

# **UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS**



**RENDIMIENTO Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN 400 ACCESIONES DE  
MAÍZ EVALUADAS EN RIEGO-SEQUÍA EN LA COMARCA LAGUNERA.**

**POR:**

**OSCAR CRUZ CABALLERO**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO.**

**TORREON, COAHUILA, MEXICO**

**FEBRERO 2014**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL C. OSCAR CRUZ CABALLERO, QUE SE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORES, COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**COMITÉ ASESOR:**

**ASESOR PRINCIPAL:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA**

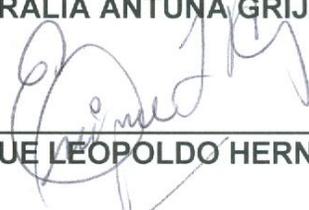
**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**MC. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**ING. ENRIQUE LEOPOLDO HERNÁNDEZ TORRES**

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



Coordinación de la Divi  
Carreras Agronómi

**TORREÓN. COAHUILA, MÉXICO**

**FEBRERO DE 2014**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**

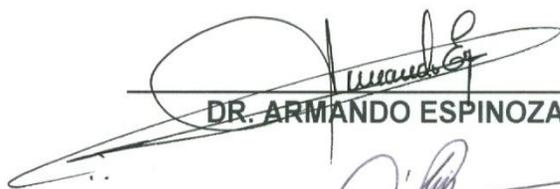
**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL C. OSCAR CRUZ CABALLERO, QUE SE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

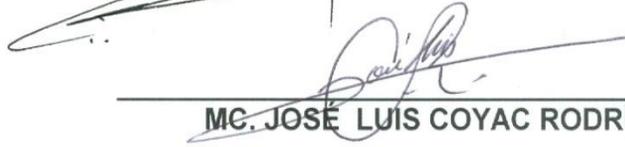
**INGENIERO AGRÓNOMO**

**COMITÉ EXAMINADOR:**

**PRESIDENTE:**

  
DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

**VOCAL:**

  
MC. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ

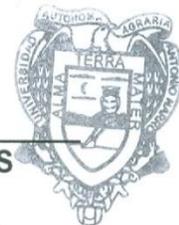
**VOCAL:**

  
DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

**VOCAL  
SUPLENTE:**

  
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

FEBRERO DE 2014

## **DEDICATORIAS.**

### **A DIOS:**

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

### **A MI MADRE:**

Maurilia Caballero Santiago.

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

### **A MIS HERMANOS:**

Martin Cruz Caballero.

Cirino Cruz Caballero.

Maribel Cruz Caballero.

Gladys Cruz Caballero.

Adriana Cruz Caballero

Yanely Denisse cruz caballero.

Por todo el gran cariño que me han brindado, de manera especial que siempre confiaron en mí y depositaron esa confianza en que podría lograrlo.

## **AGRADECIMIENTOS.**

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

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

Al centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (**CIMMYT**) y al proyecto Cooperativo para el Fondo Regional de tecnología Agropecuaria (**FONTAGRO**) en el convenio **CIMMYT- UAAAN**. Y al personal del **CIMMYT**.

## **A MIS ASESORES**

DR. Armando Espinoza Banda, MC. José Luis Coyac Rodríguez, DRA. Oralia Antuna Grijalva, ING. Enrique Leopoldo Hernández Torres, por el tiempo invertido, por sus sugerencias para la realización y conclusión de este trabajo, por la asesoría, por toda su dedicación y apoyo brindado todo este tiempo y sobre todo por su gran confianza.

## **A MIS MAESTROS**

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

## **A MIS COMPAÑEROS.**

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

## INDICE

DEDICATORIAS.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
INDICE DE CUADROS.....	III
INDICE DE FIGURAS.....	IV
RESUMEN.....	V
<b>I.- INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
II.- Objetivos.....	4
Hipótesis.....	4
<b>III.- REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
3.1.- Rendimiento y componentes de interés agronómico.....	5
3.1.1. Exigencia del clima.....	6
3.2.1. Rendimiento de grano.....	7
3.1.3. Estrés Hídrico.....	8
3.2. El estrés Hídrico y el crecimiento reproductivo de maíz.....	9
3.3. Peso Volumétrico.....	11
<b>IV.- MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>13</b>
4.1. Localización geográfica del sitio experimental.....	13
4.2. Material genético.....	13
4.3. Manejo Agronómico.....	14
4.4. Fecha de siembra.....	14
4.5. Instalaciones del sistema de riego.....	14
4.6. Aclareo.....	14

4.7. Fertilización.....	14
4.8. Riego.....	15
4.9. Control de plagas.....	16
4.10. Control de malezas.....	17
4.11. Diseño y parcela experimental.....	17
4.12. Variables agronómicas evaluadas.....	17
4.13. Cosecha.....	17
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>18</b>
4.1. Relación peso de grano vs peso volumétrico.....	19
4.2. Relación del peso olote (PO) y rendimiento de grano (REND).....	21
4.3. Relación de rendimiento de grano (REND) y longitud de mazorca (LM).....	22
4.3. Relación de rendimiento de grano (REND) y diámetro de mazorca.....	24
4.4. Relación del Rendimiento de grano (REND) y diámetro de mazorca (NH).....	26
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>28</b>
<b>BIBLIOGRAFIAS.....</b>	<b>29</b>

## INDICE DE CUADROS.

<b>Cuadro No</b>	<b>Página</b>
4.1. Número de riegos, fecha, tiempo de aplicación a los 400 genotipos evaluados en las dos condiciones riego normal-restringido, 2012.....	15
4.2. Control de plagas, dosis de aplicación, nombre del producto utilizado, fecha de aplicación en los en ensayos de riego normal-sequia.....	16
4.1. Coeficientes de correlación fenotípica de Rendimiento de grano (REND) y cinco componentes del rendimiento en riego normal (RN) y reducido (RR) en 346 genotipos. UAAAN-UL 2012. ....	19

