

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA



DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TÍTULO DE TESIS:

RELACIÓN DE ALTURA DE PLANTA Y MAZORCA CON RENDIMIENTO EN

MAÍZ (*Zea mays* L.)

POR

JOEL RAMIREZ LEONIDES

TÉSIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TÍTULO DE TESIS
RELACIÓN DE ALTURA DE PLANTA Y MAZORCA CON RENDIMIENTO EN
MAÍZ (*Zea mays* L)

POR:
JOEL RAMIREZ LEONIDES

APROBADO POR:

ASESOR PRINCIPAL:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

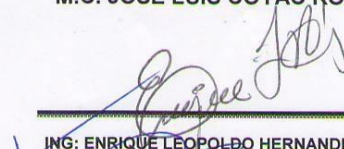
ASESOR:


DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

ASESOR:


M.C. JOSÉ LUIS COYAC RODRIGUEZ

ASESOR:


ING: ENRIQUE LEOPOLDO HERNANDEZ TORRES


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



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

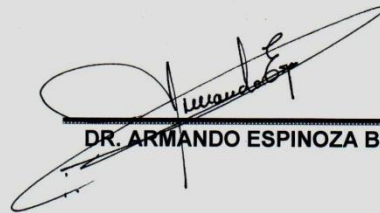
TORREÓN, COAHUILA. MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. JOEL RAMIREZ LEONIDES QUE SE SOMETE A
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRONOMO
APROBADO POR:

PRESIDENTE:



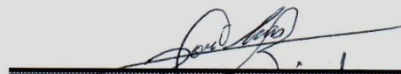
DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

VOCAL:



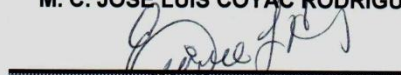
DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

VOCAL:



M. C. JOSÉ LUIS COYAC RODRIGUEZ

VOCAL:



ING: ENRIQUE LEOPOLDO HERNANDEZ TORRES



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



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA. MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2013

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por haberme prestado la vida y salud durante todo este tiempo, por cuidar de mi persona y por permitirme llegar con éxito hasta el final de mis estudios profesionales.

A MI ALMA MATER:

Agradezco sinceramente a la Universidad Autónoma Agraria “**Antonio Narro**” por brindarme la oportunidad de formar mi vida profesional.

A MIS ASESORES:

Agradezco a mis asesores por su ayuda y disposición en la realización del presente trabajo, y agradezco de una manera especial; al Dr. Armando Espinoza Banda, Dr. Martha Wilcon, ING: Enrique Leopoldo Hernández Torres , ya que su ayuda fue determinante para la culminación del presente trabajo, y al Dr. Oralia Antuna Grijalva, Mc. José Luis Rodríguez Coyac, Por su importante participación.

A MI FAMILIA:

A mi papá Alfredo Ramírez Peñaira y a mi mamá vicencia Leonides Ricardo y a mis hermanos, por todo su apoyo económico moral que me brindaron de manera incondicional,

A MIS COMPAÑEROS: Heriberto, Carlos, José Ángel, Alberto, Cesar Cenicerros, Cesar Bonifacio, por todo el apoyo brindado durante la realización del presente trabajo.

DEDICATORIAS

A DIOS:

A Dios por que siempre ha estado iluminando mí camino, porque está siempre presente en cualquier lugar llenándome de luz y dándome la paz que necesito.

A MI FAMILIA:

Con mucho amor y orgullo a mi papá. Alfredo Ramírez Peñaira y a mi madre Vicencia Leonides Ricardo: como un agradecimiento por el gran esfuerzo y sacrificio que realizaron durante el transcurso de mis estudios. Los amo nunca lo duden y de verdad GRACIAS.

A MIS HERMANOS:

Norma, Maribel, Humberto, Alfredo, Briseida, Liz Arely, Miriam, por su valioso consejo y apoyo, que me brindaron y como consecuencia me ayudaron a la formación de mi persona y mi criterio profesional. GRACIAS.

RESUMEN

Con el objeto de conocer la relación existente del rendimiento y las variables agronómicas; altura de planta (AP) y mazorca (AM), en condiciones de riego normal y deficitario, se evaluaron 400 genotipos de diferente origen geográfico, provenientes del centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). El experimento se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAA-UL) en Torreón, Coahuila, durante el verano de 2012. La siembra se realizó el 25 de mayo de 2012 en surcos dobles de 5 metros a 0.75 m entre surco y a 0.25 m entre planta y planta. Se utilizó un diseño aumentado sin repeticiones. Se tomaron las variables: de altura de planta y mazorca unos días antes de la cosecha, las variables se correlacionaron con el rendimiento, utilizando como variable dependiente el rendimiento. Para cada caso se elaboró una gráfica de dispersión y la línea de tendencia. Los resultados permiten establecer que Las variables altura de planta y mazorca correlacionaron positivamente tanto en riego normal como en riego deficitario, se encontraron correlaciones altamente significativas entre la altura de planta y altura de mazorca, tanto en la condición de riego normal y deficitario, el estrés no afecta la asociación entre estas dos variables. Se observaron bajas correlaciones entre el rendimiento de grano con la altura de planta y mazorca, el rendimiento de grano se ve afectado por la altura de estas variables, a mayor altura de planta existe la posibilidad de ser influenciada negativamente por el ambiente, y tener bajos rendimientos.

Palabras clave: maíz, *rendimiento, altura de planta, altura de mazorca, riego normal, riego deficitario.*

ÍNDICE GENERAL

Pagina

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis.....	3
II REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Efecto de la sequia en las etapas de crecimiento	4
2.1.1 Efecto de la Sequia durante la floración	5
2.1.2 La sequia durante llenado de granos	6
2.2 Tolerancia a altas temperaturas.....	8
2.3 Efecto del ambiente en la producción del maíz	10
2.3.1 Interacción Genotipo-Ambiente	11
2.3.2 Temperatura.....	12
2.3.3 Fertilización	13
2.3.4 Estrés hídrico	15
2.4 Mejoramiento de maíz en estabilidad de rendimiento	18
2.5 Senescencia	19
2.6 Rendimiento y estabilidad.....	22
III MATERIALES Y METODOS.....	25
3.1 Localización geográfica y características del área de estudio.....	25
3.2 Material biológico	25
3.3. Diseño experimental	26
3.4 Manejo agronómico	26
3.4.1 preparación del terreno	26
3.4.2 Siembra	26
3.4.3. Aclareo de plantas.....	26

3.4.4. Fertilización	27
3.4.5. Riegos	27
3.4.6. Control de plagas.....	28
3.4.7 Control de maleza.	29
3.5 Variables determinadas	30
3.5.1 Altura de Planta (cm).....	30
3.5.2 Altura de Mazorca (cm).....	31
3.5.3 Rendimiento de grano.....	31
3.6 Método estadístico	31
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1 Correlación entre Altura de planta (ALTPL) y Mazorca (ALTMZ).	33
4.2 Relación del rendimiento de grano con altura de planta y mazorca en condiciones de riego normal y riego deficitario.....	38
V. CONCLUSIONES.....	42

INDICE DE FIGURA

Figura No.	pagina
Figura 4.1. Correlación de altura de planta (ALTPL) y mazorca (ALTMZ) en riego normal y restringido en 347 genotipos. UAAAN UL 2012.....	34
Figura 4.2 Relación de altura de planta en riego normal con altura de planta (A) y altura de mazorca en riego reducido (B). UAAAN-UL, 2012.....	36
Figura 4.3. Relación de altura de mazorca en riego normal con altura de planta (A) y de mazorca en riego reducido (B). UAAAN-UL 2012.....	37
Figura 4.4. Relación del rendimiento de grano y altura de planta (A) y mazorca (B) en condiciones de riego restringido. UAAAN-UL 2012.....	39
Figura 4.5. Relación del rendimiento de grano y altura de planta (A) y mazorca (B) en condiciones de riego normal.....	41

I INTRODUCCIÓN

El maíz *Zea mays L.*, es la principal especie cultivada en México, al ocupar anualmente alrededor de 8 millones de hectáreas, la cual del 75 % de esta superficie se utiliza semilla de variedades criollas, las cuales además de estar adaptadas a las condiciones climáticas y tecnológicas de los productores, poseen características que les permiten responder a sus gustos alimenticios y preferencias (Márquez, 1995).

El maíz fue domesticado hace aproximadamente 3,500 años, en paralelo con otros alimentos, como el frijol, el chile y la calabaza. Con la domesticación de estos alimentos, se sentaron las bases de la actividad agrícola y con ello las grandes culturas de Mesoamérica (FAO, 1973).

En el desarrollo de variedades de maíz altamente rendidoras, siempre se ha observado un incremento en aquellos atributos que están positivamente correlacionados con el rendimiento de granos, lo cual, muchas veces resulta indeseable. Tal es el caso de los caracteres altura de planta y altura de la mazorca, que aumentan en magnitud paralelamente con el incremento en rendimiento en cada ciclo de selección. Las plantas de mazorca alta, son más susceptibles a ser dobladas por la acción del viento y las lluvias, causando pérdidas en las siembras (Vega, 1972).

La selección de plantas de mazorca baja ha resultado efectiva tal como lo sustentan los trabajos de Smith, (1909) y Vera *et al.* (1970). Dado que la altura de la planta y la altura de mazorcas son caracteres afectados en cierto grado por el medio ambiente, la selección de ellos debería de hacerse conjuntamente, es decir, basada en un valor único que relacione estas dos características.

De la Cruz *et al.*, (2009) al evaluar nueve genotipos de maíz tropical, entre los genotipos sobresalientes en rendimiento de grano hubo diferencias significativas con alturas de planta de 2.51 a 2.83 m y de 0.99 a 1.18 m en altura de mazorca, lo cual indica que estas características agronómicas tuvieron poca relación con el rendimiento de grano en este estudio.

