

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**



**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**EVALUACIÓN DEL ENROLLAMIENTO Y FOGUEO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)  
COMPARADOS CON EL RENDIMIENTO EN CONDICIONES DE STRESS**

**POR**

**CESAR CENICEROS CHAVEZ**

**TÉSIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**DICIEMBRE DE 2013**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TÍTULO DE TESIS

EVALUACIÓN DEL ENROLLAMIENTO Y FOGUEO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)  
COMPARADOS CON EL RENDIMIENTO EN CONDICIONES DE STRESS

POR:

CESAR CENICEROS CHAVEZ

APROBADO POR:

ASESOR PRINCIPAL:

  
DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

ASESOR:

  
DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

ASESOR:

  
M.C. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ

ASESOR:

  
ING. ENRIQUE LEOPOLDO HERNÁNDEZ 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. CESAR CENICEROS CHAVEZ 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 RODRÍGUEZ

VOCAL:

  
ING: ENRIQUE LEOPOLDO HERNÁNDEZ TORRES

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



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

## AGRADECIMIENTOS

Gracias *Virgencita de Guadalupe* y a mi *Padre Dios* por siempre estar cuidando mis pasos y los de mis seres queridos por muy oscuro o difícil que sea el camino nunca has soltado mi mano y sé que nunca lo harás, gracias por haberme dado las fuerzas suficientes para haber logrado esta meta, aún faltan muchas más y quiero que me acompañen a realizarlas

Es grato expresar mis agradecimientos a la *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*, con aprecio y respeto por darme la oportunidad de realizar mis estudios profesionales dentro de sus instalaciones y culminar el sueño de ser un profesionalista.

Al *Dr. Armando Espinoza Banda*. Por todo su apoyo al ayudarme a culminar esta investigación, por asumir esta gran responsabilidad, por todos los consejos, regaños y enseñanzas que me hicieron una mejor persona.

Al *Ing. Heriberto Quitarte Ramírez*. Por todos los consejos en el transcurso de mi estancia en la universidad, por ser más que un gran maestro un gran amigo, gracias por todo su apoyo.

Al *M.C. José Luis Coyac Rodríguez y a la Dra. Oralia Antuna Grijalva* por aceptar se parte de grupo de sinodales.

## DEDICATORIAS

A mi abuelo fallecido *Francisco Ceniceros García* a quien muy en especial le dedico este trabajo ya que él fue el que me enseñó a valorar muchas cosas en la vida, a querer, respetar, a valorar a las personas que te desean el bien, gracias por todo aunque él no este conmigo en estos momentos felices de mi vida, yo sé que desde el cielo cuida de mi a donde quiera que voy, con amor y cariño le dedico mi trabajo de tesis.

**A mis padres:**

*Adán Ceniceros Rivas*

*Laura Chávez Adame*

Por haberme regalado la vida y educarme de una manera correcta y enseñarme a vencer los obstáculos y barreras que se suscitaron en el transcurso de mi vida como estudiante. En especial al esfuerzo grandísimo que me brindaron, gracias a todo eso soy alguien en la vida. Sus consejos siempre los llevare presentes; gracias papá, gracias mamá por haber hecho de mi un hombre de superaciones y sueños.

**A mis hermanos**

*Ma. Del Pilar Ceniceros Chavez*

*Maricela Ceniceros Chavez*

Por ser ellos con quienes he compartido todos los momentos de mi vida, desde mi infancia hasta el día de hoy, los quiero mucho.

Muy en especial *atoda mi familia* por haber depositado esa gran confianza en mí y haberme impulsado en todo momento para lograr esta gran meta, por todos los consejos dados cuando más los necesite mil gracias por todo su apoyo.

### A mis amigos

*Joel Ramírez Leónides*

*José Ángel Ramírez García*

*Carlos guzmán Hernández*

*Heriberto López Sierra*

*José Alberto Arreola Gutiérrez*

*Oscar Cruz Caballero*

*Cesar Bonifacio Campos*

Por compartir de sus amistades durante mis estudios profesionales, ya que con ustedes pude convivir estos 4 años y medio de vida de la cual solo quedan recuerdos de los años de convivencia porque cada uno de nosotros tenemos diferentes caminos que tomar y gracias por su gran amistad, compañía y atención en todos esos momentos cuando más los necesite.

## RESUMEN

Con el objeto de conocer la relación existente del rendimiento con las variables fisiológicas enrollamiento y fogueo en condiciones de riego 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: enrollamiento y fogueo a la 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> y 4<sup>a</sup> semanas después de la floración. Las variables se correlacionaron entre ellas mismas. Para cada caso se elaboró una gráfica de dispersión y la línea de tendencia. Los resultados permiten establecer que la relación del enrollamiento y fogueo en las diferentes evaluaciones en riego deficitario es baja, pero sin tener asociación con el rendimiento de grano. En tanto para riego deficitario se observó la relación entre estas dos variables, la cual se incrementó en la etapa reproductiva. El enrollamiento y fogueo al estar sometido al estrés hídrico. Similares resultados se observaron en la asociación del rendimiento con el enrollamiento y fogueo. En general en el presente trabajo se observó que la correlación se incrementa.

**Palabras clave:** maíz, *enrollamiento, fogueo, estrés, floración*

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIAS .....	ii
RESUMEN .....	iv
I INTRODUCCION .....	1
1.1 Objetivos .....	4
1.2 Hipótesis.....	4
II REVISION DE LITERATURA.....	5
2.1 Sequia.....	5
2.1.1 El stress de la sequía temprana.....	6
2.1.2 La sequía en la floración .....	7
2.1.3 La sequía durante el llenado del grano.....	8
2.1.4 Tolerante a la sequía .....	10
2.2 Stress de alta temperatura .....	11
2.2.1 Efectos de las altas temperaturas en el desarrollo vegetativo de las plantas ...	12
2.3 Efecto del enrollamiento sobre el maíz .....	13
2.4 Causas del fogueo.....	14
III MATERIALES Y METODOS .....	16
3.1 Localización geográfica y características del área de estudio .....	16
3.2 Material genético.....	16
3.3Diseño experimental.....	17
3.4 Manejo agronómico .....	17
3.4.1 Preparación del terreno .....	17
3.4.2Siembra .....	17
3.4.3 Instalación del sistema de riego .....	18
3.4.4 Instalación de tubos para toma de humedad y Tomas de humedad .....	18
3.4.3Aclareo de plantas.....	18
3.4.4 Fertilización.....	19
3.4.5 Riegos .....	19
3.4.6 Control de plagas.....	20



3.4.7 Control de maleza .....	21
3.5 Variables determinadas .....	22
3.6.1 Estimación de la cobertura vegetal (NDVI) .....	22
3.6.2 Contenido de clorofila (SPAD).....	23
3.6.3 Enrollamiento foliar.....	24
3.6.4 Senescencia.....	24
3.6.5 Cosecha .....	25
3.6.6 Rendimiento de grano.....	25
3.6.7 Análisis de datos.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSION .....	26
4.1. Relación del rendimiento de grano y el fogueo por altas temperaturas.....	26
4.2. Relación del rendimiento y enrollamiento foliar .....	28
4.3. Relación del enrollamiento foliar evaluados en la primer toma realizada y fogueo por altas temperaturas.....	30
4.4. Relación del enrollamiento foliar evaluados en la segunda toma realizada y fogueo por altas temperaturas.....	32
4.5. Relación del enrollamiento foliar evaluados en la tercera toma realizada y fogueo por altas temperaturas.....	34
V CONCLUSIÓN .....	36
VIBIBIOGRAFIA CITADA.....	37