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura.</b>	<b>Página</b>
4.1. Relación del rendimiento de grano y el peso volumétrico (PV) en riego normal (RN) y reducido (RR) en 400 genotipos de maíz. UAAAN-UL 2012.....	21
4.2. Relación de rendimiento de grano ( $t\ ha^{-1}$ ) y peso de olote (g) en riego normal (RN) y reducido (RR) en 346 genotipos de maíz. UAAAN-UL. 2013.....	22
4.3. Relación de rendimiento (REND) y longitud de mazorca (LM) en riego normal (RN) y reducido (RR), en 400 genotipos de maíz. UAAAN-UL 2012.....	24
4.4. Relación de rendimiento de grano (REND) y diámetro de mazorca (DM) en riego normal (RN) y reducido (RR), en 400 genotipos de maíz. UAAAN-UL 2012... .....	25
4.5. Relación de rendimiento (REND) y número de hileras (NH) en riego normal y reducido, en 400 genotipos de maíz. UAAAN-UL 2012.....	27

## RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN-UL), en Torreón Coahuila, México. El objetivo fue cuantificarle rendimiento y sus componentes en 400 accesiones de Maíz (*Zea mays L.*) Provenientes del CIMMYT evaluadas en riego normal y sequía en la Comarca Lagunera. La siembra se realizó el 25 de mayo del 2012 en parcelas de 5 metros a 0.75m entre surco y 0.25m entre planta. Se utilizó un diseño aumentado sin repeticiones en ambos sistemas de riego. Se fertilizó con la fórmula 160-80-00, aplicando el 50% del nitrógeno al momento de la siembra más el 100% del fosforo. La cosecha se realizó el 19 de octubre. Se cuantificó el rendimiento de grano (REND) así como los componentes, diámetro de la mazorca (DM), diámetro del olote (DO), número de hileras (NH), granos por hilera (GH) y peso del olote (PO). Se utilizó el coeficiente de correlación ( $r$ ) para establecer la relación entre las variables y el rendimiento. De los resultados anteriores se concluye: La correlación entre el rendimiento y sus componentes fue de mayor magnitud en riego reducido que en normal. En riego reducido (RR) los componentes PO, DM y NH presentaron los valores más altos y positivos de correlación con REND. En riego normal (RN) con excepción del LM, el resto de los componentes correlacionaron con REND, aunque de menor magnitud. La alta correlación que se observan en RR sugiere que es un mejor ambiente de selección.

**Palabras Clave:** rendimiento de grano, diámetro de mazorca, numero de hileras, granos por hilera, *zea mays L.*

## I. INTRODUCCION

En maíz (*Zea mays* L.) uno de los componentes del rendimiento importantes es el número de mazorcas por planta (Fisher y Palmer, 1985). Una planta prolífica es aquella que desarrolla más de una mazorca en el tallo principal, característica deseable para el arquetipo de maíz. Los genotipos prolíficos establecidos en densidades relativamente altas han permitido incrementar el rendimiento de grano por unidad de área, puesto que muestran mayor tolerancia a la competición entre plantas, por lo que presentan menor porcentaje de plantas sin mazorca o horras (Anderson *et al.*, 1974; Hallauer, 1974).

La planta de maíz determina un número máximo de hileras de la espiga aproximadamente entre los estadios de V5 a V8. El domo meristemático está presente en la punta de la espiga, indicando que el desarrollo de la espiga está aún produciendo nuevas hileras de óvulos a lo largo de ésta. Los dos tercios superiores muestran una serie de hileras simples de óvulos desarrollándose. Esos óvulos eventualmente se dividen y producen pares de hileras desde cada hilera simple. Esta formación de a pares es visible cerca de la base de la espiga. Esta división explica por qué la espiga de maíz siempre tiene un número par de hileras. El lugar donde se inserta la espiga primaria en maíces templados argentinos varía con el genotipo localizándose normalmente en los nudos 13 a 15. El nudo de la espiga primaria es un excelente punto de referencia para determinar cuando comenzó la diferenciación de la espiga. Una guía general es determinar el

nudo que contiene a la espiga primaria, y luego restarle siete. Ese estado vegetativo es aproximadamente cuando el número de hileras de esta espiga está comenzando a establecerse. Herbicidas inhibidores de la división celular, como sulfonilureas, pueden afectar sustancialmente la espiga en formación cuando se aplica durante la formación de óvulos. Para la mayoría de los maíces, esto es mientras la planta está entre V7 y V10. Las plantas de maíz deben metabolizar esos herbicidas para la seguridad de cultivo. La variación en números de hileras por factores ambientales es de escasas magnitud (Bonhome *et al.*, 1984)

La fertilización exitosa del óvulo no asegura el logro de un grano cosechable. El número final de granos que posea la espiga será determinando en pos floración. El aborto de granos fertilizados puede continuar hasta dos o tres semanas después de la floración (Cirilo y Andrade, 1994).

La exitosa fertilización de los óvulos maduros requiere de polen viable que aterrice sobre estigmas receptivos. Existen dos partes básicas en el proceso de la polinización. Primero, polen viable debe de caer los estigmas receptivos y, segundo las barbas deben de sostener la formación de los tubos polínicos que permitan que los gametos masculinos se unan a las gametos femeninas dentro del óvulo. Una larga porción de polen maduro es usualmente liberado de las anteras del maíz a media mañana dependiendo de las condiciones ambientales (la aperturas de las anteras ocurre una vez que éstas no poseen agua libre debido al

rocío). Se necesita un mínimo de 100 granos de polen por centímetro cuadrado por el día para una exitosa polinización en un campo de maíz. El polen puede perder viabilidad en unos pocos minutos si la temperatura del aire es muy alta (aproximadamente 40°C), y/o si la demanda evaporativa (déficit de presión de vapor) es muy alta. Los granos de polen contiene cerca de 60% de agua cuando son liberados y mueren si su contenido de agua desciende hasta aproximadamente 30% (Fonseca y Westgate, 2005).