Cien familias de hermanos completos de la variedad de maíz dulce 'Riqueza', fueron evaluadas en Maracay Venezuela, utilizando un diseño de lattice simple 10 x 10 con dos repeticiones. Las características estudiadas fueron: floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, peso total deshojado, peso deshojado de las primeras mazorcas, prolificidad y rendimiento por planta. Se encontraron correlaciones negativas entre la floración femenina y la altura de planta ($r = -0,24^{**}$), entre la floración femenina y el peso total de mazorca deshojada ($r = -0,25^{**}$) y entre floración femenina y el peso total de mazorca ($r = -0,16^{**}$). El rendimiento por planta tuvo correlación positiva con todos los otros

caracteres estudiados, con la excepción de la floración femenina, donde la correlación fue negativa (Bejarano *et al.*, 1992)

Cuatro poblaciones élite de maíz tropical del CIMMYT están siendo mejoradas para resistencia a sequía por esquemas de selección recurrente (S1 o hermanos completos) para rendimiento de grano y varias otras características, tanto bajo estrés de sequía, como bajo condiciones de buena humedad, no se encontraron una correlación significativa del rendimiento y la altura de planta bajo sequía (Bolaños y Edmeades, 1990)

1.1 Objetivos

Evaluar el componentes de rendimiento en maíz *Zea mays L.*, con relación a altura de plantas y mazorca.

1.2 Hipótesis

H₀ la relación de altura de plantas y mazorca no influyen en el rendimiento de maíz *Zea mays L.*

H₁ La relación de altura de plantas y mazorca si influye en el rendimiento de maíz *Zea mays L.*

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Efecto de la sequia en las etapas de crecimiento

Los niveles de sequia o baja radiación solar que tiene un impacto relativamente menor en la productividad del maíz cuando ocurren durante los estados de desarrollo vegetativo o llenado de grano tiene un impacto muy severo si ocurren durante este periodo crítico de la floración (Fischer y Palmer, 1984).

Los eventos de crecimiento que ocurren durante esta etapa son desarrollo y crecimiento de los estigmas antesis, fertilización y el periodo lento de división celular endosperma generalmente stress de cualquier índole (sequia, nutrientes, radiación, densidad) producen un retarda miento en la emergencia de los estigmas, aumentando el intervalo de tiempo entre la floración masculina y femenina. Si este intervalo se prolonga demasiado, la probabilidad de encontrar polen viable para la fertilización de los estigmas decrece rápidamente, con consencias de un menor número de granos por mazorca e inclusive hasta mazorcas completamente vanas (Tollenaar, 1977). Aunque el retarda miento de la emergencia de los estigmas puede resultar en una escasez de polen, esta no parece ser la causa principal de la reducción de granos por lo menos en el caso de la sequia, el aborto de los sacos embrionicos tiene como consecuencia un número

reducido de granos fertilizados a pesar de polinización manuales de estigmas tardíos (Moss y Downey, 1971).

2.1.1 Efecto de la Sequia durante la floración

El estrés de la floración ocurre cuando hay un periodo seco entre el inicio de la antesis y la aparición de los estambres aproximadamente un mes lo cual puede llevar a la esterilidad o una severa reducción en el numero de granos por mazorca.

El maíz es particularmente sensible al estrés en el momento de la floración: un nivel de estrés que tendría poco efecto el rendimiento si ocurriera en una etapa vegetativa o durante el llenado del grano, puede ser catastróficos durante esta etapa de crecimiento.

Lamentablemente, en muchas regiones maiceras ocurre un corto periodo seco alrededor de dos meses después del inicio de las lluvias, coincidiendo con esta delicada etapa del cultivo. La elongación de los estambres es muy sensible al contenido de agua de la planta y al abastecimiento de materia asimilada y el estrés antes de la floración puede aumentar el intervalo entre la antesis y la aparición de los estambres una aparición tardía de los estambres puede llevar al fracaso de la fertilización debido a un inadecuado abastecimiento de polen. Si la sequia continua una semana o mas después de la aparición de los estambres, el crecimiento de las florecillas se reduce a causa del bajo flujo de materias

asimiladas a la mazorca en desarrollo, lo cual frecuentemente lleva al aborto de los granos o a la pérdida de enteras mazorcas. En razón de la sensibilidad del maíz a la sequía en el momento de la floración, los mejoradores del CIMMYT que trabajan sobre maíz tropical han identificado este periodo como particularmente importante. La selección recurrente empezó en 1973 para mejorar los rendimientos de familias hermanas expuestas a condiciones de baja humedad en el momento de la floración y del llenado del granos (Fisher y Edmeades, 1989)

2.1.2 La sequía durante llenado de granos

El ideotipo de selección descrito anterior mente hacia énfasis en el estrés de la floración pero también incluida el estrés de la floración pero también incluida el estrés durante el llenado del grano. El carácter secundario más importante para la capacidad de rendimiento bajo un estrés tardío fue la senescencia demorado, manifestada por las hojas que se conservaban verde. Una forma de simular la sequía durante el llenado del grano es por medio de la defoliación de la plantas; estudios en otros cultivos han usado la defoliación química con desecantes como el cloruro de magnesio o de sodio (Blum, 1988)

Un estudio llevado a cabo en los ciclos de selección de maíz de diferente altura usaron los tratamientos de defoliación física (Edmeades y Lafitte. 1993). En estos ciclos de selección en el cultivar tuxpeño planta baja, la altura reducida de las pantas fue asociada con un intervalo antesis floración femenina más corto e

incremento los rendimiento bajo sequia encontrados en estudios previos. En los tratamientos de control y en los defoliados, la selección para plantas más bajas y más tolerantes al estrés re movilizo mas materia seca del tallo durante el proceso de llenado de los granos que los grupos más altos. Esto estuvo asociado con menos esterilidad y con mejor índice de cosecha y la cantidad de materia seca perdida por el tallo fue mayor en las parcelas defoliadas. Esto resultados confirman la existencia de variación genética para la movilización de los carbohidratos durante el llenado del grano dentro de una población en mejoramiento y la asociación entre un aumento de la movilización y un incremento del índice de cosecha en una población de maíz tropical. Esto, sin embargo, no permite concluir que la selección solamente para un incremento de la movilización pudiera mejorar el rendimiento de grano bajo condiciones de estrés; además es necesaria una mayor capacidad de depósito. Una limitación adicional para la defoliación en la selección para estrés de sequia durante el llenado del grano, es que mientras esa revela la variación genética a través de la capacidad de la planta para movilizar los carbohidratos almacenados hacia el grano, no explota la variación genética del carácter de mantenerse verde bajo condiciones de sequia. Tales diferencias fueron importantes bajo condiciones de estrés en el llenado de los granos en el estudio de tuxpeño sequia descrito anteriormente en este momento parecería que la selección en el campo de las hojas bajo condiciones de estrés durante llenado de los granos (Edmeades y Lafitte, 1993).

2.2 Tolerancia a altas temperaturas

La tolerancia a altas temperatura se ha considerado como a una característica deseable en ciertos cereales tropicales tales como maíz, sorgo y mijo (Blum, 1988) sin embargo, es necesario distinguir entre la tolerancia a altas temperaturas de las hojas y de las semillas para germinar. En numerosa zonas semiáridas la temperatura de la superficie del suelo puede exceder los 60 °C, y tal temperatura puede producir gran mortandad en semillas, mas en maíz que en sorgo con menores rendimientos finales como germinación (Petolino *et al.*, 1992). Ello hace que el crecimiento de plántulas supervivientes sea algunas veces contraproducente para la vida del cultivo.

La mejora de la tolerancia a altas temperatura podría incrementar el rendimiento en materia seca por incremento del agua transpirada como consecuencia de una distribución mejor de la población de las plantas. Además, ello podría contribuir a la estabilidad de los rendimientos sin penalizar el rendimiento potencial, si bien, se ha puesto de manifiesto una gran variabilidad genética a propósito de esta característica (Frova *et al.*, 1995) cuya heredabilidad no se ha constatado. La tolerancia a alta temperaturas de las hojas.

En consecuencia el daño por alta temperatura solo se produciría bajo condiciones extremas y en este contexto se puede considerar que el quemado de la hoja durante la sequia se debe principalmente a la desecación, ya que las hojas del cultivos (maíz) son relativamente sensible a la deshidratación comparada con otros cultivos (Blum, 1988).

Se han puesto de manifiesto buenas correlaciones entre la tolerancia a altas temperaturas y el rendimiento en grano bajo calor y sequia en condiciones de campo, aunque no parece que esta característica se haya usado frecuentemente como criterio de selección en programa de mejoramiento teóricamente la tolerancia de las hojas a altas temperaturas podría realizar su supervivencia y contribuir a aumentar su rendimiento al maximizar la cantidad de agua transpirada; sin embargo, no hay muchos estudios experimentales que demuestren una relación causal entre tolerancia a altas temperaturas y rendimiento en grano. Hasta que estas cuestiones no se conozcan más profusamente no se podrá considerar como una característica deseable.

2.3 Efecto del ambiente en la producción del maíz

Las condiciones ambientales que limitan el crecimiento de las plantas también limitan su productividad y por tanto, afectan el bienestar de la población humana, no solo en lo que se refiere a la calidad y cantidad de alimentos sino también en cuanto a la calidad de su medio ambiente (Córdoba,1991). La diferencia entre los rendimientos máximos y los zonales se debe a la reducción de la oferta de los recursos del ambiente para el cultivo, tales como agua, nutrientes, radiación, etc. El agua disponible es generalmente el principal factor que limita el crecimiento, y rendimiento del cultivo de maíz en condiciones extensivas. Además, el grado de sensibilidad al estrés hídrico en este cultivo, depende del momento en que ocurra. En maíz se considera que la floración y las etapas iniciales del periodo de llenado de grano son críticas para la determinación del rendimiento de grano. Debido a esto la presencia de temperaturas altas, frecuentemente asociadas con sequia durante estas etapas, pueden afectar los procesos de polinización, fecundación y desarrollo del grano (Rincón *et al.*, 2006)

Las propiedades físicas del suelo y su contenido de agua, afectan la evaporación indirectamente regulan la transpiración de las plantas a través de su influencia en el estado hídrico del cultivo. La evaporación desde el suelo es el principal componente de la evapotranspiración durante las primeras etapas de crecimiento del cultivo (Rincón *et al.*, 2006)

2.3.1 Interacción Genotipo-Ambiente

La interacción genotipo-ambiente merece gran importancia en la evaluación de cultivares desarrollados para diferentes circunstancias de producción, es necesario la integración de los conceptos de estabilidad para definir el comportamiento de cultivares evaluados a través de ambientes contrastantes (Córdoba, 1991)

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. Sierra *et al.*, (2004)

El comportamiento agronómico de los cultivares, generados de los programas de mejoramiento genético de cualquier rubro agrícola, es necesario medir la estabilidad relativa de los genotipos sometidos a la totalidad de los ambientes predominantes en una región potencial de adaptación. Las etapas finales de estos programas incluyen experimentos de evaluación en diferentes localidades durante varios años. La interacción genotipo-ambiente merece gran importancia en la evaluación de cultivares desarrollados para diferentes ambientes de producción, las diferencias entre ambientes y años pueden cambiar la magnitud

de la respuesta relativa de los cultivares a ambientes contrastantes. Por esta razón, es necesario la integración de los conceptos de estabilidad para definir la adaptación de cultivares. (Alejos *et al.* (2006)

2.3.2 Temperatura.

La temperatura es una de las principales variables ecológicas que afectan la distribución y diversidad de las plantas en el planeta; de esta manera, la temperatura alta es uno de los principales factores que limitan la productividad de los cultivos, especialmente cuando esta condición coincide con etapas críticas de su desarrollo, (Rincón *et al.*, 2006), y colaboradores mencionan que la temperatura óptima para el cultivo de maíz es de 25°C, mientras que (Burgueño *et al.*, 2001), citan que va de 22-27°C. Las temperaturas que se presentan en verano para algunas regiones del noreste de México son mayores de 40°C, y por lo general se presentan durante el desarrollo del grano, afectando directamente el rendimiento.