## ÍNDICE DE CUADROS

**Cuadro 3.1.** Número de riegos, fechas de aplicación y lamina de riego a los 400 genotipos evaluados en las dos condiciones riego normal-restringido, 2012.....19

**Cuadro 3.2.** Control de plagas, dosis de aplicación, nombre del producto utilizado, fecha de aplicación en los en ensayos de riego normal-sequia.....20

## INDICE DE FIGURAS

**Figura 4.1.** Relación existente entre el rendimiento de grano y el fogueo tomados a la 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> y 4<sup>a</sup> semana después de la floración (SDF), en riego deficitario.UAAAN-UL 2012.....27

**Figura 4.2.** Relación entre el rendimiento de grano y el enrollamiento foliar de 400 genotipos, evaluados a la 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> semanas después de la etapa de floración en riego deficitario.UAAAN-UL 2012.....29

**Figura 4.3.** Relación del enrollamiento foliar evaluados en la primer toma realizada y fogueo a la 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> y 4<sup>a</sup> (SDF), por altas temperaturas.UAAAN-UL 2012.....31

**Figura 4.4.** Relación del enrollamiento foliar evaluados en la segunda toma realizada y fogueo 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> y 4<sup>a</sup> (SDF), por altas temperaturas.UAAAN-UL 2012.....33

**Figura 4.5.** Relación del enrollamiento foliar evaluados en la tercera toma realizada y fogueo 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> y 4<sup>a</sup> (SDF), por altas temperaturas. UAAAN-UL 2012.....35

## I INTRODUCCION

El cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en México tiene una gran importancia de tipo ancestral y social ya que es un cultivo de origen mexicano, y por eso el 80 por ciento de sus pobladores basan su dieta alimenticia en este cereal, de tal manera que los agricultores siembran el maíz con el propósito de asegurar el complemento alimenticio de su familia, ya que se suministra elementos nutritivos importantes a seres humanos y animales (FAO, 1993).

Actualmente el maíz, se cultiva en más de 140 millones de hectáreas (FAO, 1999) con una producción anual de más de 580 millones de toneladas. El maíz tropical se cultiva en 66 países y es de importancia económica en 61 de ellos, cada uno de los cuales siembra más de 50 000 hectáreas con un total de cerca de 61,5 millones de hectáreas y una producción anual de 111 millones de toneladas. (Paliwatetal., 2001)

En maíz se considera que la floración y las etapas iniciales del periodo de grano son críticas para la determinación del rendimiento de grano. Debido a esto, la presencia de temperaturas altas, frecuentemente asociadas con sequias durante estas etapas, pueden afectar los procesos de polinización, fecundación y desarrollo del grano. Esto es consecuencia de la desecación de estigmas y/o de

los granos de polen y la reducción de la tasa y/o duración del periodo de llenado de granos, que afectan el número y peso individual de los mismos (Bassetti, 1993)

Para 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. 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 (Cheikh y Jones, 2001).

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 rubisco, hasta su casi completa inactivación a 45°C. Por lo tanto, la variación interespecifica en la termotolerancia de los sistemas de fotosíntesis es determinante en los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas bajo condiciones de alta temperaturas (Crafts-Brander y salvucci, 2002).

La combinación de 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.

Las temperaturas altas en la etapa inicial del periodo de llenado de grano tiene efectos detrimentales en el peso individual del grano de maíz; el nivel de estos efectos depende de las condiciones ambientales imperantes en este periodo (Commuri y Jones, 2001).

## **1.1 Objetivos**

Conocer la relación existente entre los valores tomados del enrollamiento y fogueo en relación con rendimiento de los ensayos sometidos a riego restringido (sequia).

## **1.2 Hipótesis**

Ho: Los genotipos se comportan fisiológicamente diferentes en rendimiento y en características fisiológicas.

Ha: Los genotipos se comportan fisiológicamente similar en rendimiento y en características fisiológicas.

## II REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Sequia

Una meta común de los programas de mejoramiento de maíz tropical es la estabilización de los rendimientos frente a un abastecimiento de agua incierto. En las condiciones de secano el abastecimiento de agua puede limitar el crecimiento del maíz en cualquier momento de la estación, pero las características necesarias para mejorar los rendimientos en condiciones de sequía pueden ser bastante diversas según la etapa de crecimiento del cultivo en que ocurre el estrés hídrico. Un programa exitoso de mejoramiento requiere una clara caracterización de los modelos predominantes de estrés de humedad en el ambiente en que se trabaja. Las estrategias del mejoramiento para aumentar la tolerancia del cultivo a esos distintos tipos de estrés de sequía son bastante diferentes. Además, la respuesta del cultivo a la sequía puede ser bastante diferente en áreas de agricultura comercial, donde el objetivo es el alto potencial de rendimiento, comparado con áreas de agricultura de subsistencia, donde la prioridad es la estabilidad de los rendimientos (Ludlow y Mulchow, 1990).

### **2.1.1 El stress de la sequía temprana**

En la etapa temprana el sistema radical todavía extrae la humedad de un pequeño perfil de suelo por lo que el estrés de sequía puede comenzar después de unos pocos días sin lluvias. El principal peligro de este tipo de estrés es la reducción de la población de plantas. Dado que el maíz tiene una baja capacidad de macollaje, cada planta debe sobrevivir hasta que recomienzan las lluvias, de lo contrario el rendimiento será irreversiblemente comprometido. Las características que favorecen la supervivencia son un enraizamiento profundo y precoz, una pérdida reducida de agua de las hojas y un ajuste osmótico que permita a la planta continuar la absorción de agua del suelo seco. Cada una de estas características puede estar asociada con un crecimiento limitado bajo condiciones favorables, si esas características se expresan tanto en condiciones de estrés o sin estrés. Esto puede dar lugar a un menor vigor y puede reducir la competitividad del cultivo en relación a las malezas. Si el estrés de las plantas ocurre frecuentemente en un cierto ambiente, tales modificaciones pueden llevar a un mejoramiento general de la población y del rendimiento de grano.

Un enrollado temprano de las hojas reduce considerablemente el uso de agua y los distintos cultivares de maíz difieren en el potencial de las hojas para su enrollamiento. Este es un carácter con un buen grado de heredabilidad, lo cual



favorece su selección. En la práctica, sin embargo, muchos fitomejoradores seleccionan contra el enrollamiento porque está, a menudo, asociado con una limitada capacidad para extracción de agua. Además, un enrollado temprano restringe la fotosíntesis con la consecuencia de limitar la productividad. (Bänziger, Edmeades y Quarrie, 1997).

### **2.1.2 La sequía en la floración**

El estrés de la floración ocurre cuando hay un período seco entre el inicio de la antesis y la aparición de los estambres aproximadamente un mes, lo cual puede llevar a la esterilidad o a una severa reducción en el número 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 sobre el rendimiento si ocurriera en una etapa vegetativa o durante el llenado del grano, puede ser catastrófico durante esta etapa de crecimiento. Lamentablemente, en muchas regiones maiceras ocurre un corto período 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 (ASI). Una aparición tardía de los estambres puede llevar al fracaso de la fertilización debido a un inadecuado abastecimiento de polen. Si la sequía continúa una semana o más 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. Estos puntos se discuten en más detalle en el capítulo Estreses abióticos que afectan al maíz.