Durante las dos semanas posteriores a la floración (fase lag de llenado) se acumula poco peso en el grano, pero se determina el peso potencial del mismo; un estrés en este periodo afectará tanto el número de granos como el peso potencial de los granos viables. Durante la etapa efectiva del llenado de grano está determinando por un componente potencial (alta influencia genética “fija” y otro ambiental (condiciones de llenado). Los cambio en el peso de grano por efectos ambientales son modulados por la relación entre la demanda diaria de la espigas para llenar dichos granos y la oferta de carbohidratos que sostengan dicha demanda. Debido al mayor potencial de rendimiento (más demanda), los híbridos modernos de maíz son más dependientes de buenas condiciones durante el llenado de granos para no ver afectado el peso del mismo (Echarte *et al.*, 2006). La intensidad y el momento del estrés durante el llenado condicionan la magnitud de la merma en el rinde (Borras *et al.*, 2004)

## II. **Objetivos**

Valorar y comparar el efecto del estrés hídrico en las relaciones del rendimiento grano y sus componentes.

### **Hipótesis**

H0: El estrés afecta negativamente la relación de los componentes de rendimiento y el rendimiento de grano.

Ha: El estrés no afecta significativamente la relación de los componentes de rendimiento y el rendimiento de grano.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 Rendimiento y componentes de interés agronómico

El rendimiento de grano se genera a lo largo de toda la ontogenia debido al aporte que van realizando distintas estructuras que lo componen. Los componentes morfológicos que intervienen en el rendimiento son: número de granos, el número de hileras por mazorca, longitud de la misma, el número de mazorcas por planta y el número de plantas por área, peso de olote, diámetro de mazorca, etc.(Aguilar y Morales, 2011).

En maíz, el rendimiento, puede expresarse a través de sus componentes numéricos: número de granos (N.G.) por unidad de superficie y peso individual de los mismos (P.G.). El número de granos es el producto del número de plantas por unidad de superficie, el número de espigas (Mazorcas) granadas por plantas y el número de granos por espiga (Mazorca). El peso del grano es función de la duración del periodo de llenado y de la tasa de llenado. El rendimiento (NGxPG) está directamente relacionado a las condiciones a las que está expuesta la planta durante el periodo crítico, entendiéndose por el mismo, al periodo de tiempo en el cual un estrés, ya sea biótico o abiótico, causa las mayores mermas en ese rendimiento. En maíz se considera como período crítico a aquel que tiene una

duración aproximada de 30 días y que tiene como punto medio la floración femenina (R1), Caggiano *et al.*, (2013).

Por lo tanto la forma más correcta de expresar el rendimiento de un cultivo consiste en multiplicar el número de granos por unidad de superficie por su peso medio. Ahora bien, el número de granos por unidad de superficie de cultivo, es función del número de granos por espiga, el número de espigas por planta y el número de plantas por superficie. Por otra parte, el peso medio de los granos resulta del efecto combinado que ejercen dos factores concurrentes: la duración del periodo efectivo de llenado y la tasa de llenado (Andrade, 1996). Dentro de los dos componentes que dan lugar al rendimiento, el número de granos por unidad de superficie es mucho más variable que el peso del grano (Borras *et al.*, 2002).

### **3.1.1 Exigencia del clima**

Maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20° C. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir del 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para el fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C.

### **3.1.2. Rendimiento de grano**

Tadeo R., M. 1994, mencionan que la producción de granos de un cultivo dependerá de la capacidad del mismo en crecer (producir biomasa) y particionar esa biomasa en granos. Para ello debe desarrollar su aparato foliar para interceptar el máximo posible de radiación y alcanzar la máxima tasa de crecimiento unas semanas antes de floración; además el aparato fotosintético debe prolongar su actividad para asegurar un buen llaneado de los granos (senescencia tardía de las hojas) Para satisfacer el segundo requisito debe generar adecuadamente las estructuras reproductivas. Esto ocurre durante las 2-3 semanas previas a la floración, donde se define el máximo número de granos que cada planta puede producir; es muy importante que el cultivo haya alcanzado la máxima tasa de crecimiento en esta etapa.

El número de granos potenciales dependerá del número de espigas y/o mazorcas formadas por unidad de superficie, del número de hileras de granos por espiga (carácter varietal, poco influenciado por el ambiente) y del número de espiguillas por hilera (carácter dependiente del genotipo que puede ser limitado por el ambiente limitado por el ambiente). Durante la floración, la viabilidad de los granos de polen y la receptividad de los estigmas definirá el éxito de la fecundación. Durante los 12-15 días subsiguientes puede haber aborto de granos en formación en la punta de las espigas. Esta etapa es de crucial importancia en el éxito del cultivo, debiendo planificar las siembras de modo que la misma ocurra cuando sean mínimas las probabilidades de ocurrencia de factores adversos. Aun así,

dada la variabilidad interanual que se observa en las condiciones climáticas, es frecuente que las mismas afecten negativamente algunos de los procesos directa o indirectamente relacionados con la generación del rendimiento. El peso final de los granos tiene importancia en la determinación del rendimiento. Si bien diversos autores señalan que incide menos sobre el rendimiento que el número de granos producidos por metro cuadrado, cuando se analizan los cultivares individualmente, se observa que el peso de mil granos explica una parte importante de las variaciones del rendimiento (Tadeo R., M. 1994).

### **3.1.3. Estrés hídrico**

La sequía restringe la fotosíntesis tanto por limitaciones en los estomas o por limitaciones bioquímicas. La señal directa para el cierre de los estomas no se conoce claramente aún, pero los datos obtenidos con la aplicación de un modelo reciente que incorpora señales hormonales de las raíces -ácido ascítico en la corriente del xilema y predice cambios en la demanda valorativa de la conductibilidad estomacal y en el contenido de agua de la hoja, son consistente los datos observados en el maíz (Tardieu y Davis, 1993).

Varios autores han mostrado que el rendimiento en maíz es un carácter complejo, que depende de la interrelación de numerosos factores. Bajo condiciones de sequía se han encontrado correlaciones significativas entre rendimiento y peso de granos, número de granos por espiga, prolificidad (Undersander, 1986); intervalo

entre antesis y emisión de estilos (Fischer *et al.*, 1984); peso y largo de espiga, altura de planta y granos por hilera (Piatti, F. D. 2002.).