Las temperaturas altas repercuten directamente sobre los procesos fisiológicos, ocasionando trastornos que son traducidos en la muerte de las células (Feller y Fischer, 1994). Para el maíz, una temperatura mayor de 35°C acompañada con una baja humedad relativa provoca desecación de los estigmas, y temperaturas superiores a 38°C reducen la viabilidad del polen. La fotosíntesis es uno de los procesos más sensibles al calor, siendo disminuida

significativamente en maíz a temperaturas foliares superiores a 30°C, debido a la inactivación de la enzima Rubísco, hasta su casi completa inactivación a 45°C. La combinación de las altas temperaturas y la sequía causan una mayor reducción de la fotosíntesis y en consecuencia de la producción del cultivo que los efectos de ambos estreses por separado (Rincón *et al.*, 2006). En base a esto, se ha sugerido que por cada grado centígrado (°C) que se incremente la temperatura por encima del óptimo (25°C), se reduce un 3 a 4 % el rendimiento de grano (Rincón *et al.*, 2006)

La temperatura óptimas en las que crecen las plantas de maíz son de 23 a 32°C, las letales y subletales van de un rango de 40 a 45°C (Zhang *et al.*, 1994), temperatura mayores de 30°C después del desarrollo de la octava hoja afecta la digestibilidad (Stuik *et al.*, 1986), hay crecimiento y acumulación de materia seca (Martinello y Lorenzoni, 1985), mientras que la rehidratación de las hojas se debe a la estabilidad térmica de la membrana del cloroplasto (Ristic y Cass, 1992). Por su parte, el calor afecta la estructura del cloroplasto, rompiendo la membrana del mismo y dilatando a muchos de los tilacoides (Ristic y Gifford, 1992)

2.3.3 Fertilización

La demanda de Nitrógeno aumenta conforme la planta se desarrolla; cuando se aproxima el momento de la floración, la absorción de este elemento

crece rápidamente, en tal forma que al aparecer las flores femeninas, la planta ha absorbido más de la mitad del total extraído durante todo el ciclo. Los híbridos de alto rendimiento en grano necesitan unos 30 kilogramos de Nitrógeno por cada tonelada de grano producida (Sain, 1997).

Aunque la cantidad de Fósforo en la planta de maíz es baja en comparación con el Nitrógeno y el Potasio, este es un elemento importante para la nutrición del maíz, y las mayores concentraciones se presentan en los tejidos jóvenes (Córdova, 2005).

Córdova (2005), menciona que el fósforo es un elemento muy importante para el desarrollo radicular. La cantidad de Fósforo extraída por las plantas en condiciones normales de cultivos es aproximadamente 10 kilogramos por tonelada de grano cosechado (Sain, 1997). Menciona que el maíz necesita grandes cantidades de Potasio y casi lo toma en los 30 primeros días de la planta.

El maíz es muy exigente en elementos nutritivos, comparado con otros cultivos, por lo que en un plan de fertilización se debe tomar en cuenta los resultados del análisis químico del suelo y su recomendación, esto le garantiza suplir de los elementos nutritivos necesarios a la planta y evitar gastos innecesarios. El método de aplicación del fertilizante más recomendable es por

postura e incorporado; aunque existen otros, tales como: postura superficial y en banda. Es importante tomar en cuenta que para que un fertilizante ejerza su acción, es indispensable que exista buena humedad en el suelo (Sain, 1997)

El nitrógeno se encuentra en forma libre como componente del aire; en forma orgánica, constituyendo la formación de tejidos y órganos vegetales, animales, desechos y en forma mineral como compuestos simples que se caracterizan por su solubilidad mayor o menor según los distintos medios (Rodríguez, 2001)

2.3.4 Estrés hídrico

El estrés hídrico o sequía se produce en las plantas en respuesta a un ambiente escaso en agua, en donde la tasa de transpiración excede a la toma de agua. Por lo que el agua es la molécula esencial para la vida, en las plantas constituye del 80 al 95% de la masa de los tejidos en crecimiento y desempeña varias funciones únicas. Una lista de algunos de los procesos que son regulados por el volumen celular y la hidrodinámica incluyen, el crecimiento y proliferación, los cambios en la forma celular, la señalización de hormonas, el metabolismo y la obtención de nutrientes (Zonia y Munnik, 2007)

El agua es el factor que más comúnmente limita la producción de maíz en las zonas tropicales. La sequía durante la etapa de establecimiento del cultivo puede matar las plantas jóvenes y reducir la densidad de población. El principal efecto de la sequía en el período vegetativo es reducir el crecimiento de las hojas, de tal modo que el cultivo intercepta menos radiación solar. Alrededor de la floración (desde unas dos semanas antes de la emisión de estigmas hasta dos semanas después de ésta), el maíz es muy sensible al estrés hídrico, y el rendimiento de grano puede ser seriamente afectado si se produce sequía durante ese período.

Durante el llenado de granos, el principal efecto de la sequía es reducir el tamaño de éstos. En general, el maíz necesita por lo menos 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo de cultivo. Sin embargo, aun esa cantidad de lluvia no es suficiente si la humedad no puede ser almacenada en el suelo a causa de la poca profundidad de éste o del escurrimiento, o si la demanda evaporativa es muy grande a causa de las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa. La incidencia del estrés hídrico por lo general varía mucho de un año a otro. Si se observan síntomas de carencia en un año, se deben examinar los registros meteorológicos y hablar con los agricultores para determinar si el problema es frecuente. Cuando lo es, reduce el rendimiento en más del 20% en un año de cada cuatro. (Chan *et al.*, 1986), quienes en maíz y otros cultivos han demostrado la necesidad de agua en las diferentes etapas fenológicas,

considerando que un estrés en cualquier etapa reduce el rendimiento (López y Salazar, 1998).

(Doorenbos y Pruitt (1977), mencionan que el rendimiento del cultivo de maíz depende de la cantidad de agua que evapotranspiración. Aunque el requerimiento hídrico del cultivo varía con el estado de desarrollo, el efecto del estrés hídrico sobre el rendimiento es función del componente de rendimiento que el cultivo está determinando al momento de la ocurrencia del estrés. Así, el impacto del estrés es máximo durante los estados reproductivos cuando se definen el número y peso de grano y es mínimo durante los estados vegetativos. El impacto del estrés alrededor de floración ha sido ampliamente estudiado (Andrade *et al.*, 1996) y de acuerdo a la intensidad y duración, puede llegar a una reducción total del rendimiento. (Williams, 2002), menciona que con cuatro días de marchitez visible en las etapas de panoja miento (VT) o antesis, el rendimiento puede reducirse hasta en un 25 %, mientras que la marchitez durante cuatro días entre las etapas vegetativo y de cuaje o ampollas (V y R2), puede reducir hasta en un 50 % el rendimiento.

La magnitud de la reducción depende de la intensidad y duración del estrés hídrico y de la etapa fenológica en la que se presente (Cakir, 2004). Como ya se mencionó, en las regiones agrícolas donde la humedad y temperatura alta es una limitante en la producción, se presentan reducciones en el crecimiento y desarrollo y, por consiguiente, el rendimiento de grano de las plantas se ve reducido (Betrán

et al., 2003). Esta situación obliga a que los programas de mejoramiento genético se preocupen por generar genotipos para estas condiciones en particular (Bolaños y Edmeades, 1993).

2.4 Mejoramiento de maíz en estabilidad de rendimiento

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)

La mayoría de los procesos de selección de germoplasma para la liberación comercial de semillas involucran generalmente varias variables productivas, sin embargo, en México estos procesos solo han enfatizado en el rendimiento de grano (Becker, 1981)

El principal objetivo en el mejoramiento del maíz es la estabilidad del rendimiento o la respuesta consistente a condiciones óptimas y sub óptimas.