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 período 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 grano (Fisher, Edmeades y Johnson, 1989)

### **2.1.3 La sequía durante el llenado del grano**

En los tratamientos de control y en los defoliados, la selección para plantas más bajas y más tolerantes al estrés removilizó mas materia seca del tallo durante el proceso de llenado del grano 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. Estos 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 sequía durante el llenado del grano, es que mientras esta 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 sequía. Tales diferencias fueron importantes bajo condiciones de estrés en el llenado de los granos en el estudio de *tuxpeño Sequía* descrito anteriormente. En este momento parecería que la selección en el campo en parcelas bien manejadas con irrigación controlada es el único método adecuado para identificar plantas con senescencia demorada de las hojas bajo condiciones de estrés durante el llenado de los granos. Afortunadamente, es posible un rápido recuento visual de esta característica en el campo. Las plantas que se mantienen verdes pueden ser confundidas con una variación en la madurez y la demanda de nitrógeno por parte de una mazorca

grande también puede ayudar a la senescencia. Estos factores deben ser tenidos en consideración cuando se hacen los recuentos para plantas verdes. (Edmeades y Lafitte, 1993).

#### **2.1.4 Tolerante a la sequía**

Pasan por un período de baja disponibilidad de agua en el suelo, evitando o resistiendo la desecación. Este tipo de tolerancia a la sequía es necesaria para mantener la productividad cuando la sequía aparece inesperadamente durante el ciclo del cultivo o cuando los agricultores prefieren cultivares de larga duración en áreas donde las lluvias pueden ser ocasionalmente tempranas. Las especies o los cultivares evitan la desecación ya sea porque conservan la humedad o porque explotan mejor la reserva de agua del suelo, de modo tal que los tejidos de las plantas no sufren del bajo potencial de humedad. El agua de la planta se conserva porque las hojas se enrollan y los estomas se cierran cuando la humedad relativa es baja y por la presencia de una espesa capa de cera epicuticular (Ludlow y Muchow, 1990). Los cultivares que usan la mayor parte del agua presente en el suelo van a una mayor profundidad o tienen un mayor volumen de raíces. Esta estrategia, similar a la precocidad, puede limitar la productividad. La formación de cera epicuticular o una gran masa de raíces requiere una inversión de carbohidratos que se sustrae a la formación de depósitos, y el cierre de los estomas o el enrollado de las hojas restringen la fotosíntesis. Además, muchas de

estas características parecen ser constitutivas, de modo que su costo se distribuye entre los años de sequía cuando son una ventaja, o en los años de buenas lluvias cuando no son de ningún valor para el cultivo. Los cultivares que son tolerantes a la desecación pierden poca agua de sus tejidos y sus rendimientos son menos afectados que los de los cultivares susceptibles. Hay varias características que parecen ser importantes para dar tolerancia a la desecación en el maíz, pero dependiendo del momento en que ocurre la sequía. En el caso de un estrés temprano es importante el ajuste osmótico (Chimenti, Cantagallo y Guevara, 1997)

## **2.2 Stress de alta temperatura**

Stress de alta temperatura ocurren periódicamente en los trópicos, normalmente en asociación con stress hídricos. Estos stress ocurren típicamente en ambientes de alta radiación solar y poca disponibilidad de agua (desiertos, zonas áridas y semiáridas) donde la energía incidente no puede ser disipada por la evapotranspiración. Sin embargo, en relación con otros stress ambientales (sequia, nutrientes, frio, etc.) existe relativamente poca información sobre la tolerancia al exceso de calor en las plantas (Blum, 1982; levit, 1980). Levitt (1980) ha clasificado la resistencia de las plantas a altas temperaturas en: 1) aquellas que evaden el calor, y, 2) aquellas que lo toleran.

En las plantas la evasión del calor está asociada con la evasión del stress hídrico. La carga de calor se incrementa y la temperatura foliar sube por arriba de la ambiental cuando la transpiración es limitada por stress hídrico (Levitt, 1980). Los mecanismos de evasión de calor aquí consisten en reducir la radiación incidente sobre el cultivo (color de hojas, ángulo de exposición, tamaño de hojas, movimientos foliares para evadir radiación, etc.), o incrementar el tamaño entre las hojas y el aire con mejor transferencia convectiva de calor (tamaño de las hojas, orientación hacia el viento, etc.).

### **2.2.1 Efectos de las altas temperaturas en el desarrollo vegetativo de las plantas**

Los efectos de alta temperatura pueden ser fatales desde el punto de vista agronómico si ocurre durante el periodo crítico de la floración en maíz. La polinización y fertilización son fuertemente afectadas por altas temperaturas. Altas temperaturas causan esterilidad del polen, anteras que no abren, polen que rápidamente muere y el bien conocido caso de “fogueo de espigas “.

Los estigmas también se desecan rápidamente, haciendo que la fertilización y el número de granos por mazorca sea negativamente afectado (Lonquist and jugenheimer, 1943; Tatum and kehr, 1951; Pearson and Hall, 1984). Sin embargo,

todavía no está claro si la pérdida de viabilidad del polen es causada por altas temperaturas o por baja humedad relativa (alta demanda evaporativa), a pesar de experimentos diseñados para revolver tal problema (Herrero and Johnson, 1980). Déficit hídricos, en ausencia de altas temperaturas o baja humedad relativa, no parecen afectar la viabilidad del polen (Herrero and Johnson, 1981; Hall et al., 1982). Sin embargo, el efecto de déficit hídricos si está bien establecido en el aborto de sacos embrionicos en los estigmas (Moss and Downey, 1971). Ya sea por esterilidad del polen, abortos después de la fertilización, incapacidad del polen de germinar en los estigmas, disecación de los estigmas, etc., el hecho es que altas temperaturas durante la floración en maíz repercuten directamente en el número de granos por mazorca, en muchos casos produciendo plantas completamente vanas.

### **2.3 Efecto del enrollamiento sobre el maíz**

El enrollamiento es una respuesta adaptiva a la sequía tiene un aspecto benéfico, pero también un aspecto negativo. Al enrollarse las hojas demuestran un stress hídrico bastante fuerte, y aquellas que no se enrollan pueden ser visualizadas como en un buen estado hídrico. Sin embargo, el enrollamiento protege a la hoja contra un mayor stress, ya que reduce la incidencia solar, mantiene las temperaturas más bajas y protege a la hoja contra la foto-oxidación. Sin embargo, hay un costo de una menor asimilación y fotosíntesis.

La capacidad de mantener el crecimiento y la elongación foliar son características deseables en la sequía. Sin embargo, nuevamente la correlación entre esta característica y el rendimiento bajo stress es bastante pobre, aunque existe claramente una tendencia positiva. Esta característica en una sequía de tipo terminal puede ser indeseable, ya que implica un mayor desarrollo foliar, un mayor uso de agua y una depleción de los recursos hídricos del suelo más rápidamente. (Ramakrishna, 1988).

## **2.4 Causas del fogueo**

La temperatura de las hojas (enmaíz) e incluso pueden ocurrir quemaduras foliares. Una transpiración fuerte (perdida de agua) puede ser útil para enfriar las hojas.

Las plantas que ahorran el agua pueden reducir inútilmente su fotosíntesis al cerrar los estomas de las hojas en ausencia de sequía(Levitt, 1972).

La reducción de la transpiración por caídas de hojas reduce la actividad fotosintética de la planta.



La tolerancia a la sequía puede causar una suspensión o un estancamiento del crecimiento. La existencia en las plantas de un mecanismo “escape”, “evasión o fuga” en que se asocian la tolerancia y la evasión es muy deseable (Sullivan, 1972).