El número de espigas por planta (prolificidad) y demás características de la mazorca son objeto de mejora para la obtención de germoplasma con un rendimiento alto y estable en condiciones de estrés (Maita R, J G Coors (1996). Un carácter que tienda a conferir un cierto grado de estabilidad en los rendimientos en condiciones extremas y normales de humedad, puede ser seleccionado para conferir tolerancia a sequía a un determinado genotipo, sin disminuir su potencialidad en condiciones óptimas (Martiniello, 1984). El período crítico en maíz a la escasez de agua con máxima transpiración por parte del cultivo coincide con la etapa de panojamiento Wallace D H, W Yan (1998)

El rendimiento en grano decrece, aproximadamente, un 10% por día de retardo en la emergencia de los estilos, y si éste excede los 10 días, el rendimiento es prácticamente cero (Bolaños *et al*, 1990).

### **3.2. El estrés hídrico y el crecimiento reproductivo del maíz.**

Cuando las plantas experimentan estrés hídrico durante la floración puede ocurrir esterilidad de los granos de polen y/o aborto del embrión, lo que afecta considerablemente los rendimientos (Zinselmeier *et al.*, 1999; Saini y Westgate, 2000). Sin embargo, no está completamente claro si esto se debe a un efecto directo del estrés sobre las estructuras florales o si deriva de la disminución

del suministro de carbohidratos desde las hojas estresadas o a una expresión prematura de ABA (Westgate *et al.*, 1996).

En este sentido, se ha señalado que el suministro de carbohidratos es de fundamental importancia para la floración y la reproducción sexual de las plantas (Lebon *et al.*, 2004).

El desarrollo floral requiere de carbohidratos en el estado de iniciación floral (Yu *et al.*, 2000; Lafitte, 2001a), en la maduración de los órganos florales (Clément *et al.*, 1996; Rodrigo *et al.*, 2000) y para la fijación de frutos o llenado de granos (Ruiz *et al.*, 2001; Lafitte, 2001a; Iglesias *et al.*, 2003). Se ha demostrado que este aporte de carbohidratos está afectado por estreses ambientales como la sequía (Lalonde *et al.*, 1997).

El estrés hídrico igualmente afecta el transporte de nutrientes minerales necesarios para el desarrollo de las estructuras reproductivas. Entre ellos hay que destacar boro, cobre y calcio, elementos que son translocados principalmente gracias a la corriente de transpiración (Sekler, 2003).

Entre los cereales, el maíz es considerado como el más susceptible al estrés por déficit hídrico, principalmente cuando ocurre alrededor de la floración (Bolaños y Edmeades, 1996). Así, se ha señalado que el rendimiento puede reducirse severamente cuando el estrés hídrico ocurre en la misma floración (Grant *et al.*, 1989).

Esta mayor susceptibilidad del maíz es debida a que desarrolla de manera casi sincrónica sus flores. Además, la separación física de sus flores masculinas y femeninas en planta, unido frecuentemente a una separación temporal de las floraciones, hace que tanto el polen como los estilos estén más expuestos a las condiciones ambientales adversas (Araus *et al.*, 2008).

Investigadores como Classen y Shaw (1970) refieren que el estrés hídrico antes o durante la etapa de floración femenina y polinización, reduce el número de granos. Mientras que, cuando ocurre después de la floración femenina se reduce el peso de los granos. En este sentido, se ha observado que bajo condiciones de déficit hídrico la causa más común de una escasa formación de granos parece ser el aborto de los óvulos polinizados (Lafitte, 2001b).

### **3.3. Peso volumétrico**

En otra investigación, Muñoz (2007) al realizar la caracterización de semillas de maíz de diversos genotipos, encontró que HS-2 tuvo un peso de mil semillas de 395 g y un peso hectolitrico de 68 kg hl<sup>-1</sup>. Mientras que el presente estudio este híbrido obtuvo un peso de mil semillas de 366 g y el hectolitrico fue 75.83 kg hl<sup>-1</sup> este último dato puede dar lugar a interpretar que el híbrido tuvo mejores condiciones de producción si estrés ambiental durante la etapa de llenado de grano.

EL CIAT (1980) señala que una semilla es de buena calidad cuando tiene pureza tanto varietal como física, un alto porcentaje de germinación y está libre de

organismos patógenos, tanto externa como internamente. Una semilla de buena calidad permite al agricultor obtener rendimientos significativamente mayores. Es un elemento básico en el trabajo de fitomejoradores, agrónomos y empresas productivas de semillas.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Localización geográfica del sitio experimental**

El presente trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad laguna ubicada en periférico Raúl López Sánchez y carretera Santa Fe, en Torreón Coahuila, México, durante el ciclo primavera- verano del 2012. Como parte del programa de mejoramiento genético en colaboración con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

La Comarca Lagunera se localiza en los 24°30' y 27° de latitud norte y entre los 102° y 104° de longitud Oeste, a una altura de 1,120 msnm. Su clima se clasifica como muy seco con diferencia de lluvias en todas sus estaciones, además cuenta con temperaturas semicalidas con inviernos benignos.

### **4.2 Material genético**

El material genético utilizado en la experimentación fue proporcionados por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) del programa de Descubriendo la Diversidad Genética de la Semilla, (Seeds of Discovery) perteneciente al programa de Recursos Genéticos y consiste de 400 entradas del Experimento de Asociación Genómica o GWAS. El experimento de GWAS es basado en la “Colecta Núcleo de los Mejoradores” del Banco de Germoplasma de

CIMMYT (4471 accesiones). Una accesión es una colecta de maíz de un sitio para conservar un banco de germoplasma

#### **4.3. Manejo agronómico**

La preparación del terreno para el experimento se llevó a cabo el 20 de mayo del 2012 y consistió en un barbecho, seguido del bordeo, paso de rastra y nivelación.