Recientemente los científicos preocupados por la producción de alimentos en el mundo, hacen esfuerzos por obtener progresos en rendimiento que sean sostenidos y duraderos. Cuando una serie de genotipos se evalúan a través de años y localidades, el ambiente consiste en numerosos factores físicos, químicos y biológicos actuando independiente e interactuando entre ellos (Córdoba, 1991)

2.5 Senescencia

La senescencia es el último estadio en el desarrollo ontogénico de una hoja. Comúnmente definimos la senescencia como un proceso de desmantelamiento celular, que finaliza con la muerte de células, tejidos u órganos. El síntoma inicial y distintivo de la senescencia foliar es la degradación de los cloroplastos. Tras la dilucidación de la vía de degradación de clorofila (Thomas *et al.*, 2001)

Las plantas son implacables recicladores de recursos y lo hacen empleando la senescencia y la muerte para la reasignación de recursos (Thomas *et al.*, 2003) Sus órganos fotosintéticos especializados, las hojas, hacen que la planta invierta mucha energía y nutrientes en la producción de las mismas. Después de un período fotosintético productivo, la contribución de fotosintatos de la hoja disminuye y entran en el último estadio del desarrollo: la senescencia (Quirino *et al.*, 2000)

A pesar de que la senescencia progresa con la edad, no es un simple proceso de envejecimiento. El proceso de envejecimiento es una acumulación pasiva de lesiones con la edad, sin referirse a la muerte como una consecuencia, mientras que la senescencia siempre termina con la muerte (Smart, 1994)

Sin embargo, está demostrado que la senescencia puede ocurrir en forma independiente de la edad ya que puede ser inducida en tejidos jóvenes y también puede acontecer en forma independiente de la muerte puesto que puede ser revertida (Bochman, 2002 y Thomas, 2003)

La senescencia foliar es un proceso desencadenado tanto por factores ambientales como genéticos, particularmente a través de la producción de fitohormonas como las citocininas, etileno y ácido abscísico (ABA), que la aceleran o retrasan (Feller y Fischer, 1994). Las citocininas, producidas principalmente en la raíz, bajan los niveles de clorofilasa, nucleasas y proteasas en las hojas de algunas especies durante la senescencia, retardando la pérdida de proteínas, ARN y clorofila. Cuando empieza la senescencia se produce un marcado descenso de los niveles de citocininas en el xilema, lo que sugiere que una disminución de estos compuestos podría estar relacionada con la inducción de la senescencia (Smart, 1994). Además, una aplicación externa de citocininas generalmente retarda la senescencia (Gan y Amasino, 1997)

A nivel celular, la senescencia se desenvuelve de una manera ordenada. Los cloroplastos, que contienen la mayoría de las proteínas celulares de una hoja, son una de las primeras organelas en ser blanco del catabolismo (Quirino *et al.*, 2000)

Los síntomas visibles de la senescencia se relacionan con la degradación de muchas macromoléculas complejas responsables de la apariencia de la planta. Un ejemplo de ello es la pérdida de clorofila, que empieza típicamente en los márgenes de la hoja y progresa hacia el interior (Quirino *et al.*, 2000). El mesó filo de la hoja empieza a perder su color verde y se vuelve amarillo o rojo (Smart, 1994). Esta manifestación visible es resultado de la pérdida de clorofila durante el desmantelamiento de los cloroplastos y la síntesis de nuevos compuestos como fenoles y antocianinas. Al mismo tiempo ocurren muchos otros eventos catabólicos, tales como la degradación de lípidos y ácidos nucleicos. De acuerdo con el rol removilizante del programa de senescencia, la degradación de proteínas está acompañada por un aumento en la cantidad de aminoácidos (Quirino *et al.*, 2000)

Genéticamente, la senescencia está regulada por una expresión diferencial que involucra la activación de genes específicos denominados genes asociados a la senescencia (SAG por *Senescence Associated Genes*) y a la represión de otros (Dangl *et al.*, 2000; Yoshida, 2003)

El análisis de estos SAG ha resultado en la identificación de un número de genes involucrados en el salvataje o protección de funciones. Esto incluye genes que codifican para proteasas, nucleasas, enzimas involucradas en el metabolismo de lípidos, carbohidratos y N y otras enzimas involucradas en la re movilización de nutrientes. Otra clase de secuencias codifica para funciones de respuesta a estrés y finalmente muchas secuencias clonadas no tienen un rol definido (Bleecker, 1998)

2.6 Rendimiento y estabilidad

La estabilidad la hemos definido antes como la varianza de la expresión de un genotipo cuando este se desarrolla bajo diferentes condiciones ambientales (INIFAP, 1992). El principal objetivo en el mejoramiento del maíz es la estabilidad del rendimiento o la respuesta consistente a condiciones óptimas y sub óptimas, 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 variedad de 7 condiciones para la obtención de genotipos estables. Un genotipo es considerado estable si presenta buenos rendimientos en comparación con el potencial existente en cada ambiente del ensayo (Crossa *et al.*, 1988). 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 (Gauch y Zobel, 1996)

Varios procedimientos estadísticos han sido usados para el análisis de la interacción G x A, incluyendo métodos univariados y multivariados. Entre las diversas técnicas disponibles para realizar este tipo de estudios se ha elegido el método AMMI (Efectos principales aditivos e interacción multiplicativa) (Gauch y Zobel, 1996).

La productividad nacional actual del maíz duro, en términos de rendimientos, fluctúa entre 1.5 Tm/Ha a nivel de pequeños agricultores con tecnología tradicional y los 3.7 Tm/Ha para el nivel tecnificado, en las mejores condiciones edafo-climáticas de la provincia de Los Ríos, el rendimiento promedio ponderado nacional es de 2 Tm/Ha; con un costo de producción estimado en 732 dólares por hectárea. A nivel mundial, los rendimientos promedios son del orden de 4 Tm/Ha. El rendimiento en EE.UU. es de 7.9 Tm/Ha, en Argentina 5 Tm/Ha; esto nos da una idea de que mediante la aplicación de la técnica con los recursos humanos y financieros para ello, el país podría duplicar sus rendimientos actuales (Rizzo, 2001)

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización geográfica y características del área de estudio

La Comarca Lagunera se localiza entre los meridianos 101 y 104° al oeste de Greenwich y los paralelos 24° 59' y los 26° 53' latitud norte. Abarca 5 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 4 637 km².

El trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL) en Torreón, Coahuila. El clima es seco, con temperatura promedio de 21°C y una precipitación pluvial media anual de 200 mm con invierno benigno.

3.2 Material biológico

El material genético utilizado en la experimentación fueron 400 genotipos de diferente área geográfica, proporcionados por el centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo (CIMMYT) del programa de mejoramiento, SEED OF DISCOVERY perteneciente al programa global de maíz.

3.3. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un diseño aumentados sin repeticiones, la parcela experimental consistió en 1 surco de 5 metros de longitud a 0.75 m entre surco y surco y con una distancia de 0.25 m entre planta y planta.

3.4 Manejo agronómico

3.4.1 preparación del terreno

La preparación del terreno se llevó a cabo el 24 de mayo de 2012. Consistió en la realización de un barbecho, rastra, nivelación y trazos de los surcos.

3.4.2 Siembra

La siembra de se realizó el 25 de mayo de 2012, en seco manualmente depositando dos semillas por punto de siembra.

3.4.3. Aclareo de plantas

El aclareo de planta se realizó a los 20 días después de la siembra, dejando una sola planta a 0.25 m entre planta en los 5 metros con un total de 26 plantas por surco con una densidad de población aproximada de 53,000 plantas por hectárea.

3.4.4. Fertilización

Se fertilizó con la fórmula 160-80-00, aplicando el 50% del nitrógeno al momento de la siembra más el 100% del fósforo. En el primer cultivo se aplicó el 50% restante del nitrógeno. Como fuente de nitrógeno se utilizó Urea (46% N) y Sulfato de Amonio (20.5 % N) y, el Fosfato Di amónico (11-46-00).

3.4.5. Riegos

Se llevaron a cabo un total de 26 riegos, el promedio de lámina de riego para la condición de riego norma fue de 2.79 cm³, mientras para el riego deficitario de 2.11 cm³. En la etapa de floración fue cuando a los genotipos se sometieron al estrés.

Cuadro 1. Número de riegos, fechas de aplicación y lamina de riego a los 400 genotipos evaluados en las dos condiciones riego normal-restringido, 2012.

	R. Normal(Lr cm ³)	R. Deficitario(Lr cm ³)
26-may-12	6.72	6.72
29-may-12	0.80	0.80
05-jun-12	1.60	1.60
16-jun-12	4.80	4.80
26-jun-12	0.80	0.00
29-jun-12	0.40	0.96
03-jul-12	0.80	0.40
09-jul-12	3.20	2.96
11-jul-12	1.60	1.60

13-jul-12	3.36	1.68
20-jul-12	2.40	0.00
23-jul-12	0.00	3.20
24-jul-12	5.52	2.16
29-jul-12	3.36	1.68
01-ago-12	3.84	1.92
05-ago-12	2.24	1.12
6-ago-12	1.00	1.00
09-ago-12	1.37	1.28
11-ago-12	1.60	0.80
15-ago-12	2.80	0.80
18-ago-12	2.96	1.60
22-ago-12	3.20	0.00
25-ago-12	3.84	2.16
28-ago-12	0.00	3.60
29-ago-12	1.84	0.00
03-sep-12	2.40	0.60
06-sep-12	3.20	1.60
10-sep-12	3.84	1.76
14-sep-12	6.00	6.00
Total	75.49	52.80

3.4.6. Control de plagas

Cuadro 2 control de plagas, dosis de aplicación, nombre del producto utilizado, fecha de aplicación en los ensayos de riego normal-sequia.

Dosis	Nom.Pr	F.A	plaga
-------	--------	-----	-------

20 LH ₂ O			
46.8 ml	Clorpirifos	09-jun	G. cogollero
15 ml	Decisforte	15-jun	“
54 ml	Agricover	15-jun	“
46.8 ml	Clorpirifos	04-jul	“
75 ml	Cipermetrina	04-jul	Pulgón negro
125 g	Fertinut	06-jul	
75 ml	Cipermetrina	06-jul	G. cogollero
75 ml	Abamectina	24-ago	Araña roja

Nom.Pr= nombre del producto, F.A= fecha de aplicación

También como control de gusano cogollero se liberaron huevos de crisopas. Para la determinación de las aplicaciones para cada una de las plagas presentes se realizaban muestreos para determinar las incidencias, en el caso de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) cuando el muestreo presentaba un 15 %, y en el caso de la araña roja (*Tretranychus sp.*) cuando se presentaban los primeros síntomas visibles como hojas cloróticas.

3.4.7 Control de maleza.

Para el control de maleza se realizó de la siguiente manera: se realizó una aplicación de herbicida pre-emergente y post-emergente (Harneex Xtra), el 31 de mayo de 2012 a los 6 días después de la siembra a una dosis de 200 ml/20L de

agua, para que el cultivo germinara sin competencia por malas hierbas y poder emerger sin problemas. A los 30 días se realizó una escarda con la finalidad de aporcar a la planta y pueda tener más sostén el tallo y también eliminar las malas hierbas que se encuentra dentro del surco. También se llevaron a cabo limpieza de las parcelas manualmente.