Los caracteres asociados a los mecanismos de “evasión” y de tolerancia a la desecación dependen de muchos genes, por tanto pueden resultar muy difícil descubrir métodos de selección de cultivares (Brandreth, 1976).

La complejidad de la resistencia a la sequía de las plantas se origina por el carácter inseparable de los factores siguientes: morfología, fisiología y bioquímica vegetales, condiciones del suelo y en la atmosfera (Wright y Streetman, 1960).

### **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 km<sup>2</sup>.

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 genético**

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.

### **3.3Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado fue un diseño aumentados sin repeticiones con cuatro testigos, 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 acabo el 24 de mayo de 2012. Consistió en la realización de un barbecho, rastra, nivelación y trazos de los surcos.

#### **3.4.2Siembra**

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

### **3.4.3 Instalación del sistema de riego**

Se realizó la instalación de las cintillas como sistema de riego, se hizo de manera manual, tanto para el lote de la condición de riego normal y restringido.

### **3.4.4 Instalación de tubos para toma de humedad y Tomas de humedad**

Se colocaron tubos de fibra de vidrio para la toma de humedad, se distribuyeron 15 tubos para el lote de riego normal, para el lote de riego restringido se distribuyeron 27 tubos. Se procedió a tomar la humedad el suelo tanto en riego normal como en riego restringido, estas tomas se realizaron cada tercer día ( lunes, miércoles, viernes) durante el desarrollo del cultivo hasta el día de la cosecha.

### **3.4.3Aclareo 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 cm<sup>3</sup>, mientras para el riego deficitario de 2.11 cm<sup>3</sup>. En la etapa de floración fue cuando a los genotipos se sometieron al estrés.

**Cuadro 3.1.** 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)	R. Deficitario(Lr)
26-may-12	6.72	6.72
29-may-12	0.8	0.8
05-jun-12	1.6	1.6
16-jun-12	4.8	4.8
26-jun-12	0.8	
29-jun-12	0.4	0.96
03-jul-12	0.8	0.4
09-jul-12	3.2	2.96
11-jul-12	1.6	1.6

13-jul-12	3.36	1.68
20-jul-12	2.4	
23-jul-12		3.2
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
06-go-12	1	1
09-ago-12	1.37	1.28
11-ago-12	1.6	0.8
15-ago-12	2.8	0.8
18-ago-12	2.96	1.6
22-ago-12	3.2	
25-ago-12	3.84	2.16
28-ago-12		3.6
29-ago-12	1.84	
03-sep-12	2.4	0.6
06-sep-12	3.2	1.6
10-sep-12	3.84	1.76
14-sep-12	6	6

---

### 3.4.6 Control de plagas

**Cuadro 3.2.** Control de plagas, dosis de aplicación, nombre del producto utilizado, fecha de aplicación en los ensayos de riego normal-sequia.

<b>Dosis</b>	<b>Nom.Pr</b>	<b>F.A</b>	<b>Plaga</b>
46.8 ml/20 LH <sub>2</sub> O	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 l “	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 (*Tetranychus 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 (Harneextra), 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.

### **v3.5 Variables determinadas**

Para una mejor evaluación de los genotipos utilizados en estas condiciones, se llevaron a cabo la toma de variables agronómicas como; 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). Y también variables fisiológicas como fogueo, senescencia, enrollamiento, NDVI, contenido de clorofila (SPAD).

Para el siguiente trabajado se tomaron las siguientes variables fisiológicas y así hacer las correlaciones correspondientes con rendimiento de grano además de seguir más detalladamente el comportamiento de los genotipos sometidos al estrés hídrico.

#### **3.6.1 Estimación de la cobertura vegetal (NDVI)**

Esta variable se tomó para estimar y evaluar el estado de salud de la vegetación en base a la medición de la radiación que las plantas emiten o reflejan al estar sometidas al estrés hídrico, mediante un sensor portátil (GreenSeeker) el cual calcula el índice de vegetación de diferencia normalizada. Se realizaron cinco tomas en total, en diferentes etapas fenológicas de las plantas distribuidas de la



siguiente manera; la primer toma se realizó el 16 de junio, a los 22 DDS, la segunda toma se efectuó el 30 de junio, a los 36 DDS, la tercer toma fue llevada a cabo el 8 de julio, a los 44 DDS, la cuarta toma se ejecutó el 21 de agosto a los 88 DDS, la quinta y última toma se efectuó el 12 de septiembre, a los 110 DDS.

### **3.6.2 Contenido de clorofila (SPAD)**

Esta variable se tomó mediante el medidor de clorofila SPAD 502, que mide la concentración relativa de clorofila por medio de la luz transmitida a través de la hoja en 650 nm (longitud de onda fotosintéticamente activa) y 940 nm. La clorofila en la hoja está estrechamente relacionada con la concentración de N y por lo tanto, refleja el estado nutricional. Las lecturas fueron tomadas de una hoja por planta, en cinco plantas por parcela útil (plot), aproximadamente a la mitad de la distancia entre el tallo y el ápice de la hoja n, y a la mitad de la distancia entre el borde la hoja y el nervio medio en la hoja donde va insertada la mazorca. Se realizaron tres tomas: Junio 09, Agosto 23 y el 08 de Septiembre. En la semana 2, 4,6 después de la etapa de floración tanto femenina como masculina.

### **3.6.3 Enrollamiento foliar**

Estas tomas se realizaron para identificar visualmente cuáles genotipos se comportaban mejor al estar sometidos al estrés hídrico. Se calificó mediante un escala de 1 a 5 donde:

1 = no hay enrollamiento; hoja turgente

2 = Las orillas de la hoja se empiezan a enrollar

3 = La hoja tiene forma de V

4 = Las orillas de la hoja se enrollan y cubren parte de la lámina foliar

5 = La hoja se enrolla como si fuera cebolla. Se llevaron a cabo tres tomas después de la etapa de floración en la semana 1, 2 y 4.

### **3.6.4 Senescencia**

La toma de esta variable se realizó para identificar a los materiales que retrasan la senescencia y por ende soportan más el estrés provocado por sequía. Estas tomas se realizaron después de la floración, calificando con una escala de 1 a 10. Se realizaron 3 tomas en total distribuidas de la siguiente manera: la primer toma se realizó 8 de julio a los 44 días después de la siembra, la segunda toma se efectuó el 21 de agosto a los 88 días después de la siembra, la tercera y última toma se llevó a cabo el 4 de septiembre a los 102 días después de la siembra.

### **3.6.5 Cosecha**

La cosecha se llevó a cabo el 19 de octubre, en el campo experimental de la UAAAN-UL, esta se hizo de manera manual, dejando la primera y la última planta sin cosechar de cada parcela útil, con la finalidad de que estas tienen menor competencia y aprovechan mejor los nutrientes. Posteriormente se colocaron al inicio de cada surco para calificar.

