

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO
NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**“ADAPTACIÓN DE GERMOPLASMA TROPICAL DE CICLO
TARDÍO EN LA COMARCA LAGUNERA”**

POR:

JUAN VENTURA RAMÍREZ

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MAYO DE 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

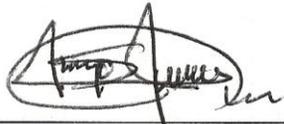
TESIS DEL C. JUAN VENTURA RAMÍREZ QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN
DEL COMITÉ PARTICULAR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:

INGENIERO AGRÓNOMO
COMITÉ PARTICULAR:

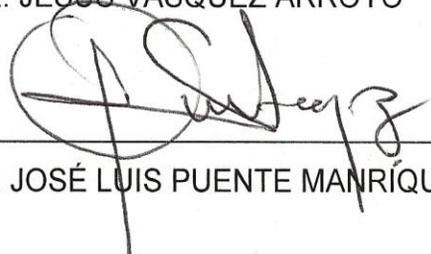
ASESOR PRINCIPAL


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

ASESOR


DR. JESÚS VÁSQUEZ ARROYO

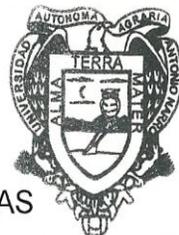
ASESOR


DR. JOSÉ LUIS PUENTE MANRÍQUEZ

ASESOR


M.C. RENÉ JUÁREZ ÁLBAREZ


DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MAYO DE 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. JUAN VENTURA RAMÍREZ QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

H. JURADO EXAMINADOR:

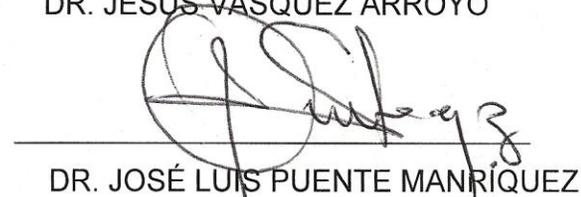
PRESIDENTE


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

VOCAL


DR. JESÚS VÁSQUEZ ARROYO

VOCAL


DR. JOSÉ LUIS PUENTE MANRÍQUEZ

VOCAL SUPLENTE


M.C. RENE JUÁREZ ÁLBAREZ


DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MAYO DE 2012

DEDICATORIAS

A DIOS:

Por haberme dado la oportunidad de nacer y de conocer esta universidad, por haberme ayudado a conseguir este gran logro, por estar conmigo en los momentos que más lo necesitaba, por darme la energía y las fuerzas necesarias para obtener las cosas que me propongo. Gracias Dios.

A MI MADRE:

Florencia Ramírez Cortés.

Por haber depositado toda su confianza en mí, por sus sabios consejos y que a pesar de los sacrificios siempre supo motivarme haciendo labor de padre y madre a la vez, por su amor y por esos momentos en que la necesite siempre estuvo ahí para escucharme. A ella le dedico este gran logro obtenido. Gracias mamá.

A MIS ABUELOS:

Por haberme educado y cuidado desde niño, conduciéndome siempre por el camino del bien con amor y sabios consejos. Gracias por todo abuelitos.

A MIS HERMANOS:

Roberto Robles Ramírez

Tulia Robles Ramírez

Argimiro Manuel Robles Ramírez

Por todo el gran cariño que me han brindado, de manera muy especial a mí hermana que me brindo el apoyo en mis estudios, confiando siempre en mí y depositando su confianza en que podría lograrlo.

A MI NOVIA

Clara Valente Joachin

Por su amor y paciencia durante este tiempo, por apoyarme y motivarme a conseguir este logro; con amor y cariño este logro también forma parte de ti. ¡Te amo!

AGRADECIMIENTOS

A DIOS y **NUESTRA MADRE SANTISIMA**, por regalarme la sabiduría, salud e inteligencia necesarias para cumplir uno de mis más grandes sueños como lo es el haber culminado mi carrera universitaria.

A mi **ALMA TERRA MATER** por cobijarme durante el tiempo de mi carrera, darme la oportunidad de ser parte de sus egresados y por ser una de las mejores universidades.

Al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (**CIMMYT**) y al Proyecto Cooperativo para el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (**FONTAGRO**) en el marco del convenio **CIMMYT-UAAAN**. Al personal del **CIMMYT**. Dr. José Luis Araus Ortega, Dra. Jill Carirns, Ing. Ciro Rodríguez e Ing. Raziél Antonio Ordoñez.

A MIS ASESORES

Dr. Armando Espinoza Banda, Dr. Jesús Vásquez Arroyo, Dr. José Luis Puente Manríquez, M.C. René Juárez Albarez, por el tiempo invertido, por sus sugerencias para la realización y conclusión de este trabajo, por la asesoría, por toda su dedicación y apoyo brindado todo este tiempo y sobre todo por su gran enseñanza.

A MIS MAESTROS

Por haberme compartido sus conocimientos y experiencias durante estos cuatro años y medio de mi estancia en la universidad, proporcionándome las herramientas necesarias para enfrentar los nuevos retos que la vida demanda. ¡GRACIAS! a todos por haber contribuido en mi formación y haberme ayudado a ser lo que ahora soy.

A MIS COMPAÑEROS

Por todos esos momentos que compartimos en las clases y en las practicas, por siempre estar en los momentos en que necesite de su apoyo y consejos, por haberme brindado un ambiente de paz y haberme hecho sentir a gusto durante mi estancia en las aulas.

INDICE

	PÁGINA.
DEDICATORIAS.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
INDICE DE CONTENIDO.....	III
INDICE DE CUADROS.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE ANEXOS (CUADROS).....	VII
INDICE DE ANEXOS (FIGURAS).....	VIII
RESUMEN.....	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Objetivos generales.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.1.3 Hipótesis.....	3
1.1.4 Metas.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Híbridos.....	4
2.2 Factores bióticos y abióticos.....	5
2.3 Interacción Genotipo – Ambiente.....	5
2.4 Rendimiento y estabilidad.....	6
2.5 Modelo AMMI.....	8
2.6 Metodología Biplot.....	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera.....	10
3.2 Material genético.....	11
3.3 Diseño experimental.....	12
3.4 Análisis estadísticos.....	12
3.4.1 Análisis AMMI.....	13
3.5 Manejo agronómico.....	14
3.5.1 Preparación del terreno.....	14

3.5.2 Siembra.....	14
3.5.3 Fertilización.....	14
3.5.4 Riegos.....	14
3.5.5 Control de plagas.....	16
3.5.6 Control de maleza.....	16
3.5.7 Cosecha.....	16
3.6 Características evaluadas.....	16
3.6.1 Rendimiento de grano.....	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1 Análisis de varianza por ambiente.....	18
4.2 Análisis de varianza AMMI.....	18
4.3 Ambientes.....	22
4.4 Genotipos x Ambientes.....	24
V. CONCLUSIONES.....	25
VI. REVISIÓN DE LITERATURA.....	26
VII. ANEXOS.....	30

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°	página
3.1. Condiciones de temperatura y precipitación del sitio experimental años 2009 y 2010.....	10
3.2. Genealogía y origen del material genético utilizado.....	11
3.3 Fecha y lámina de riego aplicada en la evaluación de 49 genotipos de maíz tropical de ciclo tardío evaluados bajo dos condiciones de riego en la UAAAN-UL en el 2009.....	15
3.4 Fecha y lamina de riego aplicada en la evaluación de 49 genotipos de maíz tropical de ciclo tardío evaluados bajo dos condiciones de riego en la UAAAN-UL en el 2010.....	15
4.1. Significancia para tratamientos (Trat) por ambiente para rendimiento de grano en 49 genotipos de maíz. UAAAN-UL, 2009-2010.....	18
4.2. Análisis de varianza combinado para rendimiento de grano (Kg ha ⁻¹) y descomposición del efecto de interacción genotipo-ambiente.....	19
4.3. Rendimiento promedio en Kg ha ⁻¹ de 49 genotipos evaluados en cuatro ambientes y valores de las coordenadas de los dos primeros componentes (CP) para genotipos (Gen) y ambientes.....	20

INDICE DE FIGURAS

Figura	página
4.3 Representación del CP1 en función del rendimiento promedio (Kg ha^{-1}) de 49 genotipos evaluados en cuatro ambientes en la Comarca Lagunera.....	23

INDICE DE ANEXOS (CUADROS)

Cuadro	página
1A. Medias de 49 genotipos de maíz tropical de ciclo tardío evaluados en la condición de riego normal en la UAAAN-UL 2009.....	31
2A. Medias de 49 genotipos de maíz tropical de ciclo tardío evaluados en la condición de riego deficitario en la UAAAN-UL 2009.....	32
3A. Medias de 49 genotipos de maíz tropical de ciclo tardío evaluados en la condición de riego normal en la UAAAN-UL 2010.....	33
4A. Medias de 49 genotipos de maíz tropical de ciclo tardío evaluados en la condición de riego deficitario en la UAAAN-UL 2010.....	34
5A. Valores medios de rendimiento y de tres componentes principales (CP) de cuatro ambientes y 49 genotipos ordenados en base a rendimiento.....	35

INDICE DE ANEXOS (FIGURAS)

Figura	página
1A. Promedios de precipitación y temperaturas medias, máximas y mínimas diarias de Junio a Septiembre del 2009.....	36
2A. Promedios de precipitación y temperaturas medias, máximas y mínimas diarias de Junio a Septiembre del 2010.....	37

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), en Torreón Coahuila, México. El objetivo de este trabajo fue evaluar la adaptabilidad y estabilidad del rendimiento de grano de 49 genotipos de maíz, *Zea mays* L; provenientes del CIMMYT, usando el modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI) y la grafica Biplot. Los ensayos se llevaron a cabo en cuatro ambientes durante el periodo 2009-2010. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental fue de dos surcos de 5m de largo a 0.75m de ancho y 0.25m entre plantas para una población aproximada de 53 000 plantas ha⁻¹. El ambiente, genotipo y la interacción genotipo x ambiente explicaron el 19.1%, 50.4% y 30.6% del total de la suma de cuadrados respectivamente. Los dos primeros componentes principales (CP) del análisis del modelo AMMI explicaron un 53% y 32% de la suma de cuadrados de la interacción. Los genotipos G3, G31, G46 y G11, mostraron un buen rendimiento superando a la media general y se identificaron como los más estables a través de los ambientes en los que se evaluaron. Los genotipos G40, G43, G48 y G12, fueron los de más bajos rendimientos mostrándose además como los menos estables. El ambiente más eficiente en discriminar a los genotipos fue el SR1 2009. El modelo AMMI fue una herramienta útil para identificar genotipos de maíces de altos rendimientos y con adaptabilidad específica y amplia. Los genotipos (G3, G11, G46, G13, G31, G14, y G16) fueron los que menos interaccionaron con el ambiente, pues mostraron valores cercanos a cero (+5.5 a -4.5) respecto al CP1, por tal motivo se catalogan como estables además de mostrar rendimientos superiores a la media.

Palabras clave: Rendimiento de grano, Genotipos de maíz, Estabilidad, Interacción Genotipo-Ambiente, AMMI, Análisis Biplot.

I INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cultivos más importantes de América, por el área cultivada, el valor de la cosecha y su amplia utilización en la alimentación. La superficie sembrada con maíz en México es alrededor de 8 millones de hectáreas, con una producción total de 23 millones de toneladas. El consumo medio per cápita como alimento es de aproximadamente 128 kg / año **(Sánchez, 2011)**.

Del total de los productores de maíz, aproximadamente 90% tienen parcelas menores de cinco hectáreas y más de 80% utilizan semilla propia, adaptada a una enorme diversidad de situaciones geoclimáticas **(SAGARPA, 2007)**.