#### **4.4. Fecha de siembra**

La siembra fue el 25 de mayo del 2012; se realizó manualmente de esta forma fueron depositadas 52 semillas en parcelas de 5 metros a una distancia de 0.75m entre surco y a 0.20m entre planta y planta. Se utilizó un diseño en hilera y columna aumentado.

#### **4.5. Instalación del sistema de riego**

El 26 de mayo se instalaron las citillas de goteo en las unidades experimentales.

#### **4.6. Aclareo**

Se hizo a los 20 días después de la siembra (dds), fue una práctica realizada en el experimento a fin de dejar la densidad de población requerida para el experimento; 26 plantas por 5 m de largo.

#### **4.7. 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 Diatómico (11.5-46-00- ) como fuente de fósforo.

#### 4.8. Riegos

El número de riego se presenta en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Número de riegos, fecha, tiempo de aplicación a los 400 genotipos evaluados en las dos condiciones riego normal-restringido, 2012.

No. Riego	Fecha	PSI	RN Hr	R.R hr	No. Riego	Fecha	PSI	R.N hr	R.R hr
1	26-may	5	2	2	14	01-ago	6	8	4
2	29-may	5	2	2	15	05-ago	7	4	2
3	05-jun	5	4	4	16	09-ago	8	4	2
4	17-jun	5	12	12	17	11-ago	5	4	2
5	26-jun	5	2	0	18	15-ago	7	4	2
6	29-jun	5	1	2.4	19	18-ago	10	4	2
7	03-jul	5	2	1	20	22-ago	10	4	0
8	09-jul	5	8	5.3	21	25-ago	9	6	3
9	13-jul	7	6	3	22	28-ago	5	7.3	0
10	20-jul	7	6	0	23	29-ago	7	0	3.3
11	23-jul	10	0	4	24	03-sep	10	3	1.5
12	24-jul	10	9	2	25	06-sep	10	4	2
13	29-jul	7	6	3	26	10-sep	11	4	2

R.N =riego normal, R.R = riego reducido.

#### 4.9. Control de plagas.

**Cuadro 4.2.**Control de plagas, dosis de aplicación, nombre del producto utilizado, fecha de aplicación en los ensayos de riego normal-sequia.

Dosis	Producto	F.A	plaga
20 L H <sub>2</sub> O			
46.8 ml	Clorpirifos	09-jun	G. cogollero
15 ml	Decis forte	15-jun	“
54 ml	Agri cover	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

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.

#### **4.10. Control de malezas.**

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.

#### **4.11. Variables agronómicas evaluadas**

Para el presente trabajo se tomaron datos de los siguientes componentes de rendimiento: Diámetro de la mazorca (DM), diámetro del olote (DO), numero de hileras (NH), granos por hilera (GH), peso del olote (PO) y rendimiento de grano

#### **4.12. Cosecha**

Esta se realizó a partir del 19 de octubre esta consistió en recolectar las mazorcas de cada surco pero dejando como criterio las ultima de cada extremo del surco sin cosechar para dejar el efecto de competencia.

#### **4.13. Coeficiente de correlación**

Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (Little y Hill, 1985) y se graficaron utilizando una tabla de Excell (Window, 2007)

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los coeficientes de correlación fueron de mayor magnitud en riego reducido (RR) que en riego normal (RN) (Cuadro 4.1). El rendimiento de grano (REND) correlacionó positiva y significativamente con peso de olote (PO), longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM) y número de hileras (NH). con excepción de peso volumétrico (PV). El REND, bajo condiciones de estrés se hizo más dependiente de los componentes de rendimiento, lo cual lo hace un ambiente óptimo para la selección de genotipos. Resultados similares encontraron en la magnitud de los coeficientes **Edmeades et al.** (1997) en 32 ensayos de maíz en la estación de Tlaltizapán, Morelos, al evaluar líneas S<sub>1</sub> en riego normal y reducido en floración y en llenado de grano. Recientemente, **Khalily et al. (2010)**, en Irán, encontraron que la sequía aplicada en estado vegetativo en maíz, las correlaciones fenotípicas de características secundarias con rendimiento fueron de menor magnitud que en riego normal, con excepción del número de hileras por mazorca (NH) el cual fue de mayor magnitud e riego reducido.

**Cuadro 4.1.** Coeficientes de correlación fenotípica de Rendimiento de grano (REND) y cinco componentes del rendimiento en riego normal (RN) y reducido (RR) en 346 genotipos. UAAAN-UL 2012.

Riego	PV	PO	LM	DM	NH
<b>Reducido (RR)</b>	0.14ns	0.76**	0.53**	0.72**	0.62**
<b>Normal (RN)</b>	0.38*	0.43*	0.071	0.54**	0.36*

*\*significativo al 0.05 de probabilidad, \*\*= significativo al 0.01 de probabilidad.*

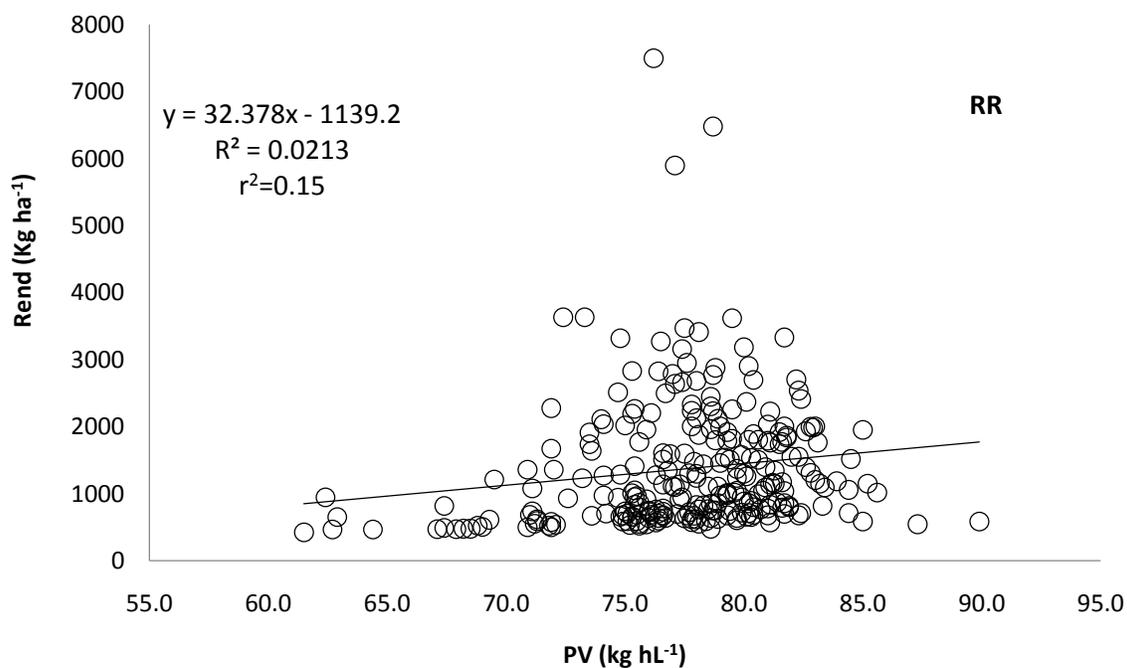
*PV=Peso volumétrico, PO=Peso Olote (g), LM= Longitud de mazorca (cm), DM= Diámetro de mazorca (cm), NH= Numero de hileras.*