### **3.6.6 Rendimiento de grano**

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

### **3.6.7 Análisis de datos**

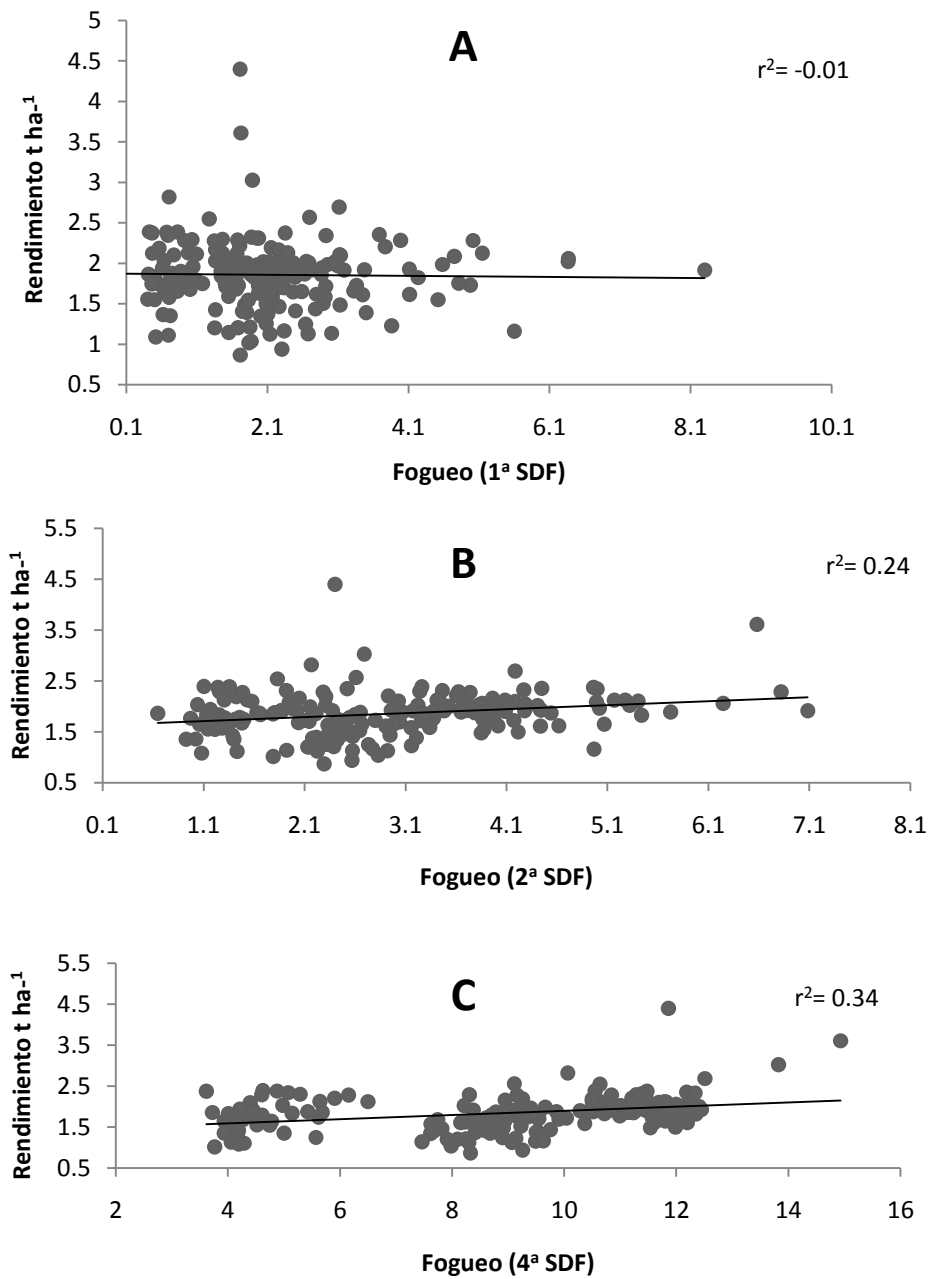
Todos los datos fueron analizados y ajustado mediante el paquete estadístico R, los coeficientes de correlación se determinaron con el programa Excel.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Para conocer la relación existente entre el rendimiento de grano y las variables fisiológicas evaluadas (enrollamiento y fogueo) en condiciones de riego normal y deficitario, se realizaron las correlaciones de ambos parámetros, los cuales se presentan a continuación.

### 4.1. Relación del rendimiento de grano y el fogueo por altas temperaturas.

En la figura 4.1 se muestra la relación existente entre el rendimiento de grano y el fogueo provocado por altas temperaturas, evaluados a la 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> y la 4<sup>a</sup> (SDF) en la condición de riego deficitario. En las tres tomas realizadas se observa una pobre correlación entre el rendimiento y esta variable. Se encontraron genotipos con un gran número de plantas fogueadas, es decir genotipos que no toleraron las altas temperaturas que se experimentan en la comarca lagunera, esta variable tiene efecto negativo en el rendimiento, pues las altas temperaturas frecuentemente asociadas con sequías durante la etapa de floración que es cuando se hicieron las evaluaciones, pueden afectar los procesos de polinización, fecundación y desarrollo del grano. Esto es consecuencia de la desecación de estigmas y/o de los granos de polen y la reducción de la tasa y/o duración del período de llenado de grano, que afectan el número y peso individual de los mismos (BassetiyWestgate, 1993; Suzuki *et al.*, 2001; Wilhelm *et al.*, 1999). Otro efecto de 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.