En la Comarca Lagunera se siembran más de 35 mil hectáreas con maíz tanto para grano como para forraje. Mas del 90% de la superficie es sembrada con material genético que proviene de otras regiones, introducido por las empresas comerciales y por tanto con problemas de adaptación (Aguilar *et al.*, 2000). Lo anterior implica desarrollar una estrategia que ponga a disposición del agricultor variedades y/o híbridos desarrollados y con adaptación a la región.

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y el Centro Internacional de Maíz y Trigo, en 2009 y 2010, en convenio, evaluaron un grupo de genotipos de maíz de diverso origen con el objeto de seleccionar en condiciones de riego óptimo y deficitario la adaptación a la Comarca Lagunera.

El maíz, como otras especies, posee adaptaciones morfológicas en respuesta a las condiciones ambientales donde se desarrolla. Tales adaptaciones se manifiestan como modificaciones en la altura de la planta, el número, tamaño y ángulo de las hojas, número de ramificaciones de la espiga, etc., producto de la selección natural o artificial **(Edmeades y Bolaños, 1992)**.

La interacción genotipo x ambiente es el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete a diferentes ambientes **(Márquez, 1976)**. Con frecuencia los fitomejoradores enfrentan un problema de gran magnitud cuando seleccionan en presencia del fenómeno de interacción genotipo-ambiente.

Para evitar esta interferencia se han diseñado modelos de estabilidad que contribuyen a disminuir el riesgo de realizar estimaciones empíricas imperfectas **(Urbina, 1993)**.

El AMMI (Additive Main Effect and Multiplicative Interactions) es uno de los modelos que mejor describe el efecto de la interacción GxA **(Zobel et al., 1988; Crossa et al., 1990; Sadeghi et al., 2011)**. El modelo considera que los efectos de los factores principales (Genotipos y Ambientes) son lineales, y por tanto estimados por el análisis de varianza; en tanto que la interacción, asume que tiene efectos multiplicativos, los que pueden ser explicados a través del análisis de componentes principales (ACP).

Así mismo, el AMMI provee una representación gráfica ó “biplot” que resume la información de los efectos principales y de la interacción de ambos (Genotipos y Ambientes) simultáneamente **(Crossa et al 1990; Crossa et al 1990a)**. El AMMI, la porción aditiva es separada de la interacción por el modelo del Análisis Normal de Varianza (ANOVA).

Estudios previos han recomendado una combinación de ambientes con y sin estrés en selección de genotipos que rindan bien en una amplia gama de condiciones de humedad en los trópicos **(Byrne et al., 1995; Edmeades and Banziger, 1997; Edmeades et al., 1997a; Vasal et al., 1997)**.

En la Comarca Lagunera se presentan condiciones de estrés durante los ciclos de siembra de primavera y verano por efecto de temperatura. En verano, éstas son mayores que en primavera y, en consecuencia aceleran el desarrollo y acortan el llenado de grano **(Stapper y Fischer, 1990)**. Si a este estrés se adiciona la falta de agua, el impacto en los genotipos será mayor y en consecuencia el rendimiento se reducirá.

1.1 Objetivos.

1.1.1 Objetivo general

Determinar los genotipos con altos rendimientos, dependiendo de las respuestas genotípicas diferenciales para ambientes.

1.1.2 Objetivo específico

Seleccionar los genotipos más sobresalientes por su adaptación y rendimiento

1.1.3 Hipótesis

Ho. Los genotipos difieren en su grado de interacción.

Ha. Los genotipos interaccionan de manera similar.

1.1.4 Metas

Identificar al menos el 10% de los genotipos por su adaptación y rendimiento.

II REVISION DE LITERATURA.

En el siglo XX, la intensificación de la investigación en mejoramiento genético, condujo a un incremento espectacular del potencial de rendimiento con la creación de híbridos con alta productividad, que revolucionaron la producción de este cereal, primero en Norte América y más tarde en otros países del mundo (Dowswell, *et al.*, 1996).

El mejoramiento genético del maíz es una herramienta que permite la formación de híbridos y variedades para uso comercial. En el mejoramiento de plantas es importante el conocimiento relativo al componente genético de los materiales usados como progenitores (Gutiérrez *et al.* 2004); en los programas de mejoramiento genético modernos para maíz, el enfoque principal ha sido orientado a desarrollar paquetes tecnológicos para producir variedades con alta uniformidad y potencial de rendimiento, este conjunto de factores a contribuido a reducir las opciones de diversidad genética utilizada en el desarrollo de variedades mejoradas. La diversidad genética del germoplasma de maíz tropical, así como los criterios de selección aplicados en la evaluación del potencial genético, justifica a emprender estudios de diversidad genética asociados a características de rusticidad, tolerancia a enfermedades y alto rendimiento (Maya, *et al.* 2002).

2.1 Híbridos.

La hibridación del maíz es considerada un método genotécnico que tiene como objetivo principal el aprovechamiento de la generación F1 (híbrido F1) que es el resultado de la cruce de dos progenitores con cualquier estructura genética, estos pueden ser variedades de polinización libre, variedades sintéticas, familias y líneas parciales y totalmente endogámicas (Queme y Fuentes, 1992). Un híbrido de tres líneas se forma cruzando un híbrido simple con una línea pura, los que por sus características de producción y adaptación ocupan un lugar intermedio entre un híbrido simple y un doble, ello conduce a aprovechar mejor la complementación de genes aditivos que se manifiestan en la heterosis, lo que permite generar cultivares

con estabilidad de rendimiento y que amortigüen mejor los efectos negativos ocasionados por el ambiente (Espinoza *et al.*, 2002).

La selección de plantas con características agronómicas adecuadas en poblaciones de polinización libre, la autofecundación de plantas durante varias generaciones para desarrollar líneas homocigóticas y el cruzamiento de líneas seleccionadas son algunos criterios de importancia en la producción de semilla híbrida de maíz (Bolaños, 1993). El mismo autor determinó las fases fisiológicas del progreso genético de los cultivares de maíz y encontró que los híbridos rindieron consistentemente de 1.0 a 1.5 t ha⁻¹ más que las variedades de polinización libre a través de todos los ambientes evaluados, lo que se atribuye a una mayor eficiencia en el llenado de grano, mejor índice de cosecha, mayor peso promedio de mazorcas y mejor aprovechamiento de la radiación solar.

2.2 Factores bióticos y abióticos.

Entre los principales factores que afectan la producción de maíz se destacan el achaparramiento, pudrición de mazorca, precipitaciones escasas e irregulares, uso de variedades criollas, manejo agronómico deficiente y falta de crédito (Ortega, 2001). Urbina (1991) señala que los factores bióticos y abióticos que influyen en el rendimiento son incontrolables, por ello es importante realizar pruebas de campo en ambientes contrastantes para determinar la consistencia y estabilidad de su comportamiento y la interacción genotipo – ambiente.

El mejoramiento para resistencia a factores bióticos y abióticos adversos ha dado como resultado el desarrollo de híbridos más estables, adaptados a la mayoría de condiciones de producción (Salazar, 2006).

2.3 Interacción genotipo ambiente.

Márquez (1976) menciona que la interacción genotipo ambiente es el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete a diferentes ambientes

Con frecuencia los fitomejoradores enfrentan un problema de gran magnitud cuando seleccionan en presencia del fenómeno de interacción genotipo ambiente. Para evitar esta interferencia se han diseñado modelos de estabilidad que contribuyen a disminuir el riesgo de realizar estimaciones empíricas imperfectas (Urbina, 1993).

Espinoza *et al.* (2002) explican que la variabilidad ambiental acentuada por diferentes factores bióticos y abióticos (clima, humedad, tipo de suelo, vientos, manejo agronómico del cultivo) es la razón principal para utilizar metodologías de evaluación que permitan determinar el grado de la interacción genotipo ambiente y conocer la respuesta diferencial de los cultivares a través de los ambientes de prueba.

2.4 Rendimiento y estabilidad.

El principal objetivo en el mejoramiento del maíz es la estabilidad del rendimiento o la respuesta consistente a condiciones óptimas y subóptimas, por lo que una evaluación real del comportamiento de cultivares adaptados a ambientes favorables y desfavorables, debe involucrar localidades cuya magnitud de la incidencia de factores 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, Córdoba (1991).

La estabilidad fenotípica del rendimiento ha tenido varias interpretaciones, siendo dos de ellas la biológica y la agronómica. La biológica es cuando el genotipo presenta mínima variación a través de los ambientes, mostrando un rendimiento constante en cualquier condición de producción. La agronómica es cuando existe una mínima interacción genotipo x ambiente, lo cual está asociado a la pretensión de obtener un incremento del rendimiento en respuestas para su evaluación, con una

amplia variedad de condiciones para la obtención de genotipos estables (Becker, 1981).

Un genotipo es considerado estable si presenta buenos rendimientos en comparación con el potencial existente en cada ambiente del ensayo (Crossa *et al.*, 1998). Estos mismos autores indican que si la estabilidad es demostrada para un amplio rango de ambientes se dice que el genotipo tiene una adaptación amplia y por el contrario, si la estabilidad se manifiesta frente a un limitado rango de ambientes, se dice que el genotipo tiene adaptación específica.

La ocurrencia a menudo de interacción genotipo ambiente (G x A) en este tipo de ensayos exige la realización de estudios adicionales con el propósito de precisar la selección de individuos con adaptabilidad general y específica. La interacción G x A es frecuentemente descrita como la inconsistencia del comportamiento entre genotipos desde un ambiente a otro, y cuando ésta ocurre en gran proporción reduce el progreso genético de la selección (Yang y Baker, 1991; Magari y Kang, 1993). Varios procedimientos estadísticos han sido usados para el análisis de la interacción G x A, incluyendo métodos univariados y multivariados (Hill, 1975; Lin *et al.*, 1986; Wescott, 1986; Crossa *et al.*, 1990; Flores *et al.*, 1998; Rea y De Sousa, 2002). Entre las diversas técnicas disponibles para realizar este tipo de estudios se ha elegido el método AMMI (Efectos principales aditivos e interacción multiplicativa) propuesto por Zobel *et al.* (1988); Gauch y Zobel (1988 y 1996). Hasta el presente, el método ha sido utilizado en muchos cultivos como oleaginosas, entre otros (Crossa *et al.*, 1990; Van Eeuwijk, 1995; Marín, 1995; Annicchiarico, 1997; Aulicinio *et al.*, 2000, Medina *et al.*, 2002; Marín *et al.*, 2004).

2.5 Modelo AMMI

Un modelo para analizar la interacción genotipo – ambiente es el modelo AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interactions) lo que traducido al español sería Efectos Principales Aditivos e Interacción Multiplicativa.

Este integra algunos modelos estadísticos comúnmente aplicados a series de ensayos de rendimiento; incluye el análisis de varianza (ANOVA), cuyo modelo es aditivo y el análisis de componentes principales (PCA), es cual es multiplicativo.

Córdoba (1991) señala que el modelo AMMI ha demostrado eficiencia por las razones siguientes: 1) Es más fácil el entendimiento de la interacción genotipo-ambiente al utilizar puntuaciones PCA presentadas gráficamente, 2) Permite mayor precisión en la predicción de estimaciones del rendimiento al descartar un residual con mucho ruido, 3) La mayor precisión se traduce en nuevas opciones para crear diseños experimentales con menos repeticiones y mayor número de tratamientos, 4) La mejor precisión mejora el éxito en seleccionar el material realmente superior, 5) El residual del AMMI puede revelar heterogeneidad en los experimentos de campo y 6) El mejor entendimiento de las interacciones y la mayor precisión en las estimaciones del rendimiento hacen posible las recomendaciones de variedades más confiables y mayor progreso en el programa de mejoramiento.