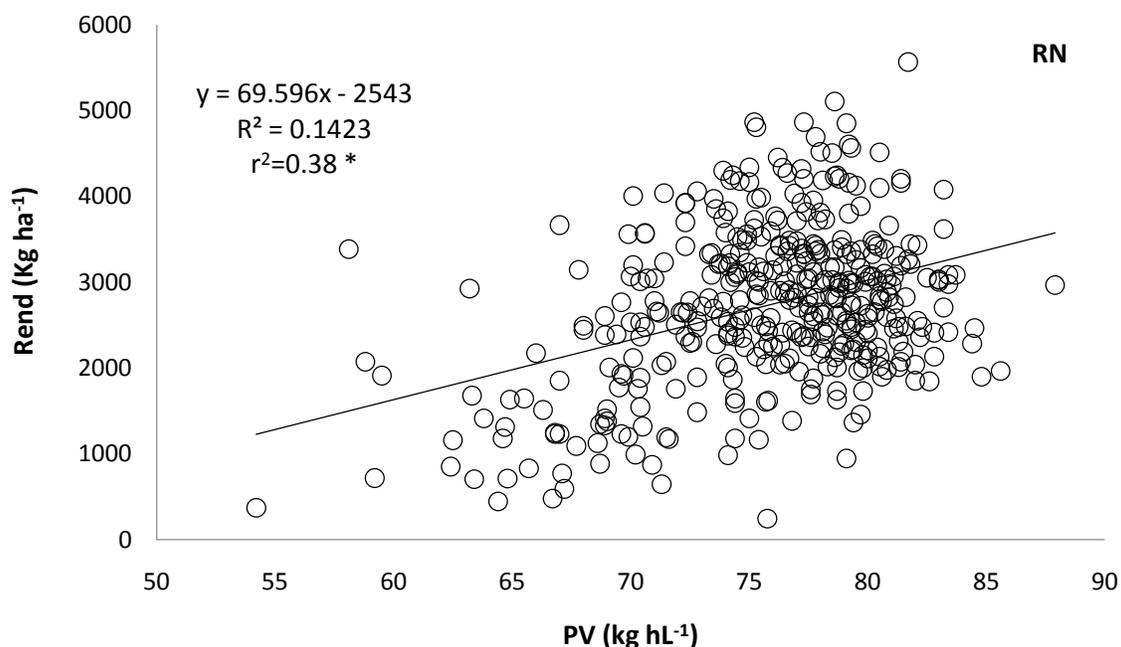
Las relaciones anteriores se muestran y se discuten en las gráficas siguientes:

#### **4.1. Relación peso de grano vs peso volumétrico (PV)**

Respecto a la relación entre Rendimiento y PV, se observa que en riego reducido (RR) estas variables no están relacionadas, en tanto que para riego normal (RN) la relación aunque significativa fue de baja magnitud (Figura 4.1). En riego normal (RN) se observa un incremento en el REND conforme el PV se incrementa. En contraste, e riego reducido (RR) debido al estrés hídrico es probable que haya influido en el peso y tamaño del grano. Con excepción de los tres genotipos que se encuentran en la parte superior del gráfico. El PV en RR presentó una gran variación desde 61.5 a 89.9 Kg hL<sup>-1</sup> lo cual es un reflejo de la diversidad de los

genotipos evaluados. En España, al evaluar híbridos de maíz de diferente ciclo y localidades, los PV oscilaron de 68.7 a 89.3 Kg hL<sup>-1</sup>, similares a los encontrados en el presente estudio (López y Cañadas, 2000). Los mejores rendimientos de grano se observan en el intervalo de 72.4 y 81.7 Kg hL<sup>-1</sup> de PV, donde resaltan los híbridos testigos Bisonte, H431 y P3055W.