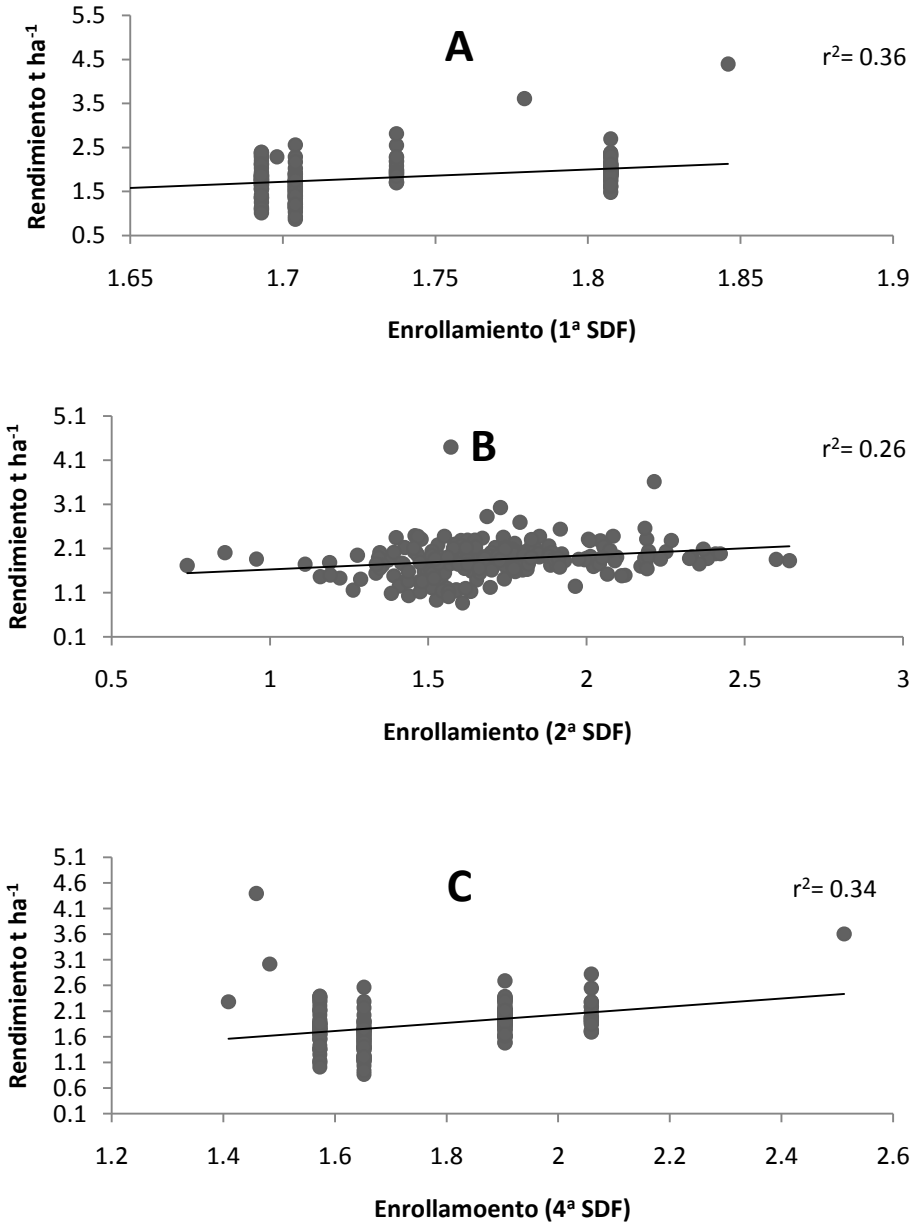


**Figura 4.1.** Relación existente entre el rendimiento de grano y el fogueo tomados a la 1ª, 2ª y 4ª semana después de la floración (SDF), en riego deficitario. UAAAN-UL 2012.

## 4.2. Relación del rendimiento y enrollamiento foliar

En la figura 4.2 se muestra la relación que existe entre el rendimiento de grano y el enrollamiento foliar de 400 genotipos, evaluados a la 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> semanas después de la etapa de floración en riego deficitario.

Se puede observar unas bajas correlaciones entre el rendimiento y el enrollamiento foliar en las tres evaluaciones realizadas. Una de las respuesta de los genotipos al estrés hídrico es el enrollamiento foliar pero teniendo efectos en el rendimiento debido al efecto negativo en el proceso de la fotosíntesis. Esto en combinados con altas temperaturas aumenta la probabilidad de un bajo rendimiento. Se pueden observar genotipos con altos valores de enrollamiento y bajos rendimientos, esto debido a lo anterior. Como lo citan (Howard y Watschke, 1991; Carrow, 1996; Perdomo *et al.*, 1996; Huanget *al.*, 1998; Jiang y Huang, 2000). Que dicen que el estrés hídrico y el estrés por temperatura alta causan disminuciones en la producción, y han sido asociados positivamente con la reducción en el crecimiento de la raíz, potencial hídrico, termo-estabilidad de la membrana celular, tasa fotosintética, eficiencia fotosintética y acumulación de carbohidratos. Se encontraron genotipos como él (CML451/CML486)/OAXAGP21\_118) que tuvieron valores bajos de enrollamiento y rendimientos promedios, también genotipos como él (CML495/CML494)/GUATGP17-5A\_1178) que presento alto valor de enrollamiento y por efecto bajos rendimientos.



**Figura 4.2.** Relación entre el rendimiento de grano y el enrollamiento foliar de 400 genotipos, evaluados a la 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> semanas después de la etapa de floración en riego deficitario. UAAAN-UL 2012.

### **4.3. Relación del enrollamiento foliar evaluados en la primer toma realizada y fogueo por altas temperaturas**

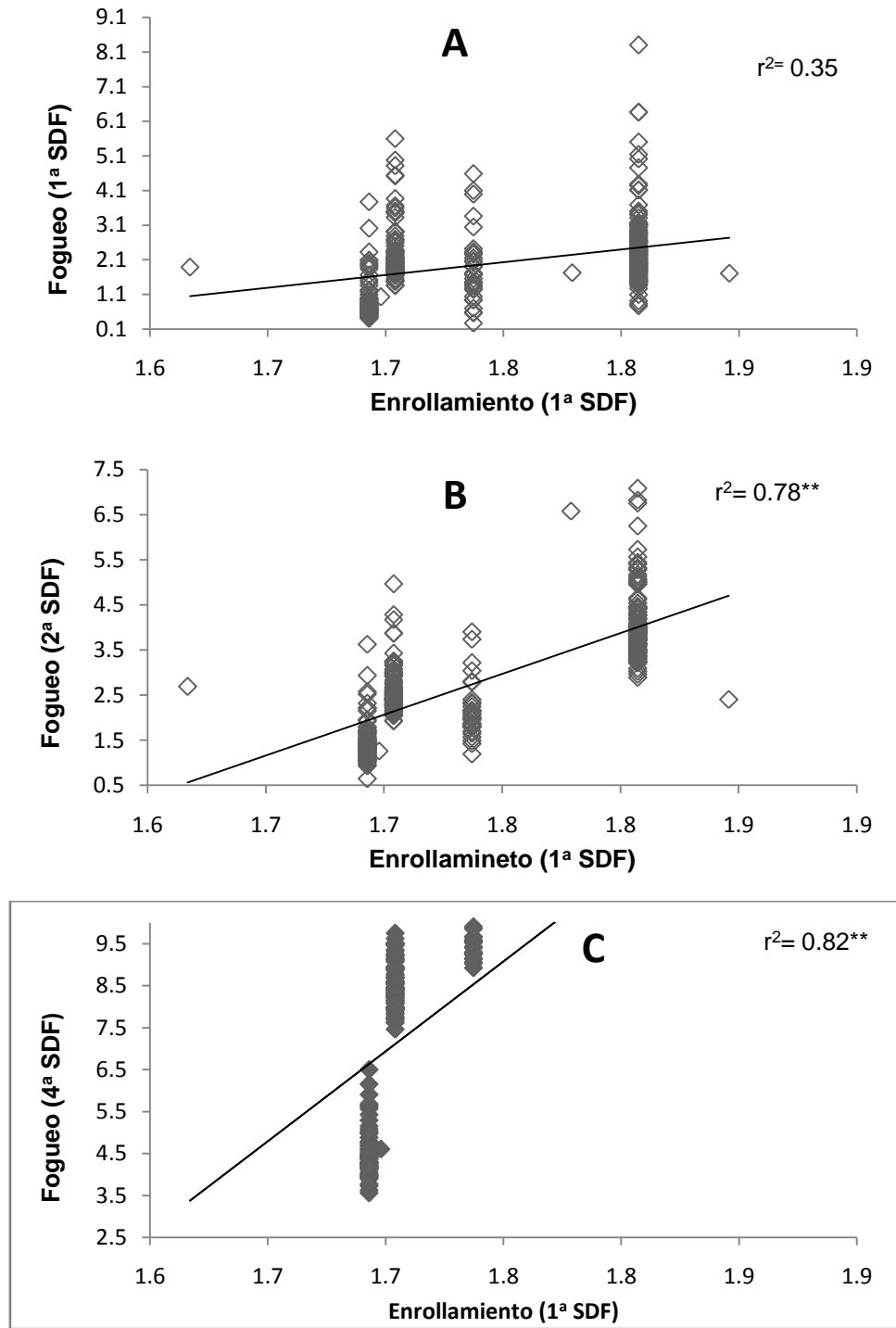
En la figura 4.3 se presenta la relación existente entre el enrollamiento foliar en la primer toma realizada y el fogueo en la primer toma (A) segunda toma (B) y tercer toma (C).

Se observa una alta correlación entre estos dos parámetros, también se puede observar como el aumento de la asociación, en la primer toma tenemos (A)  $r^2= 35$  en la segunda (B)  $r^2= 78$  y en la tercera (C)  $r^2= 82$ .