2.6 Metodología Biplot.

El uso de la metodología de “GGE biplot” consiste en determinar los patrones de respuesta denominados “quien-gana-dónde” (Yan *et al.*, 2000; Yan *et al.*, 2001; Yan, 2002; Yan y Kang, 2002 y Yan y Tinker, 2005). Esta técnica permite trazar una línea llena entre los marcadores de los genotipos más alejados del punto de origen (0,0), formando un polígono de forma tal que contenga a los marcadores de los genotipos restantes. El polígono puede ser luego dividido en diferentes sectores trazando

líneas perpendiculares a sus lados hasta el punto de origen del gráfico. De esta forma, el genotipo ubicado en el vértice de cada sector es el que representa el mejor comportamiento productivo en los sitios de ese sector particular. Así mismo, es posible la identificación en forma gráfica de grupos de ambientes que son capaces de discriminar esos genotipos superiores. Como consecuencia de la aplicación de la técnica estadística "GGE biplot", Yan *et al.* (2001) concluyeron que los genotipos con altos valores de CP1 tienden a tener elevados valores de rendimiento y los genotipos con valores cercanos a cero de CP2, se pueden considerar como los más estables. De igual manera, los ambientes con valores altos de CP1 y valores cercanos a cero de CP2, posibilitarían la identificación de tales genotipos.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera.

La comarca lagunera es una región agrícola y ganadera de México, se localiza entre los meridianos 101° 104° al Oeste de Greenwich, y los paralelos 24° 59´ y a los 26° 53´latitud Norte. Abarca cinco municipios en el estado de Coahuila y diez en el estado de Durango, ambos en la parte Norte del país. Su extensión territorial es de 4 637Km².

El clima según especificación de Köppen, es caliente – desértico (árido muy seco). La temperatura media anual es de 21° C (Salinas *et al.*, 1988). Las condiciones climáticas del ciclo experimental se presentan en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Condiciones de temperatura y precipitación del sitio experimental años 2009 y 2010.

Mes	Año 2009			
	Pre. (mm)	T. Máxima	T. Mínima	T. Media
Mayo	5.4	37.8	21	28.8
Junio	52.6	38.3	23	29.9
Julio	51.3	38	23.6	30.4
Agosto	34.9	36.2	22.4	28.9
Septiembre	74.6	32	20	25
Año 2010				
Mayo	44.2	38.9	20.8	29.2
Junio	36	38.5	22.5	30.1
Julio	165.8	34.4	21.8	27.5
Agosto	0.4	37.5	23.3	30
Septiembre	49.5	34.3	21.2	26.8

Pre.= Precipitación, T. Max. = Temperatura Máxima, T. Min. = Temperatura Mínima, T. Med = Temperatura Media.

3.2 Material genético.

El material genético utilizado consistió en genotipos provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), como parte del programa de mejoramiento del FONTAGRO del programa global del maíz (cuadro 3.2)

Cuadro 3.2. Genealogía y origen del material genético utilizado.

No	Genotipo	No	Genotipo
G01	BRAZ 1195	G26	PAZM 14119
G02	SNLP 104	G27	PAZM 4039
G03	Pool 25 x CL-02450(t)	G28	PAZM 14147
G04	PAZM 7128	G29	COMP. TUXP
G05	SONO 74	G30	PAZM 8077
G06	PAZM 8030	G31	SNLP 105
G07	PAZM 14135	G32	ARZM 06 050
G08	BRAZ 1277	G33	CUBA 84
G09	VENE 1011	G34	PAZM 2076
G10	PUER GP4	G35	RDOM 272
G11	SINA 82	G36	SNLP 101
G12	PANA 64	G37	PAZM 2079
G13	PAZM 10122	G38	CUBA 88
G14	CARIBENO MC 2	G39	SNLP 111
G15	CUBA 83	G40	MORE 100
G16	CUBA 94	G41	BRAZ 1721
G17	ARZM CRAMAN	G42	SNLP 113
G18	BRAZ 1273	G43	MORE 90
G19	VENE 648	G44	PAZM 10026
G20	PAZM 7112	G45	PAZM 2036
G21	SINA 21	G46	COAH 60
G22	ARZM CRISCO	G47	BRAZ 1059
G23	CUBA 85	G48	BRAZ 2225
G24	PAZM 10036	G49	VERA 215
G25	BRAZ 2315		

3.3 Diseño experimental.

En ambos años (2009 y 2010) tanto en riego óptimo como en riego deficitario (Sequía), se utilizó una distribución de tratamientos en alfa latice con 30 bloques y 5 tratamientos por bloques en 3 repeticiones. La parcela experimental fue de 5 metros de largo por 0.75 metros de ancho a una distancia entre planta y planta de 0.25 metros.

3.4 Análisis estadístico.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de grano por localidad y a través de localidades. Se calculó la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5% de probabilidad.

El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + (GA)_{ij} + B_{k(j)} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Rendimiento promedio del i ésimo genotipo obtenido en el

j ésimo ambiente y k ésima repetición,

μ = Efecto de la media general,

G_i = Efecto del i ésimo genotipo,

A_j = Efecto del j ésimo ambiente,

$(GA)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i ésimo genotipo y el j ésimo ambiente,

$B_{k(j)}$ = Efecto de la k ésima repetición en el j ésimo ambiente,

E_{ijk} = Efecto aleatorio del error experimental asociado al i ésimo genotipo en el j ésimo ambiente y k ésima repetición, según el modelo lineal aditivo.

3.4.1 Análisis AMMI

La estimación de la interacción genotipo ambiente se realizó a través del análisis de Efectos Principales Aditivos e Interacciones Multiplicativas (AMMI) utilizando el modelo descrito por Crossa *et al.* (1988).

El modelo propuesto y utilizado es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + A_j + \sum_{n=1}^N B_n \cdot t_{in} \cdot \delta_{jn} + E_{ij}$$

Y_{ij} = Rendimiento promedio del i ésimo genotipo en el j ésimo ambiente,

μ = Efecto de la media general,

G_i = efectos genotípicos, principales

A_j = efectos ambientales principales,

N = Corresponde al número de ejes CP retenidos en el modelo,

B_n = es el valor singular para cada CP,

t_{in} = valores de los vectores de los genotipos para cada CP,

δ_{jn} = valores de los vectores de los ambientes para cada CP,

E_{ij} = es el residuo que incluye el error experimental.

Se estimaron las coordenadas genotípicas y ambientales sobre el CPI y se construyó un gráfico bidimensional "Biplot" en el que se representó la variable medida en función de dichas coordenadas (Kempton, 1984; Zobel *et al.*, 1988). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS 9.0 y de acuerdo a los procedimientos establecidos para medias ajustadas por Vargas y Crossa (2000).

3.5 Manejo agronómico

3.5.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió en un barbecho, rastra, nivelación y trazo de surco e instalación del sistema de riego usando cintilla calibre 6000 con emisores a 20 cm como modelo de irrigación.

3.5.2 Siembra.

La siembra se realizó en forma manual el 02 y 03 de junio de 2009 y 2010 respectivamente. Al momento de la siembra se depositaron dos semillas por golpe cada 25 cm. Se dejó 1 m de calle y dos bordos orilleros. A los 25 días después de la siembra se dejó una sola planta para una población aproximada de 53 mil plantas por hectárea.

3.5.3 Fertilización.

Se utilizó la fórmula 200-100-00 (N-P-K); la primera aplicación se realizó antes de la siembra al momento de trazo de surcos con el 50% del nitrógeno más el 100% del Fósforo. El resto del Nitrógeno (50%) se aplicó al momento del primer cultivo.

3.5.4 Riegos.

Durante el ciclo de riego se utilizó un sistema de riego presurizado por goteo el cual se instaló inmediatamente después de la siembra. Se utilizó cintilla calibre 6000 con emisores cada 20 cm. el equipo está calibrado para aplicar una lámina de riego de 1 cm/cada 4 horas de riego. El primer riego se aplicó durante cuatro sesiones de 12 horas para promover la germinación y establecimiento del cultivo tanto en riego óptimo como en deficitario (sequía). La condición de sequía se aplicó posterior a la floración. La lámina total de riego aplicada fue de 24 y 20 cm. tanto para riego óptimo como deficitario respectivamente. En los cuadros 3.3 y 3.4 se muestran las láminas de riego aplicadas para ambos años (2009-2010) en ambas condiciones.

Cuadro 3.3. Fecha y lamina de riego aplicada en la evaluación de 49 genotipos de maíz tropical de ciclo tardío evaluados bajo dos condiciones de riego en la UAAAN-UL en el 2009.

Riego óptimo						Riego Deficitario (Sequía)					
Día	Fecha m/d	HR	HAc	LAp. cm	L.Ac cm	Día	Fecha m/d	HR	HAc	L.Ap cm	L.Ac cm
1	5/29	12	12	3.0	3.0	1	5/29	12	12	3.0	3.0
2	5/31	12	24	3.0	6.0	2	5/31	12	24	3.0	6.0
3	6/15	12	36	3.0	9.0	3	6/15	12	36	3.0	9.0
4	6/29	12	48	3.0	12.0	4	6/28	12	48	3.0	12.0
5	7/15	12	60	3.0	15.0	5	7/17	12	60	3.0	15.0
6	7/27	12	72	3.0	18.0	6	7/30	6	66	1.5	16.5
7	8/09	12	84	3.0	21.0	7	8/14	6	72	1.5	18.0
8	8/19	6	90	1.5	22.5	8	8/19	3	75	0.75	18.8
9	8/20	6	96	1.5	24.0	9	8/21	3	78	0.75	19.5
10						10	8/29	3	81	0.75	20.3

HR= Horas de riego. Ac= acumulado, Lam. Ap.= Lamina Aplicada, Lam. AC.= lamina Acumulada. El equipo está equilibrado para aplicar una lamina de 1 cm/cada 4 hr de riego.

Cuadro 3.4 Fecha y lamina de riego aplicada en la evaluación de 49 genotipos de maíz tropical de ciclo tardío evaluados bajo dos condiciones de riego en la UAAAN-UL en el 2010.

Riego óptimo						Riego Deficitario (Sequía)					
Día	Fecha m/d	HR	HAc	LAp. cm	L.Ac cm	Día	Fecha m/d	HR	HAc	L.Ap cm	L.Ac cm
1	6/2	23.1	23.1	10.8	10.8	1	6/2	23.1	23.1	5.4	5.4
2	6/14	13.2	36.3	6.1	16.9	2	6/14	13.2	36.3	3.0	8.4
3	6/25	12.2	48.5	5.7	22.6	3	6/25	12.2	48.5	2.8	11.2
4	6/56	13	61.5	6.1	28.7	4	6/56	13	61.5	3	14.2
5	8/67	12.3	73.8	5.7	34.4	5	8/67	12.3	73.8	2.8	17
6	8/78	12.9	86.7	6.0	40.4	6	8/78	0	73.8	0	17
7	8/81	13.4	100.1	5.1	45.5	7	8/81	12.9	86.7	2.5	19.5
8	8/87	10.9	111	5.1	50.6	8	8/87	13.4	100.1	2.5	22
9	8/91	13.4	124.4	6.3	56.9	9	8/91	0	100.1	0	22
10	9/106	5.5	129.9	2.6	59.5	10	9/106	0	100.1	0	22

HR= Horas de riego. Ac= acumulado, Lam. Ap.= Lamina Aplicada, Lam. AC.= lamina Acumulada. El equipo está equilibrado para aplicar una lamina de 1 cm/cada 4 hr de riego.

3.5.5 Control de plagas

Se realizo según la presencia y/o la infestación de plagas, presentándose el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) aplicando Cipermetrina 100g de I.A. /Ha y Clorpirifos etil 720g de I.A. /Ha, para la segunda plaga, araña roja (*Tetranychus urticae*) se aplico Abamectina 9g de I.A. /Ha.

3.5.6 Control de maleza

Para mantener el cultivo libre de malas hierbas al momento de la siembra se aplico un herbicida pre emergente (Primagram Gold a razón de 4 L/Ha). Además se aplico al cultivo a los 30 dds, y posteriormente antes de floración el control fue manual.