3.5 Variables determinadas

Para una mejor evaluación de los genotipos utilizados en el experimento se llevó a cabo la toma de las siguientes variables agronómicas: días a floración femenina (FF), días a floración masculina (FM), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), acame de tallo (AT), acame de raíz (AR). A continuación se describen detalladamente las variables utilizadas en el presente trabajo:

3.5.1 Altura de Planta (cm)

La altura de la planta es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta, es indicativo de la velocidad de crecimiento de la plantas y puede ver afectada por la por la acción conjunta de los tres factores fundamentales: luz, humedad y nutrientes. Se cuantificó con base en

5 plantas seleccionadas al azar como la distancia en cm desde la base de la planta hasta el nudo en donde inicia la panoja o espiga.

3.5.2 Altura de Mazorca (cm)

Al igual que la Altura de la Planta se seleccionaron 5 plantas al azar, cuantificándose desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta, en cm.

3.5.3 Rendimiento de grano

Se estimó en base al peso de campo de cada surco, transformándose de kilos por surco a toneladas por hectárea.

3.6 Método estadístico

Todos los datos fueron analizados y ajustado mediante el paquete estadístico R, los coeficientes de correlación se determinaron con el programa Excel.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La relación existente entre rendimiento de grano y las variables agronómicas altura de planta y mazorca en condiciones de riego normal y deficitario se presentan en el cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Coeficientes de correlación fenotípica de seis variables cuantificadas en 347 genotipos de maíz evaluados en condiciones de riego normal (RN) y riego restringido (RR), UAAAN-UL, 2012.

RNALTPL	RRALTPL	RRALTMZ	RNALTMZ	RRPGRHAH	RNPGRHAH
RNALTPL	1				
RRALTPL	0.54**	1			
RRALTMZ	0.53**	0.85**	1		
RNALTMZ	0.87**	0.59**	0.66**	1	
RRPGRHAH	-0.49**	-0.51**	-0.62**	-0.57**	1
RNPGRHAH	-0.12	-0.12	-0.18**	-0.26**	0.05

*, ** = valores significativos al 5 % y 1% de probabilidad.

La discusión de la relación entre las variables se realizará en los siguientes incisos:

4.1 Correlación entre Altura de planta (ALTPL) y Mazorca (ALTMZ).

Los coeficientes de correlación entre las variables Altura de planta y Mazorca en ambas condiciones de riego, fueron altamente significativas. Los valores más altos de correlación entre ambas variables se observan dentro de cada condición de riego, 0.87** y 0.85** respectivamente para riego normal (RN) y deficitario (RR), Figura 4.1. Las correlaciones entre ellas ha sido objeto de numerosos estudios en distintas poblaciones de maíz, cuyos valores oscilan alrededor de 0.75 (Robinson *et al.*, 1951, Goodman, 1965, Vega, 1970), los cuales coinciden con los observados en el presente estudio.

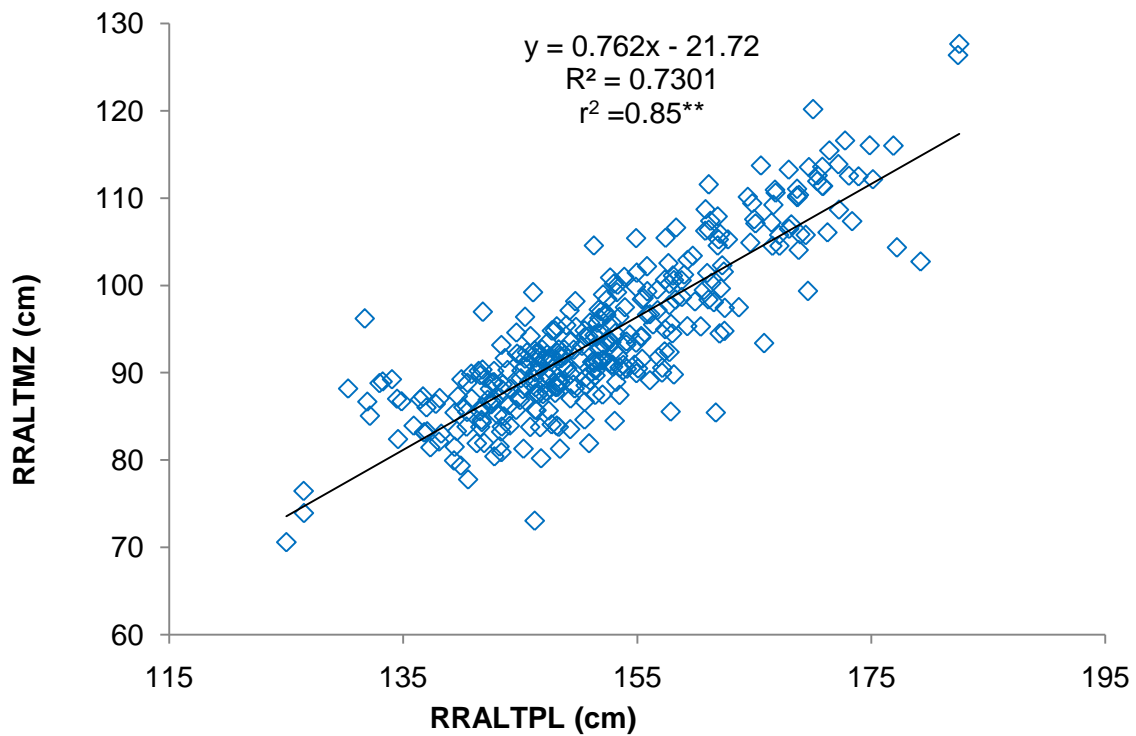
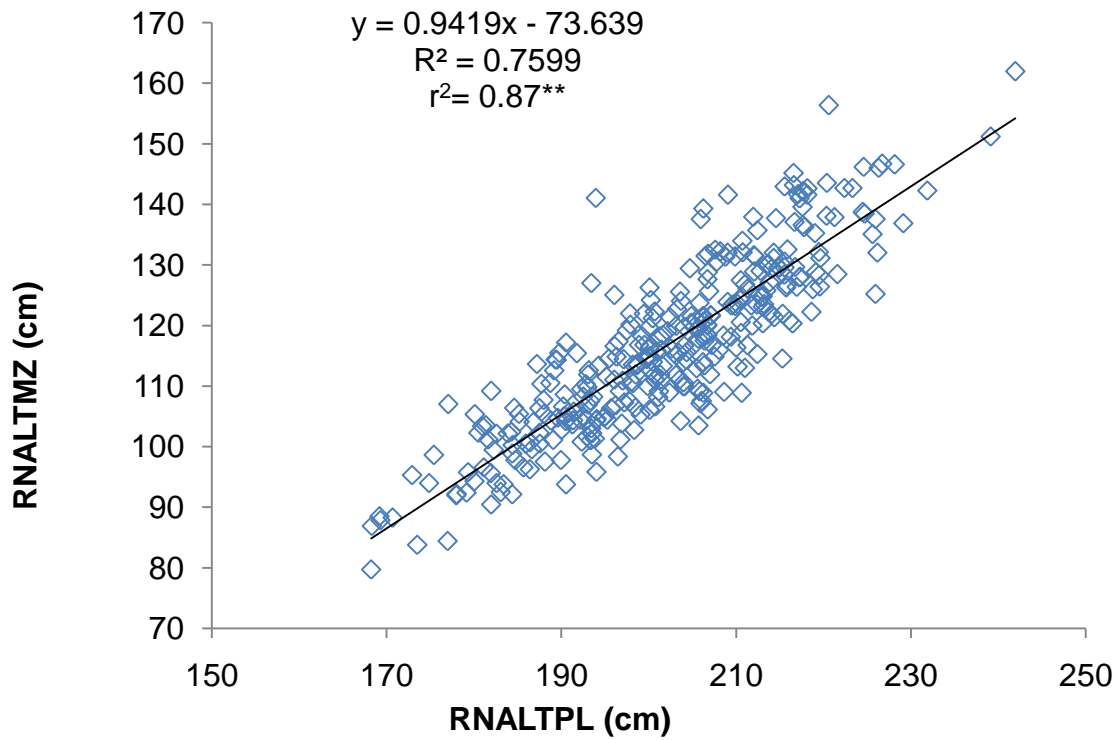


Figura 4.1. Correlación de altura de planta (ALTPL) y mazorca (ALTMZ) en riego normal y restringido en 347 genotipos. UAAAN UL 2012.

Cuando se correlacionaron estas variables entre riego normal y deficitario (RR) los valores disminuyeron. Altura de planta en riego normal (RNALTPL) vs. Altura de planta y mazorca en riego deficitario (RR) fueron de magnitud 0.54** y 0.53** respectivamente. En tanto que Altura de mazorca en riego normal (RNALTMZ) vs ambas en riego deficitario, fueron de 0.59** y 0.66** respectivamente para RRALTPL y RRALTMZ. Estas relaciones se pueden observar gráficamente en las Figura 4.2 y 4.3. Es decir que biológicamente la altura de planta se asociada a la altura de mazorca independientemente de la condición de riego, es decir los genotipos que sobresalieron en altura en la condición de riego normal, también sobresalieron al estar sometidas en estrés hídrico. Similares resultados encontraron Herrero y Johnson, (1981) pues en sus estudios reportaron una correlación entre estas dos variables de (0,38**). Estos resultados también son similares con los encontrados por Arnoldo *et al.* (1992), que reportan una correlación entre estas dos variables de (0.53**).