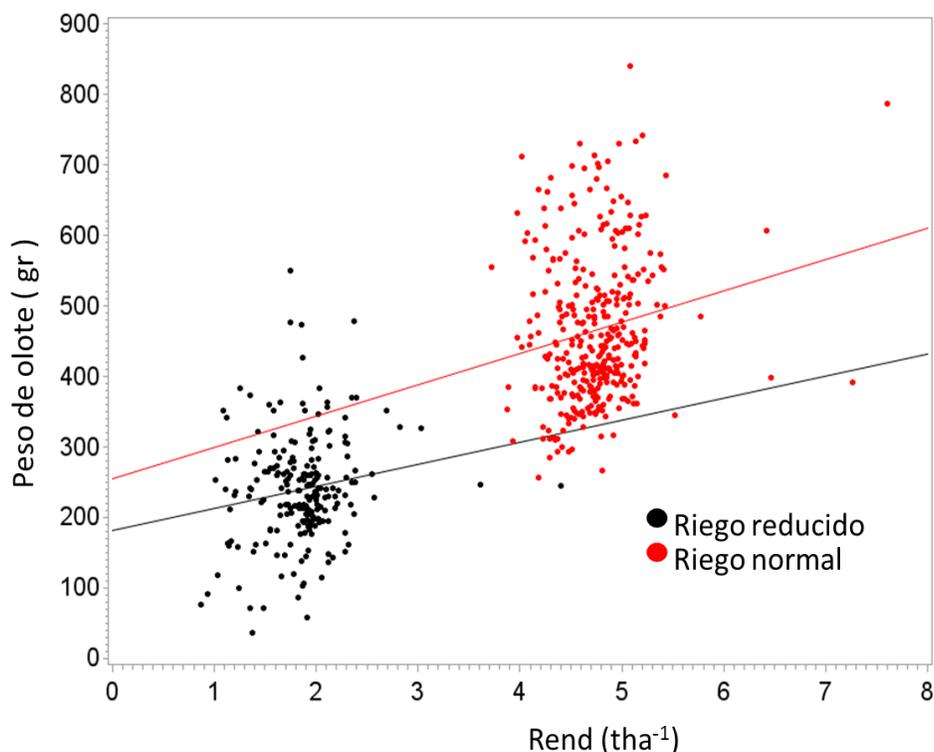


**Figura 4.1.** Relación del rendimiento de grano y el peso volumétrico (PV) en riego normal (RN) y reducido (RR) en 400 genotipos de maíz. UAAAN-UL 2012.

#### 4.2. Relación del Peso olote (PO) y rendimiento de grano (REND).

Se observa que existe una relación lineal entre ambas variables en ambos sistemas de riego (Figura 4.2). Como era de esperarse, en promedio, en condiciones de riego normal (RN) el rendimiento de grano y el peso de olote fueron de mayor magnitud que los observados en riego restringido (RR). En ambas condiciones de riego, el factor de dispersión ó separación de los genotipos fue el peso de olote. La dispersión de los genotipos por el factor rendimiento de grano, es mayor en riego normal (RN) que en reducido (RR), inducido por los genotipos al extremo derecho del eje de las “X” que representan a los testigos.

Estos resultados sugieren que existe entre los genotipos evaluados, una mayor diversidad genética para el peso de olote que para rendimiento de grano.



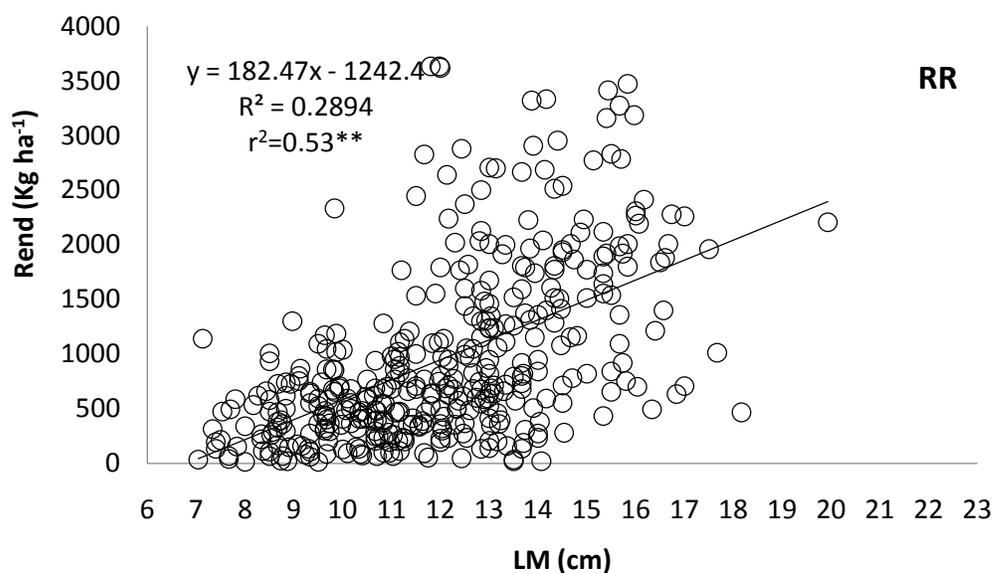
**Figura 4.2.** Relación de rendimiento de grano ( $t\ ha^{-1}$ ) y peso de olote (g) en riego normal (RN) y reducido (RR) en 346 genotipos de maíz. UAAAN-UL. 2013.

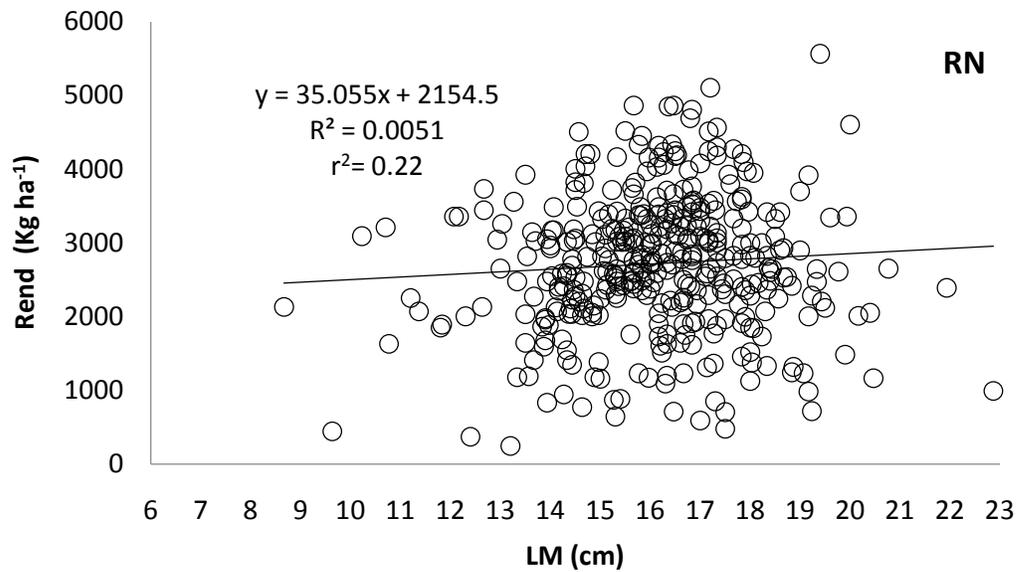
#### **4.3. Relación del rendimiento de grano (REND) y longitud de mazorca (LM).**