3.5.7 Cosecha

La cosecha se realizo en forma manual el día 24 y 25 de octubre del 2009 y en el 2010 los días 29 y 30 de octubre; cosechándose el total de las mazorcas de la parcela. Posteriormente la mazorca de cada parcela se depositaron al inicio de la misma para pesado y calificado.

3.6 Características evaluadas (CE)

Se cuantificaron variables fenológicas, agronómicas y de rendimiento, y por la naturaleza del trabajo solo se presentan los datos de rendimiento de grano.

3.6.1 Rendimiento de grano (RG)

Se estimó con base al peso de campo de cada parcela transformándose de kilos por parcela a kilos por hectárea.

Para determinar el rendimiento se empleó la fórmula utilizada por Ortega (2001):

$$\text{Kg ha}^{-1} = (\text{PeCa} \times \text{Kd}) \times (100 - \text{HC}) / 85 \times (10\,000 / \text{AU}).$$

Donde:

PeCa = Peso de campo de las mazorcas cosechadas por parcela útil en Kg ha^{-1}

Kd = Constante de desgrane para ajustar el rendimiento en grano igual a 0.80

AU = Área de parcela útil.

HC = Humedad de campo o cosecha

85 = Factor para ajustar el grano al 15% de humedad

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de varianza por ambiente.

El análisis de varianza por localidad para la variable rendimiento de grano (Cuadro 4.1) reflejo diferencias altamente significativas entre los genotipos en los ambientes evaluados lo cual significa que por lo menos un genotipo supero a los demás en cada uno de esos ambientes. En general, los ensayos mostraron bajos coeficientes de variación (CV) los cuales oscilan de 12 a 15.1%, que indica buen manejo de los ensayos y por lo tanto que los datos son confiables.

Cuadro 4.1. Significancia para tratamientos (Trat) por ambiente para rendimiento de grano en 49 genotipos de maíz. UAAAN-UL, 2009-2010.

Código	Año	Ambiente	CM Trat	Media (kg ha ⁻¹)	CV (%)
R1	2009	Riego	7543617**	4209 a†	12.0
S1	2009	Sequia	5217885**	3791 b	15.0
R2	2010	Riego	4566973**	3155 c	15.1
S2	2010	Sequia	2751782**	2568 d	13.3

** = altamente significativo; †=Medias con distinta letra son estadísticamente diferentes al 0.05 de probabilidad.

4.2 Análisis de varianza AMMI

El análisis de varianza combinado permite determinar el comportamiento de todos los genotipos en todas localidades de evaluación. En este estudio el análisis combinado indico diferencias altamente significativas en las fuentes de variación genotipos, ambientes e interacción genotipo-ambiente. Lo cual indica que los genotipos se comportan diferencialmente en los ambientes. El coeficiente de variación fue de 14.2

% y el rendimiento promedio de 3 430.9 Kg ha⁻¹. Aguiluz (1988) al evaluar 25 híbridos de maíz de grano blanco y 18 de grano amarillo en 17 localidades, encontró alta significancia para la interacción genotipo-ambiente. En estudios similares Queme y Fuentes (2000) encontraron que la interacción entre los genotipos y el ambiente fue altamente significativa lo que coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio.

El modelo AMMI permite determinar el grado de la interacción de los genotipos con el ambiente (Crossa *et al.*, 1988). El análisis AMMI para rendimiento de los 49 genotipos evaluados en los cuatro ambientes (cuadro 4.2), determinó que el 50.4% de la suma de cuadrados totales fue atribuible a efectos genotípicos, el 19.1% a efectos ambientales y el 30.6% atribuible a la interacción GxA. Zobel *et al.*, (1988) comenta que el porcentaje de la interacción puede oscilar entre el 20 y 50% de la suma de cuadrados total. La magnitud de la suma de cuadrados para genotipos indica una gran diversidad entre éstos y en consecuencia un comportamiento diferencial en los ambientes.

Respecto a la descomposición de los efectos de la interacción, el análisis mostró que los tres primeros componentes (CP1, CP2 y CP3) obtenidos a partir del efecto de la interacción fueron significativos (P<0.01) (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Análisis de varianza combinado para rendimiento de grano (Kg ha⁻¹) y descomposición del efecto de interacción genotipo-ambiente.

Fuente	GL	SC	% SC	MS	F
Ambiente(A)	3	227296613.4	19.1	75765537.8	320.90**
Genotipo (G)	48	600080863.0	50.4	12501684.6	52.95**
AxG	144	364080245.5	30.6	2528335.0	10.71**
CP1	50	192732000.4		3854640.0	16.33**
CP2	48	115671489.3		2409822.7	10.21**
CP3	46	55676755.8		1210364.3	5.12**
Error Exp	384	90662440		236100	
Total	587				

Los dos primeros componentes (CP1 y CP2) explicaron el 85% de la interacción y el resto (15%) por el tercer componente (CP3). Estos resultados demuestran que el efecto de interacción GxA fue explicado en su totalidad por los tres primeros componentes. Así mismo, la magnitud de los CP1 y CP2 con más de dos tercios de los grados de libertad tienen un gran valor predictivo para las puntuaciones AMMI para ambientes y genotipos. Van Eeuwijk (1995), señala que el CP1 representa la variable ambiental hipotética que describe la mayor cantidad de interacción posible y en consecuencia, el que mejor discrimina entre los genotipos. El modelo AMMI explica un 85.7% de la suma de cuadrados de la interacción (%SC CP1+% SC ambientes+% SC genotipos). Alanis *et al*, (2010) reporta una acumulación del 66% para este efecto. En el Cuadro 4.3 se muestra los rendimientos promedio por hectárea para cada genotipo en cada ambiente, las medias genotípicas y ambientales promediadas por fila y columna, así mismo las coordenadas sobre el CP1 y el CP2 para genotipos y ambientes.

Cuadro 4.3. Rendimiento promedio en Kg ha⁻¹ de 49 genotipos evaluados en cuatro ambientes y valores de las coordenadas de los dos primeros componentes (CP) para genotipos (Gen) y ambientes.

Gen	2009			2010			Media	CP1
	S1	R1	Media	S2	R2	Media		
G01	3735.5	3034.3	3384.9	1496.0	1387.2	1441.6	2607.6	373.55
G02	3650.8	5349.3	4500.1	4472.9	4593.8	4533.3	4513.4	365.08
G03	7724.8	7742.9	7733.9	4503.1	8024.0	6263.6	7145.7	772.48
G04	3626.7	3928.9	3777.8	2946.7	4669.3	3808.0	3789.9	362.67
G05	3916.8	6401.1	5159.0	3264.0	2417.8	2840.9	4231.7	391.68
G06	4877.9	3880.5	4379.2	4080.0	3264.0	3672.0	4096.3	487.79
G07	2877.2	3608.5	3242.8	2130.7	2387.6	2259.1	2849.3	287.72
G08	3131.0	5421.9	4276.5	2508.4	2584.0	2546.2	3584.4	313.10
G09	2729.1	3675.0	3202.1	2024.9	3082.7	2553.8	2942.7	272.91
G10	3723.4	4545.4	4134.4	1541.3	1722.7	1632.0	3133.4	372.34
G11	4581.7	6945.1	5763.4	3747.6	5122.7	4435.1	5232.1	458.17
G12	1051.7	888.5	970.1	3173.3	2198.7	2686.0	1656.5	105.17
G13	5467.2	4914.1	5190.7	2266.7	4080.0	3173.3	4383.7	546.72
G14	3717.3	4932.3	4324.8	3767.3	3853.3	3810.3	4119.0	371.73
G15	3400.0	2937.6	3168.8	1511.1	1949.3	1730.2	2593.4	340.00
G16	3965.2	4732.8	4349.0	2448.0	3264.0	2856.0	3751.8	396.52

G17	4352.0	4370.1	4361.1	2327.1	2765.3	2546.2	3635.1	435.20
G18	3590.4	3179.4	3384.9	2402.7	3309.3	2856.0	3173.3	359.04
G19	3372.8	5204.3	4288.6	2312.0	1541.3	1926.7	3343.8	337.28
G20	3962.2	3880.5	3921.4	2689.8	2538.7	2614.2	3398.5	396.22
G21	3372.8	2611.2	2992.0	1843.6	2538.7	2191.1	2671.6	337.28
G22	3288.2	2919.5	3103.8	1994.7	2266.7	2130.7	2714.6	328.82
G23	3427.2	3082.7	3255.0	3264.0	4306.7	3785.3	3467.1	342.72
G24	2665.6	5204.3	3934.9	3264.0	4896.0	4080.0	3993.0	266.56
	2009			2010			Media	
Gen	S1	R1	Media	S2	R2	Media		CP1
G25	3862.4	5131.7	4497.1	3400.0	2584.0	2992.0	3895.0	386.24
G26	5095.5	4279.5	4687.5	2266.7	3445.3	2856.0	3954.9	509.55
G27	5859.8	5349.3	5604.6	1843.6	2946.7	2395.1	4320.8	585.98
G28	6201.6	5198.2	5699.9	1450.7	3989.3	2720.0	4507.9	620.16
G29	4521.2	4642.1	4581.7	1601.8	2040.0	1820.9	3477.4	452.12
G30	3675.0	4841.6	4258.3	1677.3	1858.7	1768.0	3262.2	367.50
G31	4941.3	4557.5	4749.4	2720.0	3944.0	3332.0	4182.4	494.13
G32	5851.02	7325.86	6588.4	2901.33	2856	2878.7	5104.5	585.10
G33	2574.9	5857.1	4216.0	1632.0	2629.3	2130.7	3381.9	257.494
G34	3354.7	4231.1	3792.9	2508.4	3490.7	2999.6	3475.6	335.47
G35	2490.3	1650.1	2070.2	1662.2	2674.8	2168.5	2109.5	249.031
G36	2629.3	4025.6	3327.5	2584.0	1450.7	2017.3	2803.4	262.93
G37	2774.4	3826.1	3300.3	2720.0	2833.3	2776.7	3090.8	277.44
G38	3517.9	3457.4	3487.6	2448.0	3581.3	3014.7	3298.5	351.787
G39	3662.9	4116.3	3889.6	3656.9	3445.4	3551.1	3754.2	366.292
G40	1486.9	1332.8	1409.9	680.0	997.3	838.7	1181.4	148.69
G41	6437.3	4841.6	5639.5	3143.1	3037.3	3090.2	4619.8	643.73
G42	3844.3	5440.0	4642.2	4624.0	5077.3	4850.7	4725.6	384.43
G43	1178.7	398.9	788.8	952.0	3535.9	2244.0	1370.9	117.87
G44	5104.5	2992.0	4048.3	3082.7	4488.0	3785.3	3943.1	510.45
G45	3481.6	2828.8	3155.2	1405.3	2584.0	1994.7	2691.0	348.16
G46	4098.1	5984.0	5041.1	4442.7	3687.1	4064.9	4650.6	409.81
G47	3608.5	2593.1	3100.8	2284.8	3581.3	2933.1	3033.7	360.85
G48	1368.8	1668.3	1518.6	1420.4	1654.8	1537.6	1526.2	136.88
G49	3282.1	6292.3	4787.2	2765.3	3400.0	3082.7	4105.4	328.21
	SS1	SR1		SS2	SR2			
Media/A	3777.8	4209.2	3993.5	2568.4	3154.6	2861.5	3427.5	
DMS								
(5%)	946.3	832.3	93.2	550.8	767.6	93.2	111.4	
CP1	24.76	60.34		-34.18	-50.92			

Respecto a producción (kg ha^{-1}), en promedio 24 de los 49 genotipos, presentaron rendimientos iguales y/o superiores a la media ($3427.5 \text{ kg ha}^{-1}$). De estos, los genotipos **G3 y G11** fueron estadísticamente superiores ($P < 0.05$) al resto y diferentes entre sí, con 6988.7 y $5099.3 \text{ Kg ha}^{-1}$ respectivamente. Se detecta otro grupo sobresaliente (**G32, G02, G42 y G46**) estadísticamente igual ($P < 0.05$), con rendimiento promedio que oscilan de 4516.7 a $4746.8 \text{ kg ha}^{-1}$ (Cuadro 4.2). Siete de los 24 genotipos (G3, G11, G46, G13, G31, G14, y G16) fueron los que menos interaccionaron con el ambiente, pues mostraron valores cercanos a cero ($+5.5$ a -4.5) respecto al CP1, por tal motivo se catalogan como estables (**Marín, 1995; Medina et al., 2002**). De acuerdo a **Córdova (1991)**, los genotipos con estas características pueden ser promovidos como cultivares de adaptación amplia. Genotipos con rendimiento promedio alto como el **G32, G02 y G42**, se clasifican como inestables pues presentan valores de $+13.8$, -9.7 , -11.2 respectivamente.