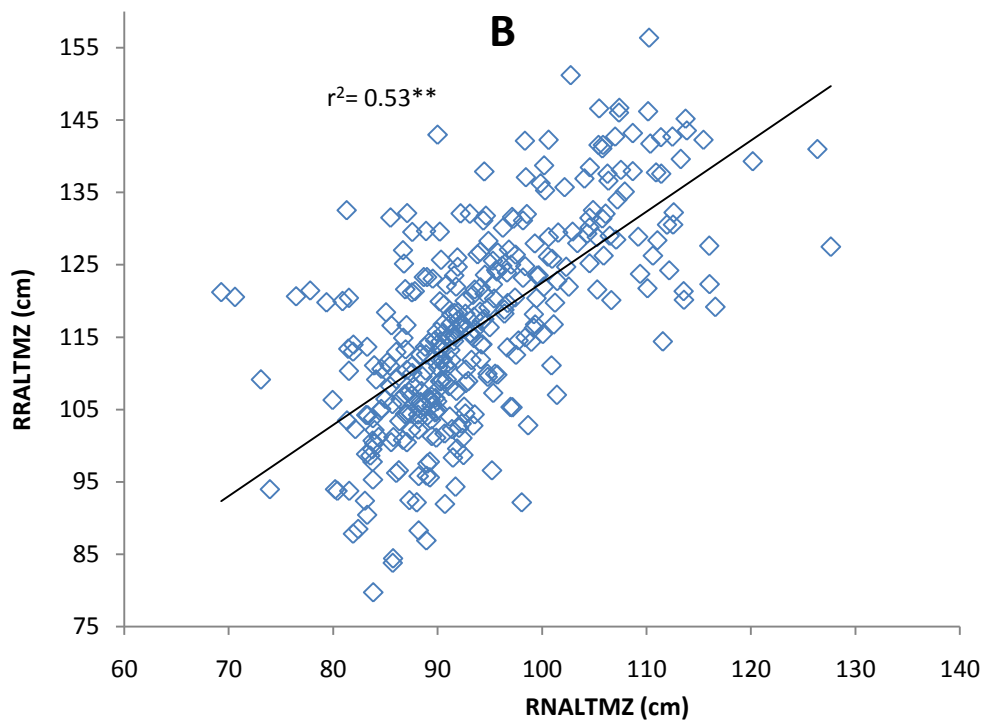
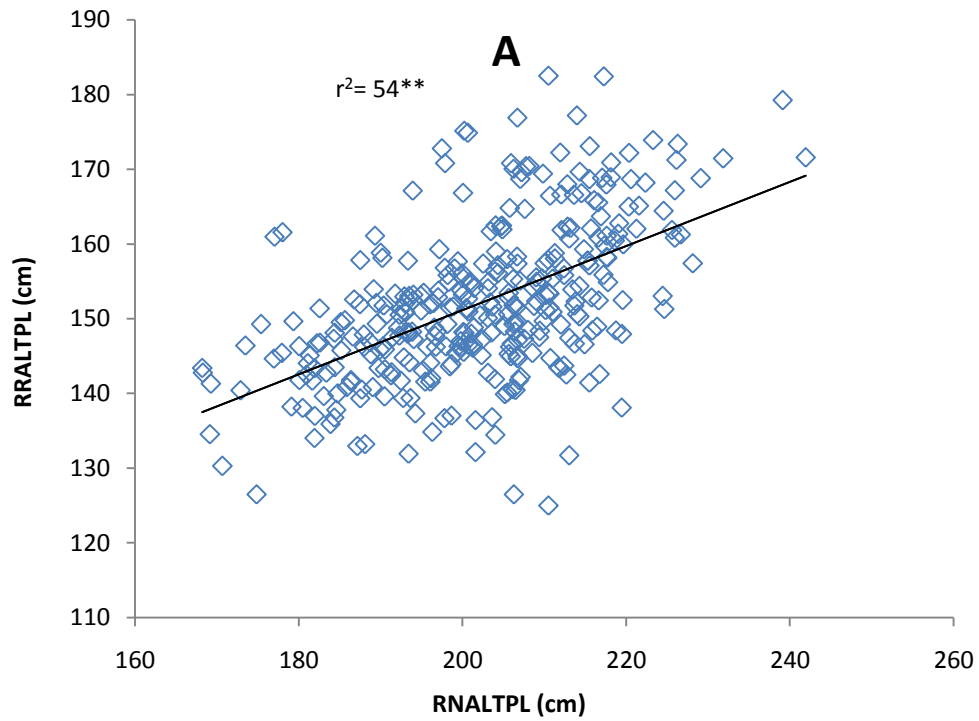


Figura 4.2 Relación de altura de planta en riego normal con altura de planta (A) y altura de mazorca en riego reducido (B). UAAAN-UL, 2012.

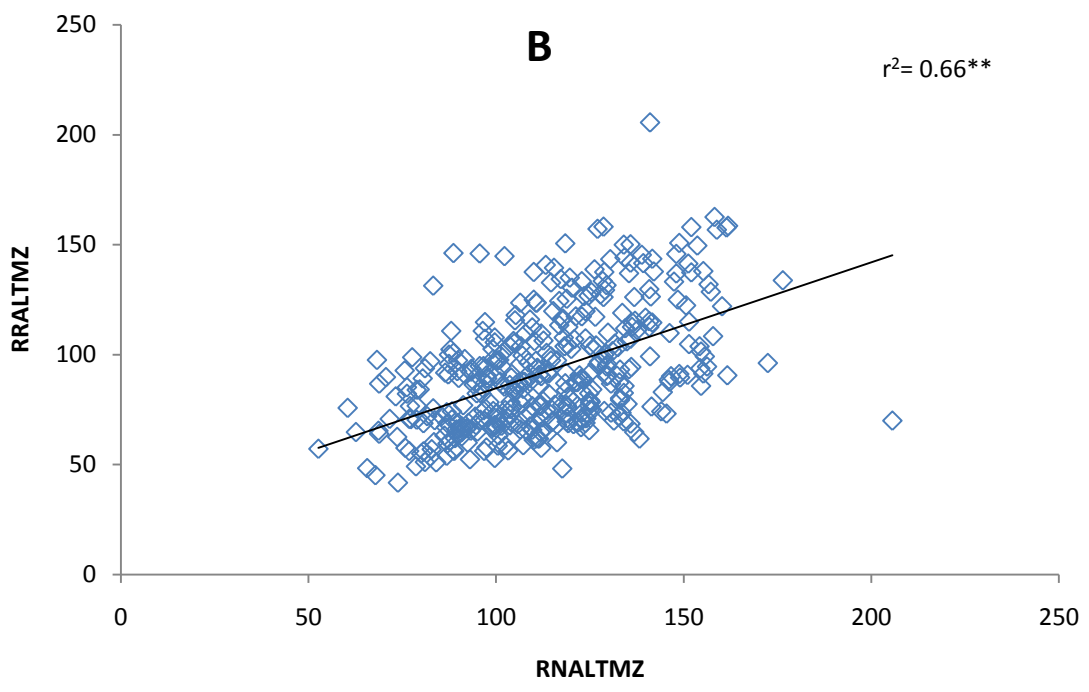
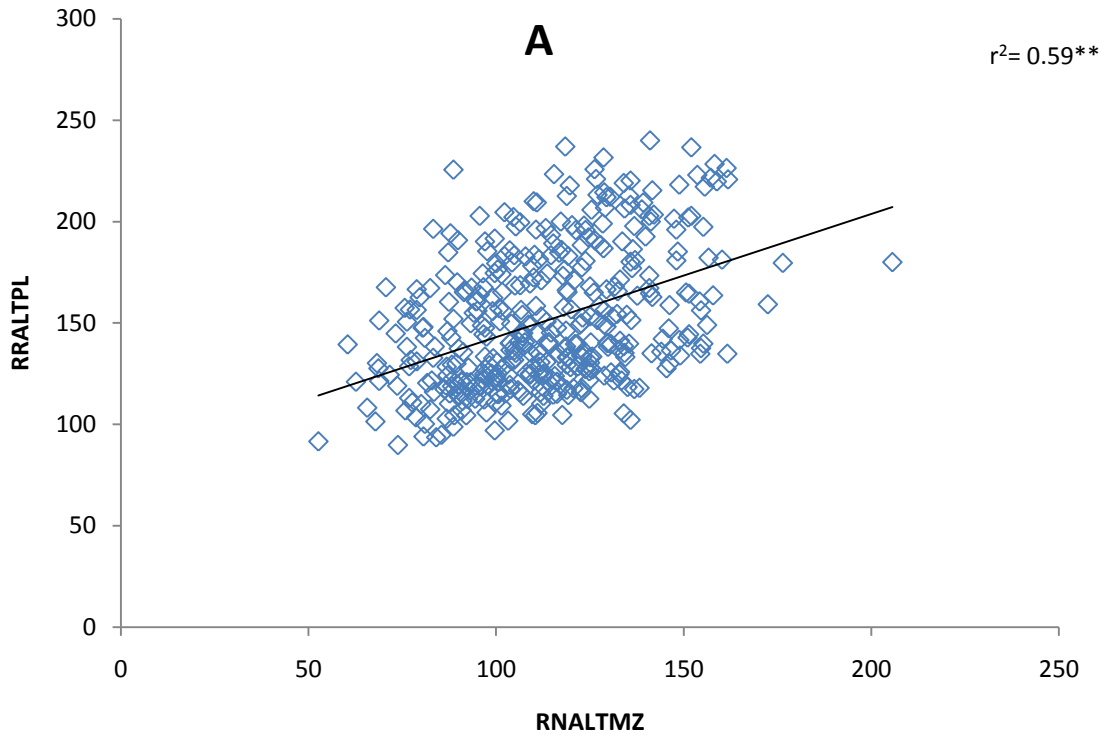


Figura 4.3. Relación de altura de mazorca en riego normal con altura de planta (A) y de mazorca en riego reducido (B). UAAAN-UL 2012.

4.2 Relación del rendimiento de grano con altura de planta y mazorca en condiciones de riego normal y riego deficitario

En la Figura 4.4 se muestra la relación de rendimiento de grano con la altura de planta y mazorca en condiciones de riego restringido. Los resultados muestran una baja correlación y con tendencia negativa (-0.12) con la variable altura de planta y, con altura de mazorca, mostró un valor de correlación aunque bajo y negativo significativo (**-0.26****). En variedades de polinización libre y sintéticos (Utkhede y Shulka, 1976) y en híbridos (Vianna y Silva, 1978) la producción parece genéticamente correlacionada con la altura de planta y mazorca (Bocanski *et al.*, 2009) lo cual no coincide con los resultados del presente estudio. La relación del rendimiento con estas dos variables parece no estar biológicamente asociada.