Podemos observar claramente que el aumento de la asociación entre estas variables se debió probablemente a que las altas temperaturas tienen influencia sobre ellas, tanto el enrollamiento como el fogueo se incrementan al incrementar la temperatura, temperaturas mayores de 35°C y baja humedad relativa provoca el aumento de ABA en las hojas que provocaran el enrollamiento en las hojas como defensa a las altas temperaturas y bajos niveles hídricos así como también el fogueo de los genotipos.

Se pueden observar genotipos con altos niveles de enrollamiento y también un gran número de plantas fogueadas, como se dijo anteriormente al incrementarse el enrollamiento también se incrementa el fogueo, ésta clara situación se puede observar en los testigos utilizado, también se encontró que tanto genotipos como testigos que tienen bajos valores de enrollamiento también presentan bajos valores de fogueo.





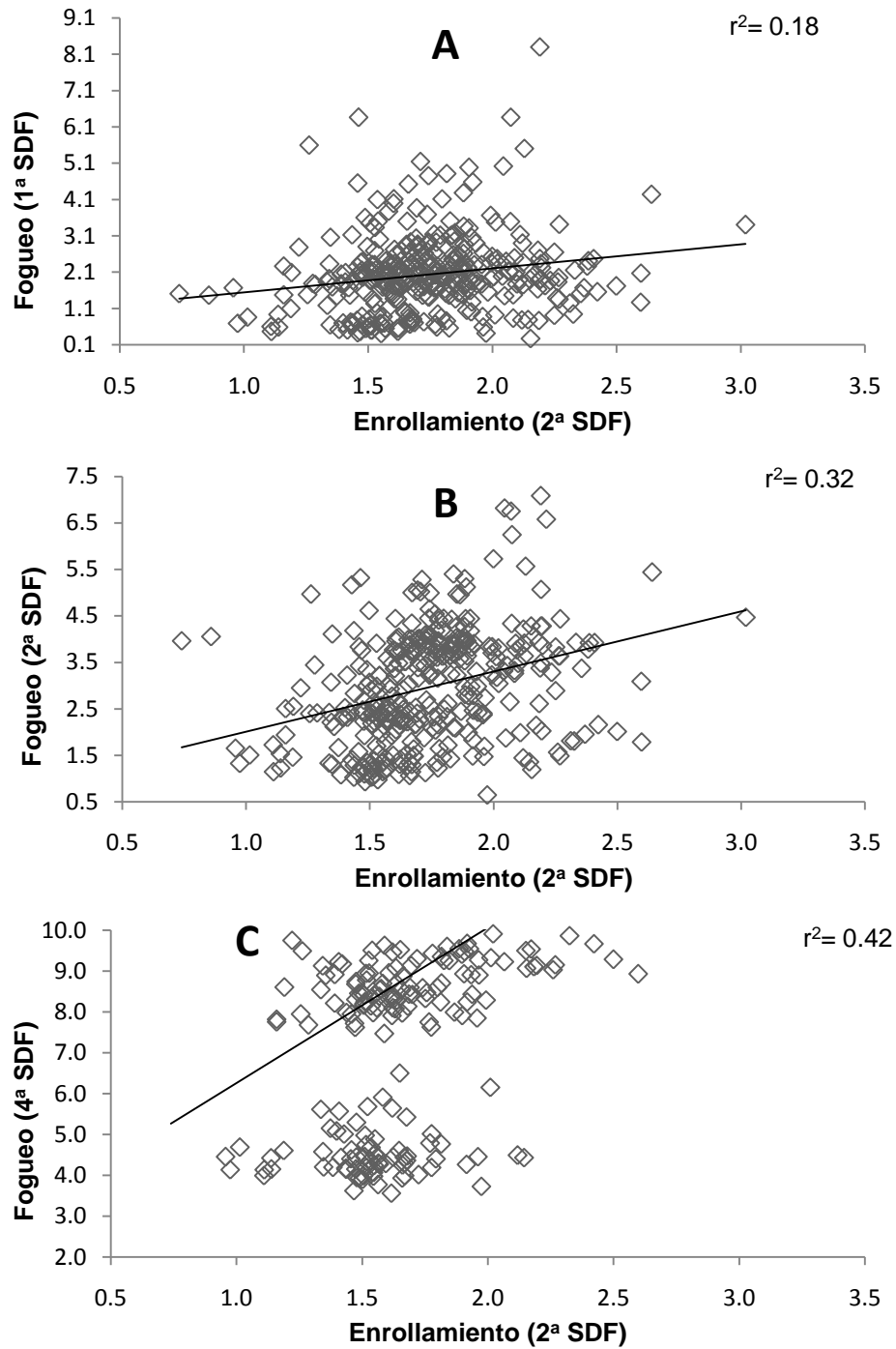
**Figura 4.3.** Relación del enrollamiento foliar evaluados en la primer toma realizada y fuego a la 1ª, 2ª y 4ª (SDF), por altas temperaturas. UAAAN-UL 2012.

#### **4.4. Relación del enrollamiento foliar evaluados en la segunda toma realizada y fogueo por altas temperaturas**

En la figura 4.4 se presentan la relación existente entre el enrollamiento foliar de los 400 genotipos en la segunda evaluación con el fogueo en la primera (A) segunda (B) y tercera (C) evaluaciones.

Se puede observar una baja correlación entre el enrollamiento en la segunda evaluación y las tres tomas de fogueo, (A)  $r^2=18$  (B)  $r^2=32$  (C)  $r^2=42$ . Pero de igual manera se ve claramente como el aumento de la relación aumenta esto debido a lo ya mencionado anteriormente, al aumento de la temperatura.

Probablemente la baja relación se debió a que genotipos tardíos no presentaban enrollamiento pero si presentaban fogueo, o viceversa. Genotipos que no presenten enrollamiento ni fogueo por ende tendrán mayores rendimientos, como el genotipo (CML269/CML264)/TUXPENOSANVIBAG\_1226).



**Figura 4.4.** Relación del enrollamiento foliar evaluados en la segunda toma realizada y fuego 1ª, 2ª y 4ª (SDF), por altas temperaturas.UAAAN-UL 2012.