4.3 Ambientes

Los ambientes de riego y sequía evaluados en los ciclos primavera y verano en 2009 y 2010, fueron diferentes ($P < 0.05$) dentro y entre años. En promedio 2009 fue superior ($P < 0.05$) a 2010; (cuadro 4.3) el rendimiento en 2010 fue inferior ($P < 0.05$) a la media ($3427.5 \text{ kg ha}^{-1}$). Estas diferencias sugieren una aportación importante al efecto de interacción.

Para cuantificar el grado de interacción GxA el gráfico BIPLLOT es una herramienta muy útil, ya que, muestra el comportamiento tanto de ambientes y genotipos, tomando los valores del primer componente principal (CP1) y el rendimiento promedio (Gabriel, 1971). El eje de la abscisa muestra los efectos principales (Genotipos y Ambientes), y la ordenada (Eje-Y) muestra los valores del CP1. La gráfica toma en cuenta las puntuaciones ó valores de rendimiento (kg ha^{-1}) de los 49 genotipos y ambientes en el eje-X y, en el eje-Y los valores del CP1. De acuerdo a Crossa y Burgeño (2000), al graficar las puntuaciones de rendimiento y las del CP1, se forma un polígono con los cultivares que quedan en la parte externa, figura 4.3.

origen del biplot dividen al polígono en cinco sectores. Los ambientes quedaron incluidos en tres de los cinco sectores. En el Sector-I, se ubicó el ambiente SS1 (Sequia 2009), en el Sector-II SS2 y SR2 que corresponden a los ambientes Sequía y Riego 2010 y, en el Sector-V, se ubicó el ambiente SR1, que corresponde al ambiente riego 2009. De acuerdo a la magnitud de los vectores - ambiente y la magnitud de los valores en el CP1, los ambientes que más aportan a la interacción fueron SR1, SR2 y SS2.

4.4 Genotipo x Ambiente

Respecto a los genotipos, el gráfico biplot (Figura 4.3.) los separa en función del rendimiento. Los genotipos más distantes del origen (Media) se consideran que aportaron más al efecto de la interacción. De tal forma que un genotipo correspondiente a un vértice del polígono que se haya comprendido dentro de un sector, tiene el mejor rendimiento en él o en los ambientes que se encuentran dentro de ese mismo sector (Ibañez *et al.*, 2006). Existe un gran sector-I a la derecha del gráfico, que comprende los ambientes SS1 y SR1, donde están asociados 22 genotipos. Los genotipos vértice G3 (Pool 25 x CL-02450), G32 (ARZM06050), G42 (SLP113) y G44 (PAZM10026) además de tener rendimiento superiores a la media, presentan la más alta interacción. En contraste, en este sector, los genotipos con menor interacción ó más estables fueron G11 (SINA 82), G46 (COAH60), G13 (PAZM10122), G31 (SLP105), G14 (CARIBEÑO MC2), G26 (PAZM14119) y G16 (CUBA94) por sus valores de CP1 cercanos al cero (0). En el sector II, se asocian los genotipos G43, G12, G47, G18, G38, G34 y G23, con los ambientes SR2 y SS2 (2010) con rendimientos inferiores a la media excepto los últimos tres (G38, G34 y G23); de este grupo, interactuaron mas con el ambiente los genotipos vértice G43, G12 y G23.

En el sector III se ubican 18 genotipos con menor potencial de rendimiento. Solo tres de ellos presentaron rendimientos similares a la media (G20, G29 y G33). Seis genotipos se ubican en el vértice y por tal razón interaccionaron más con el ambiente.

El resto G20, G07, G45, G22, G15, G01 y G36 con valores cercanos al cero (0) fueron los más estables. Dentro del sector IV no se identificó ningún genotipo, mientras que en el sector V solo se observaron dos genotipos G8 y G17, con un rendimiento igual a la media (3427.5 kg ha⁻¹).

V CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede concluir:

El análisis AMMI, resultó ser una herramienta muy útil para determinar el comportamiento de los genotipos en cada uno de los ambientes en evaluación el cual nos indicó que los genotipos se comportaron de manera diferente en cada ambiente.

En promedio, 2009 fue superior ($P < 0.05$) a 2010; el rendimiento en 2010 fue inferior ($P < 0.05$) a la media (3427.5 kg ha⁻¹).

El análisis Biplot, permitió discriminar a los genotipos dentro de cada ambiente de acuerdo a su rendimiento/ha y a su estabilidad a través de los ambientes. Los genotipos más sobresalientes fueron identificados como aquellos que mostraron valores de CP1 cercanos a cero.

Los genotipos (G3, G11, G46, G13, G31, G14, y G16) fueron los que menos interaccionaron con el ambiente, pues mostraron valores cercanos a cero (+5.5 a -4.5) respecto al CP1, por tal motivo se catalogan como estables además de mostrar rendimientos superiores a la media. Estos genotipos podrían ser apropiados para la producción de grano en la Comarca Lagunera.

VI REVISIÓN DE LITERATURA

- Aguiluz, A.** 1998. Evaluación de híbridos de Maíz (*Zea mays*) de Grano Blanco y Amarillo en Ambientes de Centro América, Panamá y el Caribe en 1996. *En: Agronomía Mesoamericana*, 1998. Volumen 9.pp. 28 – 37.
- Alanís H. W., Quintero V. P., García F. Z., García N. M., Vázquez A. G., Cavazos G. A., Gracia M. G., Hernández S. M., Salinas L. A.** 2010. Modelo de Finlay y Wilkinson vs. El modelo AMMI para analizar la interacción genotipo-ambiente en sorgo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33, 117-123.
- Becker, H.C.**1981. Correlations among some statistical measures of phenotype stability. *Euphytica*. 30:835-840.
- Bolaños. J.** 1993. Bases Fisiológicas del Progreso Genético en Cultivares del PRM. *En: Síntesis de Resultados Experimentales del PRM*. 1992. Volumen 4. 1993. Pp.27-38.
- CIMMYT.** 1994. *1993/94 world maize facts and trends*. México. DF.
- Córdova. H. S.** 1991. Respuestas diferenciales para rendimientos de híbridos de maíz evaluados en ambientes contrastantes de Latinoamérica. PCCMCA 1990. *En: Resumen. XLIX Reunión Anual del PCCMCA 2003*. La Ceiba. Honduras. P. 98.
- Crossa. J., Gauch. H. G. y R. W. Zobel.** 1988. Estimación estadística predictiva rendimiento en ensayos de variedades. *En: Simposio “Modelos de Estabilidad” Para Evaluar la Adaptación de Cultivares. XXXIV Reunión Anual del PCCMCA*. San José. Costa Rica.
- Dowswell. C.R., Paliwal. R.L., Cantrell. R.P.** 1996. *Maize in the third world*. Boulder. CO. USA. Westview Press.

- Edmeades. G.O., Bolaños. J., Lafitte. H.R.** 1992. Progress in breeding for drought tolerance in maize. *In* D. Wilkinson. ed. *Proc. 47th Ann. Corn.*
- Espinoza. A., Ortega. D. y R. Urbina.** 2002. Evaluación de híbridos de Maíz (*Zea mays* L.) de Grano Blanco y Amarillo en Ambientes Contrastantes de Nicaragua. *En: Síntesis de Resultados Experimentales del PRM.* Volumen 6. Pp.32-38.
- Fuentes, M. R. y W. Quemé.** 2000. Informe Ensayo Regional de Maíz PCCMCA 99. ICTA-PRM. 50p.
- Gutiérrez del R. E., Espinoza B. A., Palomo G. A., Lozano G. J.J., Antuna G. O.** 2004. Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la comarca Lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 27 (Núm. Especial 1):7-11.
- Ibañez M. A., Cavanagh M. M., Bonamico N. C., di Renzo M. A.** 2006. Análisis gráfico mediante Biplot del comportamiento de híbridos de Maíz. *Revista de Investigaciones Agropecuarias.* Buenos Aires, Argentina. pp. 83-93.
- Kempton, R. A.** 1984. El uso de biplots en interpretación de interacciones variedades por ambiente. *Journal of Agricultural Sciences* 103:123-135.
- Marín, C., F. San Vicente Y V. Segovia.** 2004. Métodos recientes para el análisis de la interacción genotipo-ambiente en pruebas regionales de cultivares de maíz (*Zea mays* L.). *In: VI Jornada Científica del Maíz.* Maracay (Venezuela). Fasc. 1:6 p.
- Magari, R. y M. Kang.** 1993. Genotype selection via a new yield stability statistic in maize yield trials. *Euphytica* 70:105-111.
- Marini, D., Vega, I. y L. Maggioni.** 1993. *Genética Agraria.* FAGRO. Managua, Nicaragua. 346p.

- Márquez. S. F.** 1976. El problema de la interacción genético ambiental en genotecnia vegetal. Ed. PATENA. A.C. Universidad Autónoma. Chapingo. México. 113p.
- Maya. L.J.B., Ramírez D., J.L.** 2002. Selección recurrente en tres poblaciones de maíz para el subtrópico de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25: 201-207.
- Medina, S., C. Marín, V. Segovia, A. Bejarano, Z. Venero, R. Ascanio Y E. Meléndez.** 2002. Evaluación de la estabilidad del rendimiento de variedades de maíz en siete localidades de Venezuela. *Agronomía Trop.* 52(3):255 275.
- Ortega. D.** 2001. Determinación de aptitud combinatoria de ocho líneas de maíz (*Zea mays* L.) Derivadas de la población 76 C2 (Tropical Intermedia Blanco Cristalino). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria. Managua. Nicaragua. 46p.
- Quemé. J.L. y M.R. Fuentes.** 1992. Evaluación de híbridos de maíz (*Zea mayz* L.) de grano blanco y amarillo en diferentes ambientes de México. Centroamérica. El Caribe y Venezuela. *En: Informe del PCCMCA*. 1991. PRM-ICTA. Guatemala. C.A. p. 61.
- Salazar Q. A.** 2006. Evaluación de veinte híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en cinco localidades de Nicaragua. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. p. 13.
- Sánchez G.J.J.** 2011. Diversidad del Maíz y el Teocintle. Informe preparado para el proyecto: "Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México". Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Manuscrito. Documento revisado por Hugo Perales (ECOSUR) y Fernando Castillo (COLPOS).