La correlación entre estas variables en esta condición se atribuye a que la altura de planta y mazorca son afectadas por el medio ambiente, el estrés afecta a los genotipos en rendimiento independientemente de la altura de planta y mazorca. Smith (1909) y Vera *et al.* (1970), menciona que dado que la altura de la planta y la altura de mazorcas son caracteres afectados en cierto grado por el medio ambiente, la selección de ellos debería de hacerse conjuntamente, es decir, basada en un valor único que relacione estas dos características.

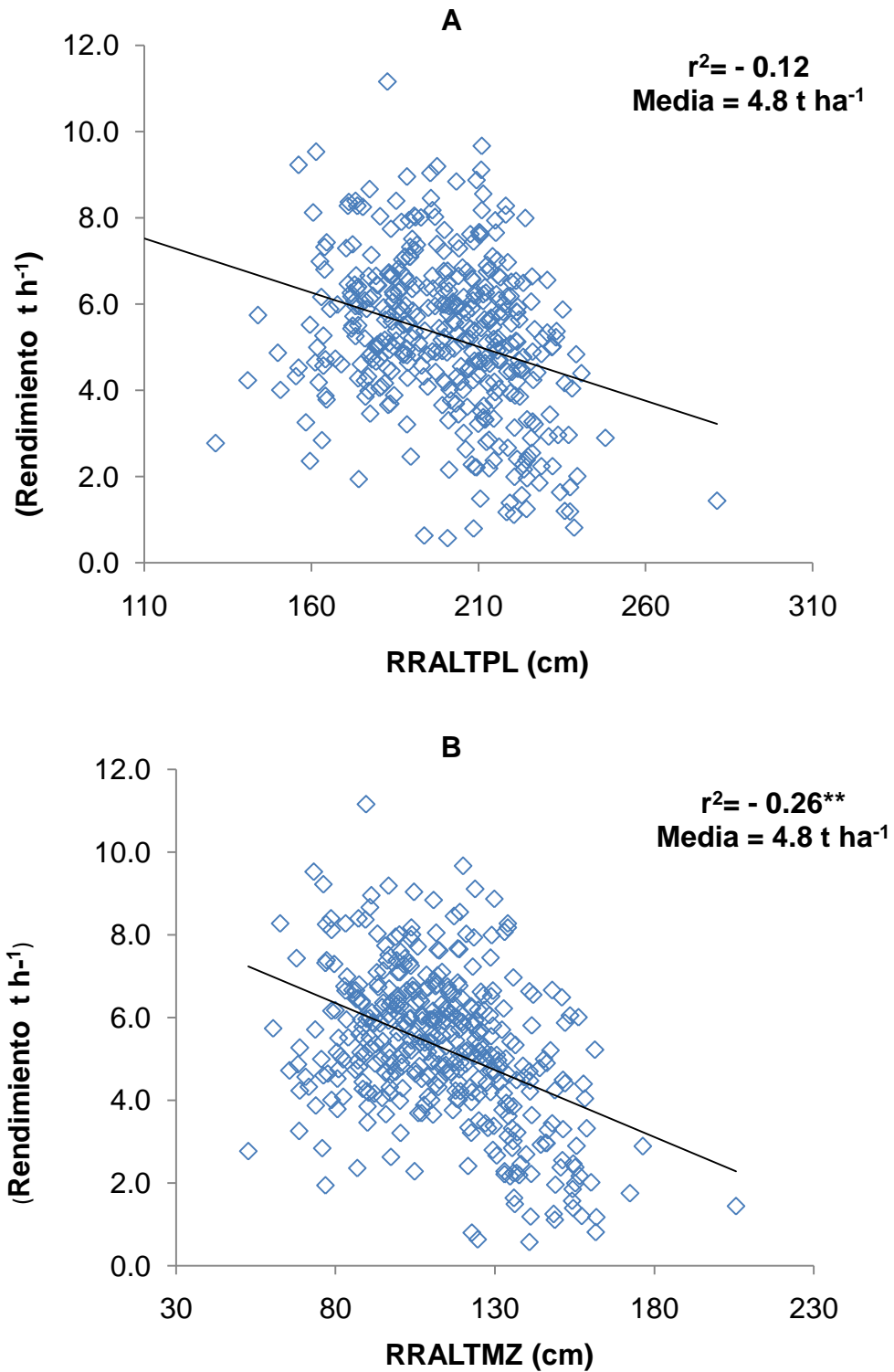


Figura 4.4. Relación del rendimiento de grano y altura de planta (A) y mazorca (B) en condiciones de riego restringido. UAAAN-UL 2012.

En la Figura 4.5 se muestra la relación existente del rendimiento de grano y la altura de planta (A) y mazorca (B) en condición de riego normal. Los resultados muestran correlaciones bajas negativas y significativas entre el rendimiento y estas dos variables. Es decir que la altura de la planta y mazorca parecen influir de manera negativa en el rendimiento. Se encontraron genotipos que muestran una gran altura de planta y mazorca pero con bajos rendimientos, esto se puede atribuir a que las plantas más altas posiblemente fueron las más tardías y con problema de sincronía floral que impidió una polinización normal. En tanto genotipos con alturas promedio, muestran buenos rendimientos. Por lo tanto, la baja correlación entre estas dos variables se atribuye a la gran variabilidad y adaptación de los genotipos. Los resultados coinciden con las investigaciones de Shpiler y Blum, (1986) y Hall, (1992) quienes afirman que una respuesta de las plantas al impacto del estrés por hídrico y temperatura alta se traduce en una reducción en la duración de todas las etapas de desarrollo, además de causar reducciones en el tamaño, de sus órganos y finalmente disminuir el rendimiento.

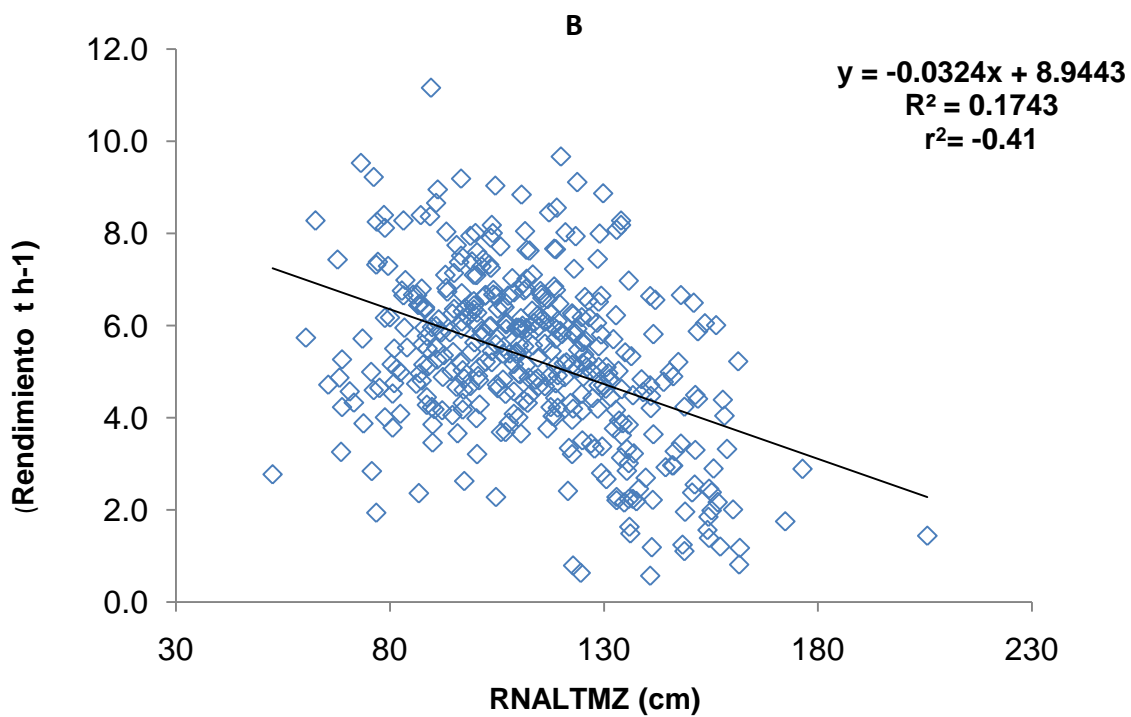
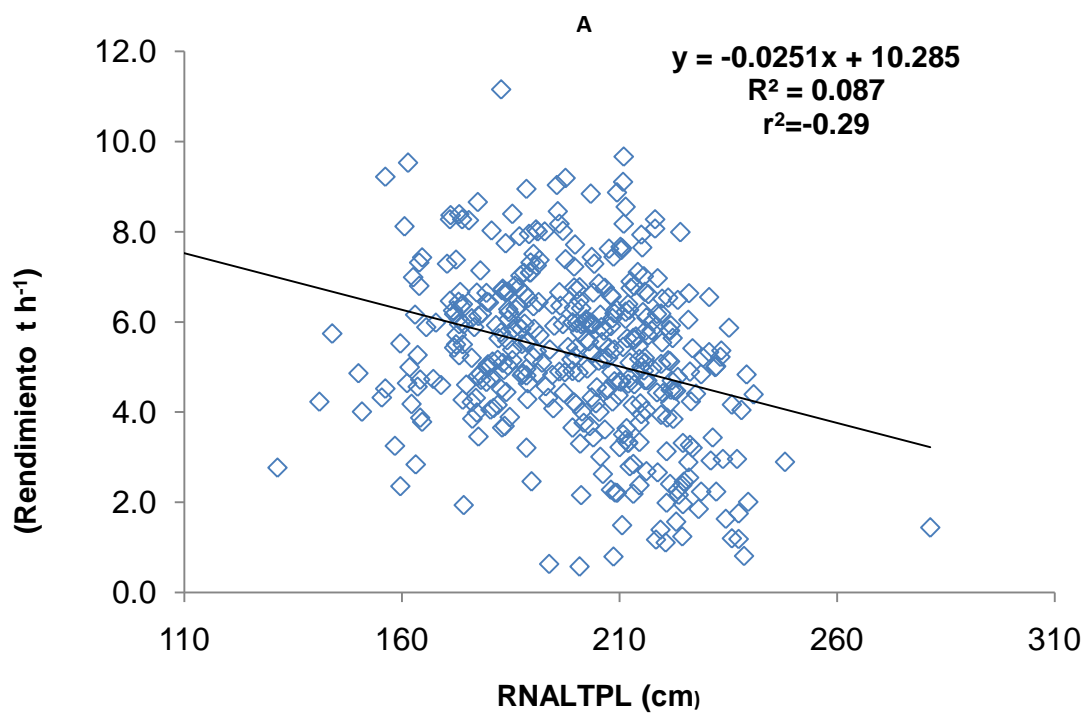


Figura 4.5. Relación del rendimiento de grano y altura de planta (A) y mazorca (B) en condiciones de riego normal.