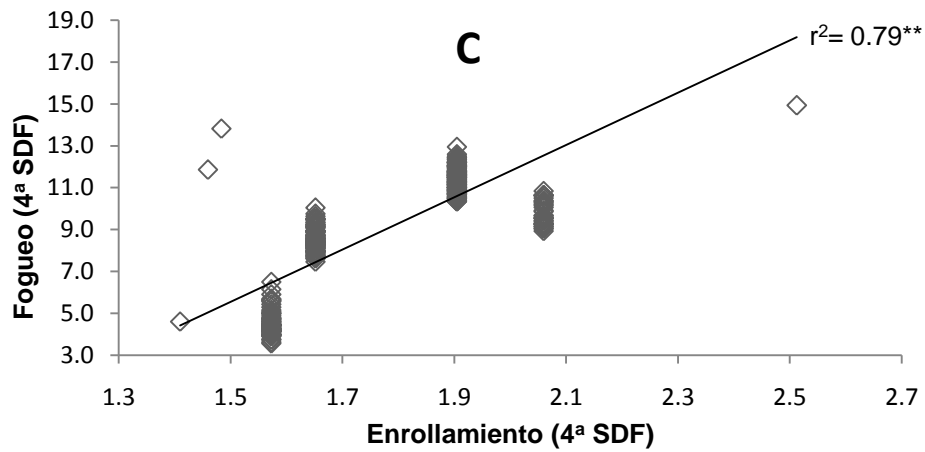
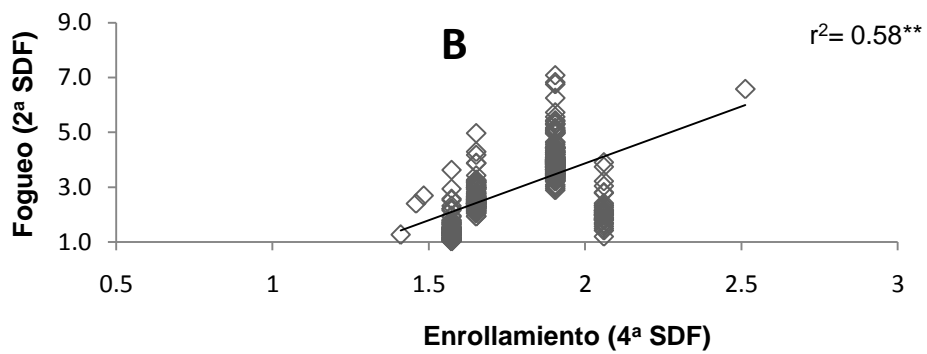
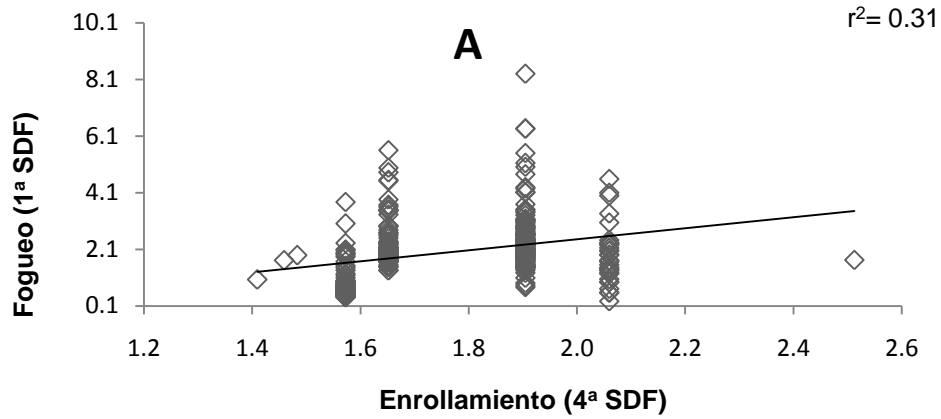
#### **4.5. Relación del enrollamiento foliar evaluados en la tercera toma realizada y fogueo por altas temperaturas**

En la figura 4.5 se observa la relación que existe entre el enrollamiento foliar evaluados en la tercer toma y el fogueo en las tres tomas realizadas.

Se observa una alta correlación, en la relación de la primera toma de fogueo se observa una baja correlación esto debido probablemente a que los valores de fogueo en la primer toma son más bajos, mientras que en las demás tomas realizadas aumentan los valores y por ende aumentan las correlaciones.

De igual manera se observa objetivamente que el aumento de las temperaturas influye directamente en la asociación de estos dos parámetros.

En general genotipos que presenten estos dos parámetros, tendrán efectos negativos en el rendimiento. Jiang y Huang (2000) mencionan que, si bien el conocimiento que se tiene acerca de cómo interactúan e influyen el estrés hídrico y el estrés por calor en las plantas es poco, existe la posibilidad de poder determinar el efecto combinado, ya que en la medida que se amplíe el conocimiento acerca de la interacción, se podría mejorar la identificación de los efectos fisiológicos involucrados con la presencia de estos dos factores, esto, con la finalidad de mejorar el desempeño de las plantas ante estas condiciones.



**Figura 4.5.** Relación del enrollamiento foliar evaluados en la tercera toma realizada y fuego 1ª, 2ª y 4ª (SDF), por altas temperaturas. UAAAN-UL 2012.

## V CONCLUSIÓN

Las temperaturas altas y estrés hídrico son dos de los factores que pueden llegar a ser una de las mayores limitantes en el crecimiento y desarrollo de las plantas, sin embargo cuando estos interactúan, pueden llegar a causar daños irreversibles, por tanto las bajas correlaciones entre estas dos variables

Genotipos que toleran las altas temperaturas también son tolerantes a los bajos niveles hídricos.

Genotipos que no presentan enrollamiento y fogueo, tienen mayores rendimientos.

## VIBIBIOGRAFIA CITADA

Bänziger, M., Edmeades, G.O. & Quarrie, S. 1997. Drought stress at seedling stage: are there genetic solutions? In G.O. Edmeades, M. Bänziger, H.R. Mickelson & C.B. Peña-Valdivia, eds. *Developing Drought and Low Nitrogen Tolerant Maize. Proc. of a Symp. CIMMYT*, El Batán, Mexico, 25-29 Mar. 1996. México, DF, CIMMYT.

Bassetti P, ME Westgate, Water deficit affects receptivity of maize silks. *Crop Sci* 33 (1993) 279.

Brandreth, M. Food crop research for the semi-arid tropics. IDRC- 026. Ottawa, International Development Research Center, 1974. 16 p.

B. Ramakrishna, 1988. III Mejoramiento para tolerancias a factores ambientales adversos en el cultivo del maíz

BLUM, A. 1985. Breeding. Crop varieties for stress environments. In: *CRC critical Reviews in plant sciences*, vol. 2 (3), pp. 199-238.

Commuri PD, RJ Jones. High temperatures during endosperm cell division in maize. A genotypic comparison under in vitro and field conditions. *Crop Sci* 41(2001) 45.

Cheikh N, RJ Jones. Disruption of maize kernel growth and development by heat stress. Role of acid balance. *Plant physiol* 106 (1994) 45.

Crafts-Brandner SJ, ME Salvucci. Sensitivity of photosynthesis in a C4 plant, maize, to heat stress. *Plant physiol* 129(2002) 1773.

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

FAO. 1993. El maíz en la nutrición humana. Colección FAO: alimentación y nutrición, N° 25.

Fischer, K.S., Edmeades, G.O. & Johnson, E.C. 1989. Selection for the improvement of maize yields under water deficits. *Field Crops Res.*, 22: 227-243.

HERRERO, M and JOHNSON, R 1981. Drought stress and its effect on maize reproductive systems.. *Crop sci.* 21:105-110.

Jiang, Y. and B. Huang. 2000. Effects of drought or heat stress alone and in combination on Kentucky bluegrass. *Crop Sci.* 40:1358-1362.

Levitt, J. The hardiness of plants. New York, Academic Press, 1956. Responses of plants to environmental stresses. New York, academic press, 1972. 697 p.

LONNQUIST, J. and JUGGEHEIMER, R. 1943. Factors affecting the success of pollinations in corn. *Agronomy journal* 35:923-933.

Ludlow, M.M. & Muchow, R.C. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. *Adv. agron.*, 43:107-153.



MOSS, G and DOWNEY, L, 1971, Influences of drought stress on female gametophyte development in corn (zea mays L.) and subsequent grain yield. Crop sci. 11:368-372.

Sullivan, c. Y. y Kinbacher, E. Thermal stability of fraction I protein from heat hardened Phaseolus acutifolius cv. Gray Tepary Buff. Crop science 7; 241-244. 1967.

Wright, N. y Streetman, L. Grass improvement for the Southwest relative to drought evaluation. Agric. Exp. Station, university of Arizona, Tucson. Technical bulletin no. 143. 1960. pp.1-16.