- Urbina. R. y Bruno. A.** 1991. Estabilidad del rendimiento de cultivares de maíz en ambientes contrastantes de Nicaragua. CNIGM. Managua. Nicaragua. 19 pp.
- Urbina. R.** 1993. Evaluación de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de Grano Blanco y Amarillo en Ambientes de Centro América y México. En: Síntesis de Resultados Experimentales del PRM 1992. Volumen 4. 1993. Pp. 27-38.
- Van Eeuwijk, F.** 1995. "Multiplicative Interaction in Generalized Linear Models", *Biometrics*, 51, 1017-32
- Vargas, M. y J. Crossa.** 2000. El análisis AMMI y graficas de biplot. Unidades Estadísticas y Biométricas. CIMMYT.
- Yang, R. y R. Baker.** 1991. Genotype – environment interactions in two wheat crosses. *Crop Sci.* 31:83-87.
- Yan, W.; L. A. Hunt; Q. Sheng y Z. Szlavnics.** 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Sci.* 40 (3): 597-605.
- Yan, W.; P. L. Cornelius; J. Crossa y L. A. Hunt.** 2001. Two types of GGE biplots for analyzing multienvironment trial data. *Crop Sci.* 41: 656-663.
- Yan, W. y M.S. Kang.** 2002. GGE biplot analysis: a graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC Press, Boca Raton, Fl., USA.
- Yan, W. y N. A. Tinker.** 2005. An integrated biplot analysis system for displaying, interpreting, and exploring genotype x environment interaction. *Crop Sci.* 45: 1004-1016.
- Zobel, R., M. Wright y H. Gauch.** 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron J.* 80:388-393.

VII. ANEXOS

Cuadro 1A. Medias de 49 genotipos de maíz tropical de ciclo tardío evaluados en la condición de riego normal en la UAAAN-UL 2009.

TRAT	FM	FF	AP	Amz	AR	AT	COB	TEXT	AsMz	REND
3	67.7	69.7	250.3	150.3	1.7	2.3	1.0	2	1.3	7742.9
32	66.3	68.3	267.7	190.0	4.0	1.0	1.0	5	1.8	7325.9
11	79.0	83.7	326.7	236.0	5.3	1.7	1.3	5	3.2	6945.1
5	70.3	75.7	269.3	192.7	4.7	1.7	1.0	2	2.3	6401.1
49	71.3	74.0	284.3	193.3	3.3	2.0	1.0	4	2.0	6292.3
46	69.3	73.0	276.3	195.0	3.7	3.0	2.0	5	2.5	5984
33	83.0	88.3	304.3	218.3	3.7	2.0	2.0	5	3.2	5857.1
42	71.7	76.0	300.3	211.7	2.7	2.0	2.0	5	2.5	5440
8	70.3	77.0	273.7	185.3	1.0	2.0	1.0	5	2.3	5421.9
2	70.0	73.0	299.7	215.3	3.3	3.3	1.0	4	2.7	5349.3
27	73.3	79.7	292.7	209.3	4.3	2.7	1.3	5	2.8	5349.3
19	70.7	74.7	292.7	209.0	4.0	3.3	2.0	5	2.5	5204.3
24	70.3	74.3	267.3	184.3	3.7	1.7	2.0	4	2.8	5204.3
28	69.7	73.7	278.3	193.7	4.7	2.3	1.3	4	3.2	5198.2
25	70.7	76.0	286.7	194.7	3.7	2.7	1.0	3	2.8	5131.7
14	68.7	73.0	268.0	178.3	3.0	2.3	1.0	3	2.5	4932.3
13	69.0	72.3	263.3	184.7	4.7	1.7	1.7	3	3.0	4914.1
30	73.3	77.0	269.3	186.0	3.3	2.0	1.7	1	3.2	4841.6
41	77.7	82.0	301.7	216.7	4.0	2.7	1.0	5	3.5	4841.6
16	71.0	77.3	270.7	185.3	3.3	1.7	1.0	3	3.5	4732.8
29	71.7	77.0	278.0	200.0	3.0	2.7	1.0	5	3.0	4642.1
31	70.3	73.3	281.0	190.0	3.3	5.0	1.7	3	3.2	4557.5
10	68.0	72.3	264.7	166.3	1.7	2.3	2.3	3	2.8	4545.4
17	70.3	74.3	264.3	177.7	4.3	1.7	1.0	4	3.0	4370.1
26	70.0	71.3	236.3	156.7	3.3	3.3	1.0	3	3.0	4279.5
34	69.7	72.7	261.3	171.3	4.7	3.0	1.7	2	3.3	4231.1
39	68.3	74.0	250.7	164.0	1.0	2.3	1.3	3	2.5	4116.3
36	69.3	73.7	273.0	179.3	1.7	2.0	1.0	3	3.0	4025.6
4	71.3	77.7	266.0	188.0	3.0	3.0	1.3	3	3.2	3928.9
20	71.0	76.7	267.7	189.0	4.3	4.3	1.7	4	3.0	3880.5
6	72.0	78.3	271.0	184.7	5.7	4.0	1.7	5	3.7	3880.5
37	71.7	76.7	265.3	183.0	3.3	2.0	1.0	5	3.2	3826.1
9	69.7	73.7	290.0	188.7	5.7	2.3	1.7	3	2.7	3675
7	70.3	74.3	239.3	159.7	1.7	2.7	1.3	3	3.2	3608.5
38	71.3	75.3	253.7	164.7	3.3	2.3	1.0	2	3.0	3457.4
18	71.3	72.7	290.7	189.3	5.0	2.0	1.0	5	2.8	3179.4
23	71.3	75.0	281.0	186.0	3.7	3.3	1.0	5	3.0	3082.7
1	72.7	77.3	275.0	200.0	1.7	1.7	1.3	3	3.5	3034.3
44	70.3	73.0	250.7	160.7	4.3	5.0	1.3	5	3.8	2992
15	73.0	77.7	297.7	211.3	2.0	1.7	1.3	4	3.7	2937.6
22	69.7	73.0	250.7	166.7	3.7	4.0	1.3	3	3.7	2919.5
45	71.3	75.3	256.0	170.0	2.7	4.0	1.0	3	3.7	2828.8
21	64.0	68.7	235.0	147.3	3.0	4.3	1.7	2	3.8	2611.2
47	71.3	78.3	259.7	179.7	3.3	3.0	2.3	4	4.2	2593.1
48	74.0	78.7	277.7	199.0	4.0	2.3	2.0	5	4.2	1668.3
35	71.3	73.7	253.0	173.0	4.3	3.0	1.7	5	4.3	1650.1
40	82.3	89.7	314.0	231.3	6.0	1.0	3.0	4	5.0	1332.8
12	77.3	87.7	243.3	183.0	4.0	4.3	1.3	1	4.8	888.5
43	86.3	101.0	295.0	198.7	6.0	3.7	2.7	5	5.0	398.9
Med.	71.0	75.0	270.7	186.0	3.7	2.3	1.3	4.2	3.0	4279.5
Max.	86.3	101.0	326.7	236.0	6.0	5.0	3.0	5.0	5.0	7742.9
Min.	64.0	68.3	235.0	147.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	398.9
DMS	2.65	4.96	2.41	2.12	2.32	2.18	0.80	1.24	0.84	832.26

DMS = Diferencia Mínima significativa al 0.05 de probabilidad. FM= Floración Masculina. FF= Floración Femenina. AP= Altura de Planta. AM= Altura de Mazorca. ART= Acame de Raíz. ATT= Acame de Tallo. COB=Cobertura. TXT= Textura. AMz= Aspecto de Mazorca. RMz= Rendimiento de Mazorca. Med.= Media Max= Máxima y Min.= Mínima.

Cuadro 2A. Medias de 49 genotipos de maíz tropical de ciclo tardío evaluados en la condición de riego deficitario en la UAAAN-UL 2009.

TRAT	FM	FF	AP	Amz	AR	AT	COB	TEXT	AsMz	REND
3	69.0	69.0	2.3	1.5	2.0	2.3	1.0	3	1.0	7724.8
41	71.7	76.0	2.2	1.8	3.3	2.7	1.0	1	1.8	6437.3
28	72.7	76.7	2.7	1.8	3.3	3.0	1.0	2	2.5	6201.6
27	70.0	73.7	2.4	1.6	3.3	2.7	1.7	5	2.8	5859.8
32	78.3	82.3	3.3	2.0	3.7	3.7	1.3	5	3.2	5851
13	72.0	76.3	2.4	1.6	3.0	2.7	1.0	3	2.5	5467.2
44	79.7	86.3	2.9	2.1	4.7	2.7	1.3	4	3.0	5104.5
26	71.3	75.3	2.9	1.7	3.7	2.3	1.0	3	2.3	5095.5
31	69.3	70.7	2.1	1.3	2.7	2.7	1.0	1	2.3	4941.3
6	69.7	74.0	2.6	1.6	3.0	2.3	1.0	3	2.8	4877.9
11	73.0	80.0	2.4	2.3	2.7	2.7	1.0	2	2.7	4581.7
29	75.0	82.3	2.6	1.8	3.7	3.3	1.7	4	3.3	4521.2
17	70.3	73.7	2.3	1.6	4.0	3.3	1.0	3	3.0	4352
46	70.7	74.7	2.4	1.6	4.3	2.7	2.0	3	3.0	4098.1
21	71.7	75.7	2.5	1.6	4.0	2.7	1.3	1	2.3	4043.7
16	73.7	79.0	2.8	1.7	3.0	3.3	1.0	3	2.7	3965.2
20	73.3	79.0	2.5	1.7	3.0	2.7	1.3	3	3.0	3962.2
5	74.3	80.0	2.9	1.9	4.0	2.3	2.0	5	2.7	3916.8
25	74.0	80.0	2.3	1.7	3.7	3.0	1.0	4	2.8	3862.4
42	69.7	72.0	2.7	1.5	3.3	4.0	1.0	5	3.3	3844.3
1	74.0	77.7	2.6	1.8	3.0	2.7	1.3	4	2.7	3735.5
10	86.3	94.3	2.7	2.1	3.7	2.7	1.3	4	3.3	3723.4
14	72.3	75.3	2.6	1.8	4.3	3.3	1.0	3	2.5	3717.3
30	74.0	80.0	2.3	1.6	3.3	2.3	1.0	2	2.2	3675
39	63.0	70.3	2.3	1.5	3.0	2.7	1.7	1	3.0	3662.9
2	72.3	77.7	2.4	1.6	4.0	3.0	1.0	3	3.2	3650.8
4	73.3	77.7	2.8	1.9	3.3	2.7	1.0	4	2.8	3626.7
47	76.7	82.0	2.7	1.9	4.3	2.3	1.3	5	3.5	3608.5
18	71.3	74.7	2.6	1.7	3.3	3.3	1.3	3	2.8	3590.4
38	72.7	77.3	2.4	1.8	3.7	3.3	1.7	4	3.2	3517.9
45	76.7	82.3	2.5	1.8	4.0	2.7	1.7	5	3.2	3481.6
23	71.3	75.7	2.5	1.5	2.7	2.7	1.3	1	3.0	3427.2
15	73.0	78.7	2.2	1.6	3.0	3.0	1.0	2	2.8	3400
19	71.7	77.7	2.1	1.7	2.7	2.7	1.3	3	2.8	3372.8
34	71.7	75.0	2.3	1.8	3.7	3.0	1.3	2	3.3	3354.7
22	71.7	77.0	2.7	1.7	4.3	3.0	1.3	2	3.3	3288.2
49	70.0	77.0	2.2	1.5	2.3	2.7	1.0	1	3.2	3282.1
8	75.7	79.7	2.3	1.6	2.7	3.0	1.0	1	3.3	3131
7	73.0	79.0	2.4	1.6	3.3	3.0	1.3	2	3.3	2877.2
37	71.3	76.0	2.5	1.5	4.0	4.0	1.0	5	3.3	2774.4
9	71.7	79.3	2.4	1.5	2.7	4.3	1.7	3	3.7	2729.1
24	73.0	76.3	2.2	1.5	4.3	3.3	1.7	1	3.3	2665.6
36	73.7	82.0	2.3	1.7	3.0	4.3	1.3	1	3.5	2629.3
33	77.3	84.7	2.4	1.5	4.3	3.3	1.0	1	3.3	2574.9
35	72.7	79.3	2.4	1.7	3.7	3.0	1.3	2	3.8	2490.3
40	75.3	81.0	2.3	1.9	4.7	3.7	1.0	2	4.0	1486.9
48	93.0	102.7	3.4	1.8	4.0	4.0	2.0	1	4.5	1368.8
43	89.3	102.7	3.1	2.0	4.0	4.7	2.0	2	4.5	1178.7
12	80.0	91.3	2.3	2.5	3.7	3.7	1.3	1	4.3	1051.7
Med.	72.7	77.7	2.4	1.7	3.7	3.0	1.3	2.5	3.0	3662.9
Max.	93.0	102.7	3.4	2.5	4.7	4.7	2.0	5.0	4.5	7724.8
Min	63.0	69.0	2.1	1.3	2.0	2.3	1.0	1.0	1.0	1051.7
DMS	2.58	4.15	0.46	0.44	1.03	1.52	0.54	1.54	0.90	946.25

DMS = Diferencia Mínima significativa al 0.05 de probabilidad, FM= Floración Masculina, FF= Floración Femenina, AP= Altura de Planta, AM= Altura de Mazorca, ART= Acame de Raíz, ATT= Acame de Tallo, COB=Cobertura, TXT= Textura, AMz= Aspecto de Mazorca, RMz= Rendimiento de Mazorca, Med.= Media Max= Máxima y Min. = Mínima.