V. CONCLUSIONES

- Las variables altura de planta y mazorca correlacionaron positivamente tanto en riego normal como en riego deficitario.
- Se encontraron correlaciones altamente significativas entre la altura de planta y altura de mazorca, tanto en la condición de riego normal y deficitario. El estrés no afecta la asociación entre estas dos variables.
- Se observaron bajas correlaciones entre el rendimiento de grano con la altura de planta y mazorca.
- El rendimiento de grano se ve afectado por la altura de estas variables, a mayor altura de planta existe la posibilidad de ser influenciada negativamente por el ambiente, y tener bajos rendimientos.

VI. BIBLOGRAFÍA

- Arnoldo R. Bejarano M. A.R., V. y H. Moreno. 1992. Evaluación del rendimiento y Caracteres de planta y mazorca en familias de hermanos completos de la variedad de maíz dulce riqueza. *Agronomía Tropical*. 42(3-4): 151-160.1992
- Andrade F. H., Cirilo A. G., Uhart S. A., Otegui M. E. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Editorial La Barrosa. INTA Balcarce, FCA UNMP, Dekalbpress.
- Alejos G., Monasterio P., Rea R. 2006. Análisis de la interacción genético Ambiente para rendimiento de maíz en la región maicera del Estado Yaracuy, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 56 (3): 369-384 pp.
- Becker H. C. 1981. Correlations among some statistical measures of phenotype stability. *Euphytica*. 30:835-840.
- BOCANSKI J., Z. Sreckov, and A. Nastasic. 2009. Genetic and phenotypic relationship between grain yield and components of grain yield of maize (*Zea mays* L.). *Genetika*, Vol. 41, No. 2, 145 -154.
- Bolaños J. y G. O. Edmeades. 1990. La importancia del intervalo de la floración en el mejoramiento para la resistencia a sequía en maíz tropical. *Agronomía Mesoamericana* 1: 45-50.
- BHAN, S. 1977. Effect of wáter longging on maize. *Indian J. Agric. Res.* 11:147-150.
- Blum, A.1988. Plant breeding for stress environments. Boca raton, FL,USA, CRC press222 ppp.
- Betrán F. J., Beck D., Bänziger M., Edmeades G. O. 2003. Genetic analysis of inbred and hybrid grain yield under stress and nonstress environments in tropical maize. *Crop Science* (43):807-817.
- Bolaños J., Edmeades G. O. 1993. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. II. Responses in reproductive behavior. *Field Crops Research*. (31): 253-268.
- Burgueño J., Crossa J., Vargas M. 2001. SAS programs for graphing GE and GGE Biplot. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México.
- Briones E. F. 2006. Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en

Poblaciones de maíz tropical. Revista Internacional de Botánica Experimental Phytol vol. 75: 31-40 pp.

Córdova H. 2005. Progreso en el mejoramiento y evaluación de germoplasma de maíz de alta calidad proteínica y perspectivas hacia el 2010. In Primer Seminario Taller Red de Mejoradores de maíz QPM de Latinoamérica. CIMMYT El Batán, Texcoco. México.

Claassen, MM; Shaw, RH. 1970. Water deficit effects on corn. II. Grain Components. Agronomy Journal 62: 652-655.

Chan C. J. L., Bravo A. G., Flores F. J. 1986. Relaciones agua suelo-planta-atmosfera del maíz en zonas semiáridas. Terra (5): 132-139 pp.

Cakir R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Res. (89):1-16 pp.

Córdoba H. S. 1991. Estimación de Parámetros de Estabilidad para Determinar la Respuesta de Híbridos de Maíz (*Zea mays* L.) a Ambientes Contrastantes de Centro América, Panamá y México. Agronomía Mesoamericana 2:01-10.

Crossa J., Gauch H. G., Zobel R. W. 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. (30) 493-500.

Doorenbos J., Pruitt W. O. 1977. Las necesidades del agua de los cultivos. Serie Riego y Drenaje No 24. Roma. 194 p.

Edmeades, G. O. y Lafitte, H. R. 1993. Defoliation and plant density effects on maize selected for reduced plant height Agron. J., 85:850-857.

FAO. 1973. El maíz en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y nutrición, N° 25.

FISCHER, K., JOHNSON, E. and EDMEADES, G. 1984. Mejoramiento selección de maíz Tropical para incrementar su Resistencia a la sequia. CIMMYT, El Batán, México. 20.

Fischer, K.S., Edmeades, G. O. Y Johnson, E.C. 1989. Selection for the improvement of maize yields under water deficits. field crops res 22:227-243.

- Frova, C., Portaluppi, P., Villa, M. Y Sarigorla, M. 1995. Sporophytic and gametophytic components of thermotolerance affected by pollen selection. *J. Hered.*, 86:50-
- Feller U., Fischer A. 1994. Nitrogen metabolism in senescing leaves. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 13 (3): 241-173 pp.
- Gauch H., Zobel R. 1996. AMMI analysis of yield trials. In: M.S. Kang y H.G. Gauch. (Eds.). *Genotype-by-Environment interaction*. CRC Press, Boca Raton. 85-122 pp.
- Goodman, M. M. 1965. Estimates of genetic variance in adapted and exotic populations of maize. *Crop Sci*. 5: 87-90.
- Inifap. 1992. Simposio Interacción en Genotipo-Ambiente en Genotecnia vegetal. SOMEFI. México. 56 p.
- López J. D., Salazar E. S. 1998. Comparación de genotipos de maíz bajo condiciones deficientes de humedad en el suelo. *Latinoamericana* 16 :(04) 331-335 pp.
- Martinello P., C. Lorenzoni. 1985. Physiological test form water and heat stress on maize population (*Zea mays* L.) *Genética Agraria*. 39(39):331-332.
- Márquez S. F. 1995. Métodos de mejoramiento genético del maíz: Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 77p.
- MOSS, G. and DOWENEY, L. 1971. Influence of drought stress on female gametophyte development in corn (*zea mays* L.) and subsequent grain yield. *Crop Sci*. 11:368-372
- Nesmith, DS; Ritchie, JT. 1992. Maize (*Zea mays* L.) response to a severe soil water-deficit during grain-filling. *Field Crops Research* 29: 23-35.
- Pedro C. Vega O. P.C. 1972. Efecto del medio-ambiente sobre la relación altura de mazorca-altura de planta en maíz (*Zea mays* L.) *Agronomía Trop*. 22(5): 461-474.
- Quirino B. F., Yoo S. N., Himelblau E., Amasino R. M. 2000. Molecular aspects of leaf senescence. *Reviews. Elsevier Science*. (5): 7 p.
- Robinson, H. F., Comstock, R. E. and Harvey, P. H. 1951. Genotypic and phenotypic correlations in corn and their implications in selection *Agron. Jour*. 43: 282-286.
- Rizzo P. 2001. El maíz duro amarillo y sus perspectivas para el 2001, proyecto S.I.C.A. banco mundial. Disponible en: www.sica.gov.ec.

- Rodríguez F. 2001. Fertilización y Nutrición Vegetal. Ed. A.G.T. México D.F, México. 401.
- Rincón T., Arnoldo J., Castro N. S., López S. J. A., Huerta A. J., Trejo L. C., Zhang . H. He., M. D. Chen. 1994. Effect of temperature on seed germination and seedling emergence in pop com. Journal of Schanghai. Agricultura Collage, 12(4):257-259).
- Ristic Z., D. D. Cass. 1992. Chloroplast structure after wáter and high-temperature stres in two lines of maize that differ in endogenous levels of abscisic acid. International Journal of Plant Science. 153:2, 186-196.
- Ristic Z., D. J. Gifford., D. D. Cass. 1992. Dehidratation, damage to the plasma and membrane and thylakoids, and heat-shock proteins in lines of maize differing in endogenous levels of abscisic acid and drought resistance. Journal of Plant Plant Physiology. 139:4, 467-473.
- Smart C. M. 1994. Gene expression during leaf senescence. New Phytol. (126): 419-448 pp.
- Sain Gustavo. 1997. Producción de maíz y políticas agrícolas en Centroamérica y México. San José, Costa Rica.: CIMMYT, PRN.
- Smith, L. H. 1969. The effect of selection upon certain physical charaeters in the corn plant. III. Agr. Exp. Sta. Bul. 132: 47-62.
- Sierra M., Palafox A., Rodríguez F. A., Espinosa A., Gómez N., Caballero F., Barrón S., Zambada A. 2004. H-518 y H-520, híbridos trilineales de maíz para el trópico húmedo de México. INIFAP. CIRGOC.
- Thomas H., Ougham H., Hörstensteiner S. 2001. Recent advances in the cell biology of chlorophyll catabolism. Adv. Bot. Res. 35:2-52 pp.
- Thomas H., Helen J., Ougham H., Carol W., Anthony D. 2003. Stead Defining senescence and death. Journal of Experimental Botany. 54 (385): 1127-1132 pp.
- Utkede R. S. and Shukla. 1976. Path coefficient analysis and its implications in maize improvement. Egyptian Jour. Gen. Cytol. 5: 164-169.
- VEGA, P. C. 1970. Variabilidad genética en caracteres cuantitativos medidos en una línea de maíz con un alto número de autofecundaciones. Rev. Fac. Agron. 4: 5-32. Maracay.
- Vianna R. T. and Siva J. C. 1878. Genetic correlations and combining ability in inbred lines of maize (*Zea mays* L.). Ceres 25: 242-265.

Vega, P. C. 1968. Variability in long-time inbred lines of maize (*Zea mays* L.).

North Carolina State University. Department of Genetics. Tesis de M. Sc. no publicada. Raleigh.

Williams D. 2002. Drought Strategies for Corn and Grain Sorghum. New México State University.

Zonia L., Munnik T. 2007. Life under pressure: hydrostatic pressure in cell growth and function. *TRENDS in Plant Science* 12(3) 90-97 pp.