trigo harinero. Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales 10(2):

**Morales R., Ron P. J., Sánchez G. J.J., Ramírez D. J. L. De La Cruz Larios, Mena M. S., Hurtado S, Chuela B. M. (2005).** Diversidad genética y heterosis entre híbridos comerciales de maíz de Jalisco liberados en la década de 1990. *In:* revista fitotecnia mexicana Vol. 28, N° 002, sociedad mexicana de fitogenética, A. C. Chapingo, México. Pág. 115 – 126.

**Paliwal R. L., G. Granados, Lafitte H. R Y Violic. A. D. 2001.** Mejoramiento del maíz híbrido. En El maíz en los trópicos mejoramiento y producción. FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s00.HTM>

**Paredes. 2007.** mejoramiento genético en plantas. *In:* infoagro.com. disponible en: [http://www.infoagro.com/agricultura\\_ecologica/mejora\\_genetica\\_plantas.htm](http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/mejora_genetica_plantas.htm)

**PROYECTO AGROCYT 01-2002.** disponible en: [http://www.icta.gob.gt/fpdf/infop/g\\_basicos/HB83INFORME2004.pdf](http://www.icta.gob.gt/fpdf/infop/g_basicos/HB83INFORME2004.pdf).

**Ramírez L. (2006).** Mejora de plantas alógamas. Universidad publica de Navarra. Departamento de producción agraria. Pág. 22 – 24. Disponible en: [http://www.unavarra.es/genmic/genetica%20y%20mejora/mejalogamas/mej\\_alogamas%202006.pdf](http://www.unavarra.es/genmic/genetica%20y%20mejora/mejalogamas/mej_alogamas%202006.pdf)

- Scheuch F. 1989.** Producción y manejo de líneas de híbridos, *in*: XIII curso corto. Mejoramiento genético del maíz, 1989. instituto nacional de investigación agraria y agroindustrial (INIAA). Edición: PROCIANDINO. Pp. 109 – 120.
- Sierra M. M., Palafox A. C., Espinoza C. A., Caballero H. F., Rodríguez M. F., Barron F. S., Baldivia B. R. 2005.** Híbridos triples de maíz para el sureste mexicano. *In*: Agronomía Mesoamericana. 16(1):13-18. 2005 Pág. 13 – 16.
- Vencovsky, R. Y P. Barriga. 1992.** Genética Biométrica, Fitomejoramiento de Plantas. Sociedad Brasileira de Genética. Ribera Prieto, Sao Paulo, Brasil.
- Vencovsky, R. Y R. Torres. 1988.** Estabilidad geográfica e temporal de algunas cultivares de mihlo-Anais XVI, Congreso Bras. Milho e Sorgo. Bello Horizonte Siete Lagos M.G. Brasil EMBRAPA CNPMS.
- Yang, R Y R. Baker. 1991.** Genotype-environment interactions *in*: two wheat crosses. Crop Sci. 31:
- Zobel, R. 1990.** A powerful Statistical model for understanding genotype-by-environment interaction. *In*: M.S. Kang (ed). Genotype-by-environment interaction and plant, breeding. Louisiana State University. pp. 126-140.
- Zobel, R., M. Wright. Y H. Gauch. 1988.** Statistical analysis of a yield trial. Agronomy Journal 80(3):388-397.