Cuadro 3A. Medias de 49 genotipos de maíz tropical de ciclo tardío evaluados en la condición de riego normal en la UAAAN-UL 2010.

TRAT	FM	FF	AP	AMZ	AR	AT	COB	TEXT	AsMZ	REND
3	61.7	65.3	221.3	131.7	0.7	0.7	1.3	1	1.3	8024.0
11	64.3	67.7	256.7	176.3	1.9	1.4	2.3	1	2.0	5122.7
42	62.7	65.7	238.0	154.7	4.9	3.1	2.0	5	2.0	5077.3
24	68.7	74.3	261.7	174.7	4.6	0.7	1.7	1	2.0	4896.0
4	64.3	70.0	238.3	166.3	5.6	2.5	1.7	2	2.3	4669.3
2	66.3	71.0	246.3	167.0	5.3	1.5	1.0	1	2.0	4593.8
44	64.3	69.7	242.0	154.3	3.6	1.3	1.7	1	2.0	4488.0
23	64.7	69.0	215.7	136.0	1.8	2.7	1.3	2	1.7	4306.7
13	62.3	65.7	226.0	148.7	3.2	1.3	1.3	2	2.3	4080.0
28	62.0	67.7	231.3	136.7	0.7	1.4	1.3	1	2.0	3989.3
31	68.3	72.0	214.3	135.0	2.6	2.4	1.7	2	2.3	3944.0
14	71.7	78.0	243.7	182.7	3.2	0.7	1.7	4	3.3	3853.3
46	66.0	70.7	245.7	163.3	4.1	0.7	1.3	1	2.0	3687.1
47	64.3	69.0	223.0	149.7	6.1	3.3	1.3	1	2.7	3581.3
38	64.3	67.7	248.7	171.0	4.3	4.3	1.7	1	3.0	3581.3
43	64.7	70.0	187.0	117.3	0.7	0.7	1.3	1	2.7	3535.9
34	66.0	69.3	206.3	127.3	0.7	1.4	2.0	1	2.7	3490.7
39	71.3	76.3	287.7	214.7	4.4	1.9	1.0	4	2.7	3445.4
26	63.7	66.3	244.3	166.0	2.0	2.3	1.0	1	3.0	3445.3
49	65.7	69.0	251.7	180.0	0.7	1.6	1.3	1	2.7	3400.0
18	56.7	61.7	221.0	126.0	1.9	3.1	1.7	1	2.7	3309.3
16	63.0	66.3	248.3	157.7	4.0	2.7	2.0	1	2.0	3264.0
6	64.7	70.0	204.3	142.7	4.9	0.7	2.0	4	2.7	3264.0
9	65.7	72.7	187.3	124.0	1.3	2.2	1.7	1	2.3	3082.7
41	65.3	69.0	193.0	123.7	0.7	2.5	1.7	2	3.0	3037.3
27	64.0	68.7	264.3	184.7	0.7	3.1	1.7	1	3.0	2946.7
32	62.0	66.7	176.7	124.0	1.3	2.6	1.3	1	2.0	2856.0
37	69.0	74.0	211.0	141.3	1.6	0.7	2.3	4	2.3	2833.3
17	61.3	64.3	225.0	142.3	4.0	5.0	1.3	2	2.3	2765.3
35	67.7	73.7	206.3	136.3	1.4	2.1	1.3	1	3.0	2674.8
33	64.3	67.3	198.7	138.7	5.2	3.4	1.3	1	2.7	2629.3
8	65.3	71.0	211.7	140.7	2.6	2.3	2.3	1	2.7	2584.0
45	64.0	67.7	205.7	137.3	0.7	3.9	1.7	1	3.3	2584.0
25	64.3	69.3	207.7	140.0	3.0	2.6	2.7	1	3.0	2584.0
20	67.7	71.3	246.3	175.3	3.0	1.3	2.0	1	2.3	2538.7
21	67.7	72.3	233.3	165.3	2.7	3.8	1.7	1	2.3	2538.7
5	71.0	76.7	254.3	174.0	5.1	1.5	1.3	4	3.3	2417.8
7	61.7	66.0	244.0	158.7	4.6	5.3	1.3	1	2.7	2387.6
22	68.3	73.0	201.7	127.0	1.6	2.4	1.3	2	3.0	2266.7
12	64.3	70.3	216.3	151.3	6.3	5.3	1.7	1	2.7	2198.7
29	69.3	72.7	206.7	133.3	0.7	0.7	2.0	1	2.7	2040.0
15	82.7	91.0	279.0	206.0	8.5	2.4	2.0	5	4.0	1949.3
30	63.7	66.7	212.3	148.0	2.8	3.1	1.3	1	2.7	1858.7
10	69.3	73.0	199.7	124.7	4.0	1.7	2.3	2	2.7	1722.7
48	64.3	67.3	227.0	148.3	2.2	2.5	2.0	1	2.7	1654.8
19	69.3	79.0	233.0	169.0	3.0	2.4	2.3	1	4.0	1541.3
36	66.7	73.3	234.3	169.3	1.7	0.7	2.0	1	2.3	1450.7
1	63.7	70.3	219.3	152.7	3.8	1.3	2.3	1	3.7	1387.2
40	83.7	90.3	277.3	213.3	6.8	2.9	2.3	4	4.0	997.3
Media	66.4	71.1	229.2	154.2	3.2	2.3	1.7	1.7	2.6	3037.3
Max.	83.7	91.0	287.7	214.7	8.5	5.3	2.7	5.0	4.0	8024
Min.	56.7	61.7	176.7	117.3	0.7	0.7	1.0	1.0	1.3	997.3
DMS	5.7	6.5	30.2	26.8	3.5	2.5	1.1	1.6	1.2	767.63

DMS = Diferencia Mínima significativa al 0.05 de probabilidad. FM= Floración Masculina. FF= Floración Femenina. AP= Altura de Planta. AM= Altura de Mazorca. ART= Acame de Raíz. ATT= Acame de Tallo. COB=Cobertura. TXT= Textura. AMz= Aspecto de Mazorca. RMz= Rendimiento de Mazorca. Med.= Media Max= Máxima y Min. = Mínima.

Cuadro 4A. Medias de 49 genotipos de maíz tropical de ciclo tardío evaluados en la condición de riego deficitario en la UAAAN-UL 2010.

TRAT	FM	FF	AP	AM	AR	AT	COB	TEX	AsMz	REND
42	63.0	65.3	242.7	140.0	0.8	3.2	1.3	1	1.0	4624
3	66.0	69.3	292.7	196.7	1.2	2.0	1.3	1	1.3	4503.1
2	77.3	83.7	240.3	176.0	3.0	0.9	1.7	5	2.3	4472.9
46	62.3	65.3	241.7	154.7	1.2	3.7	1.7	4	1.3	4442.7
6	67.7	71.7	295.7	209.7	0.8	1.9	1.3	2	2.0	4080
14	60.7	63.7	225.0	142.7	1.9	3.0	1.3	1	1.3	3767.3
11	66.0	70.7	263.3	169.3	2.7	4.7	2.3	3	2.0	3747.6
39	66.0	69.3	299.7	205.0	1.2	0.9	2.0	1	1.3	3656.9
25	69.3	77.7	297.7	211.3	1.1	0.7	1.3	4	2.3	3400
5	64.7	68.0	267.3	174.3	0.9	5.7	1.3	1	1.7	3264
23	64.7	69.3	279.0	173.3	1.9	3.0	2.3	1	1.7	3264
24	65.0	68.3	222.7	148.3	0.8	2.0	1.7	1	1.7	3264
12	64.7	69.0	239.7	171.3	1.2	2.3	2.0	1	2.0	3173.3
41	64.3	67.7	266.7	177.7	1.2	6.0	1.3	3	1.7	3143.1
44	63.7	68.0	258.7	171.7	0.9	3.0	1.0	1	1.7	3082.7
4	62.3	66.0	235.7	160.0	0.8	1.7	1.0	1	2.3	2946.7
32	65.0	68.3	251.0	173.7	0.8	6.7	1.0	2	1.7	2901.3
49	64.0	78.7	236.7	155.7	1.2	2.3	1.0	1	1.7	2765.3
37	64.0	67.3	235.7	158.7	0.8	2.3	1.7	1	1.3	2720
31	66.7	69.7	257.7	170.0	0.8	2.0	1.3	3	2.0	2720
20	63.0	67.3	253.3	159.7	1.7	5.0	1.7	1	2.3	2689.8
36	65.0	68.7	268.7	193.0	0.8	5.3	2.0	1	2.0	2584
34	64.0	67.7	234.0	159.0	0.7	3.3	2.0	1	3.0	2508.4
8	66.0	69.3	254.3	171.7	0.9	2.3	1.7	1	1.7	2508.4
38	66.0	69.0	241.3	165.0	0.7	2.3	1.0	1	2.0	2448
16	65.0	69.3	264.0	174.7	1.7	2.0	1.0	1	1.7	2448
18	58.7	60.7	225.3	130.0	0.8	7.7	2.7	1	2.3	2402.7
17	62.0	66.7	236.3	156.3	4.1	5.3	1.0	1	2.0	2327.1
19	65.3	69.7	373.3	160.3	0.9	1.9	1.7	2	2.3	2312
47	64.7	68.0	241.3	171.0	0.9	2.0	2.7	1	2.3	2284.8
26	62.7	67.0	223.7	157.7	2.9	2.2	2.7	1	2.7	2266.7
13	63.3	67.7	235.3	153.7	0.7	4.0	1.3	1	2.0	2266.7
7	63.3	67.3	258.0	165.3	2.6	5.3	1.0	1	1.7	2130.7
9	62.7	67.7	231.0	171.3	0.7	4.3	1.0	1	2.3	2024.9
22	62.7	67.7	229.7	172.0	0.9	7.7	1.3	1	1.7	1994.7
21	66.0	70.7	217.0	147.7	0.7	3.3	1.0	1	2.0	1843.6
27	64.0	67.7	243.7	154.3	1.1	3.0	1.0	2	2.0	1843.6
30	67.0	71.7	250.3	168.0	0.9	3.0	1.3	1	2.3	1677.3
35	65.7	70.3	219.0	129.7	0.9	3.3	1.0	1	2.7	1662.2
33	67.7	72.0	246.0	163.7	1.9	0.9	1.3	1	2.0	1632
29	62.7	67.0	261.3	166.0	0.9	2.7	1.7	2	1.7	1601.8
10	70.3	76.7	261.0	186.7	0.9	1.3	1.3	5	3.0	1541.3
15	69.0	75.7	244.7	181.7	1.0	2.0	1.3	1	3.3	1511.1
1	66.0	72.0	234.7	159.7	3.1	3.7	1.0	1	2.0	1496
28	64.3	70.7	237.3	164.7	2.6	2.3	1.0	1	1.7	1450.7
48	67.3	74.3	218.3	142.0	0.8	2.6	1.0	1	2.7	1420.4
45	67.3	72.3	237.7	136.3	0.9	5.7	1.3	1	1.7	1405.3
43	82.0	88.0	279.7	189.7	1.6	3.3	1.7	4	4.0	952
40	88.0	92.0	286.3	106.0	1.7	3.0	2.0	5	3.7	680
Med.	65.0	69.0	243.7	165.3	0.9	3.0	1.3	1.0	2.0	2448
Max.	88.0	92.0	373.3	211.3	4.1	7.7	2.7	5.0	4.0	4624
Min.	58.7	60.7	217.0	106.0	0.7	0.7	1.0	1.0	1.0	680
DMS	2.64	5.09	57.6	24.7	2.3	2.8	0.93	0.84	0.93	550.83

DMS = Diferencia Mínima significativa al 0.05 de probabilidad, FM= Floración Masculina, FF= Floración Femenina, AP= Altura de Planta, AM= Altura de Mazorca, AR= Acame de Raíz, AT= Acame de Tallo, COB=Cobertura, TEX= Textura, AMz= Aspecto de Mazorca, RMs= Rendimiento de Mazorca, Med.= Media Max= Máxima y Min. = Mínima.

Cuadro 5A. Valores medios de rendimiento y de tres componentes principales (CP) de cuatro ambientes y 49 genotipos ordenados en base a rendimiento.

GENEALOGIA	TRAT	REND	CP1	CP2	CP3
Pool 25 x CL-02450	3	6998.7	-0.4	143.4	-273.7
SINA 82	11	5099.3	55.5	-117.8	-160.4
SNLP 113	42	4746.4	-115.1	-148.7	-33.8
ARZM 06 050	32	4733.6	303.4	-0.1	13.8
COAH 60	46	4553.0	29.8	-165.0	71.5
SNLP 104	2	4516.7	-90.7	-160.9	-0.6
BRAZ 1721	41	4364.8	112.7	192.0	152.0
PAZM 14147	28	4210.0	144.0	250.4	-135.8
PAZM 10122	13	4182.0	59.3	153.0	-81.4
CARIBENO MC 2	14	4067.6	-42.9	-102.5	17.4
SNLP 105	31	4040.7	0.6	96.5	-29.1
PAZM 8030	6	4025.6	-62.2	48.9	200.2
PAZM 10036	24	4007.5	-99.7	-181.0	-190.6
SONO 74	5	3999.9	186.5	-162.2	52.8
PAZM 4039	27	3999.8	194.3	173.0	-14.9
VERA 215	49	3934.9	117.5	-178.4	-115.1
PAZM 10026	44	3916.8	-157.3	192.9	28.2
PAZM 7128	4	3792.9	-138.1	0.2	-105.0
PAZM 14119	26	3771.8	40.4	145.2	-0.7
BRAZ 2315	25	3744.5	72.9	-97.8	102.7
SNLP 111	39	3720.4	-75.4	-59.5	79.5
CUBA 94	16	3602.5	43.4	-0.5	-37.6
CUBA 85	23	3520.1	-198.5	10.7	-0.9
ARZM CRAMAN	17	3453.6	64.9	54.4	31.0
BRAZ 1277	8	3411.3	110.1	-139.5	-29.3
PAZM 2076	34	3396.2	-30.2	-35.1	-57.5
PAZM 7112	20	3267.8	14.9	22.7	94.5
CUBA 88	38	3251.2	-86.6	30.9	-32.2
COMPUEST TUXP	29	3201.3	167.6	83.6	24.9
CUBA 84	33	3173.3	160.2	-172.7	-163.2
BRAZ 1273	18	3120.5	-86.1	53.1	0.5
VERE 648	19	3107.6	175.8	-106.7	72.9
PAZM 2079	37	3038.5	-45.9	-88.4	21.6
BRAZ 1059	47	3016.9	-141.9	99.3	-0.7
PAZM 8077	30	3013.2	164.8	-17.7	0.7
PUER GP4	10	2883.2	158.4	1.0	21.1
VERE 1011	9	2877.9	-44.9	-43.8	-67.7
PAZM 14135	7	2751.0	-0.6	-40.3	20.2
SNLP 101	36	2672.4	58.3	-126.0	129.1
ARZM CRISCO	22	2617.3	-31.3	46.1	65.3
SINA 21	21	2591.6	-62.8	84.3	40.4
PAZM 2036	45	2574.9	-27.2	106.0	-12.8
CUBA 83	15	2449.5	14.3	77.4	52.0
BRAZ 1195	1	2413.3	68.3	97.8	115.4
RDOM 272	35	2119.4	-163.3	65.6	13.8
PANA 64	12	1828.1	-299.3	-117.4	184.8
BRAZ 2225	48	1528.1	-121.5	-46.7	42.5
MORE 90	43	1516.4	-322.4	59.7	-141.9
MORE 100	40	1124.3	-69.7	15.0	52.4
Ambiente	R1	4209.2	60.3	-36.5	-18.6
Ambiente	R2	3154.6	-50.9	8.4	-42.3
Ambiente	S1	3777.8	24.8	61.0	17.9
Ambiente	S2	2568.4	-34.2	-32.9	43.0

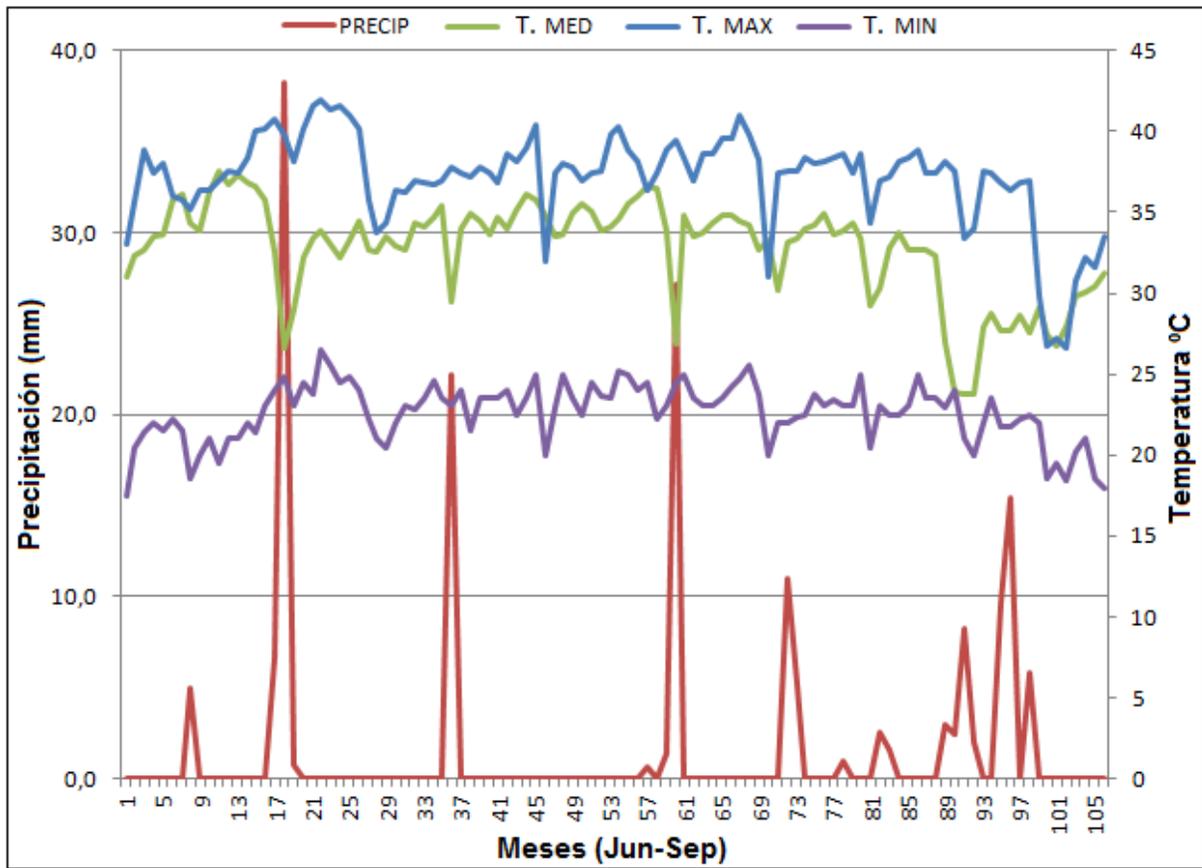


Fig. 1A. Promedios de precipitación y temperaturas medias, máximas y mínimas diarias de Junio a Septiembre del 2009.

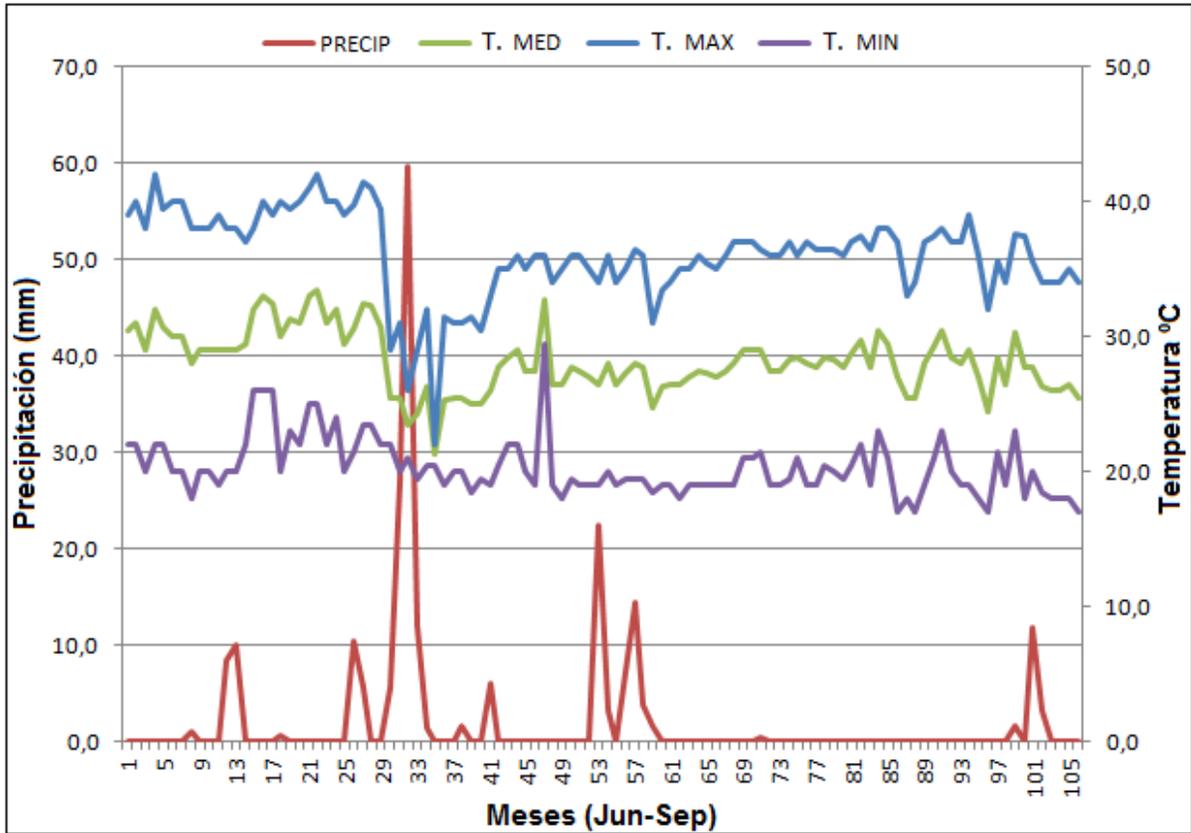


Fig. 2A. Promedios de precipitación y temperaturas medias, máximas y mínimas diarias de Junio a Septiembre del 2010.