En la Figura 4.3, se observa la relación del REND y LM, en la que se aprecia una correlación positiva y altamente significativa entre éstas variables solo en riego reducido (RR), no así en el RN. El estrés aplicado, influyó en la dimensión de la mazorca y ésta con el rendimiento de grano (REND). Se observa que un grupo muy compacto de genotipos de bajo rendimiento del vértice hasta  $1500\ Kg\ ha^{-1}$  y

longitud de mazorca de hasta 14 cm. Otro grupo sobre la línea de regresión de alto rendimiento a partir de los 14 cm de LM y hasta los 3500 Kg ha<sup>-1</sup>.

En contraste, en condiciones de riego normal (RN), no se advierte ésta relación, pues el REND puede estar influenciado por otras variables. Martínez *et al.* (2010) encontraron correlaciones altas y positivas con rendimiento al caracterizar poblaciones de maíz cubano.

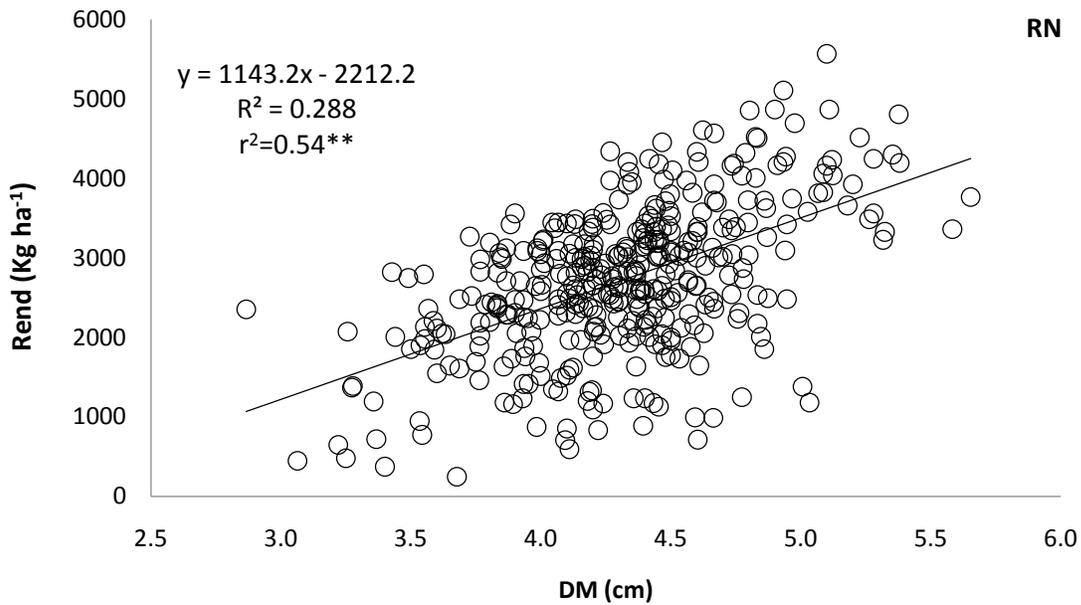
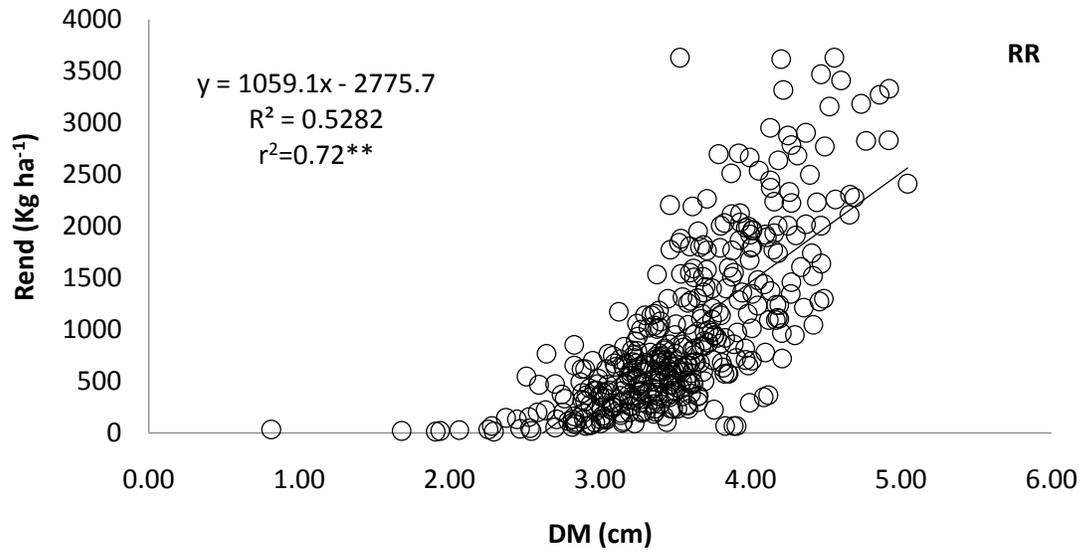




**Figura 4.3.** Relación de rendimiento (REND) y longitud de mazorca (LM) en riego normal (RN) y reducido (RR), en 400 genotipos de maíz. UAAAN-UL 2012.

#### 4.3. Relación del rendimiento de grano (REND) y Diámetro de mazorca (DM).

Se encontraron correlaciones positivas y significativas entre estas dos variables en ambas condiciones de riego. En riego reducido la correlación fue de mayor magnitud con un valor de 0.72, en tanto que en riego normal (RN) fue de 0.54. El DM es una variable que se asocia normalmente con REND (Martínez *et al.*, 2010), pero al parecer las condiciones de estrés acentúan esta relación, igual a lo que se observó en la longitud de mazorca (LM).



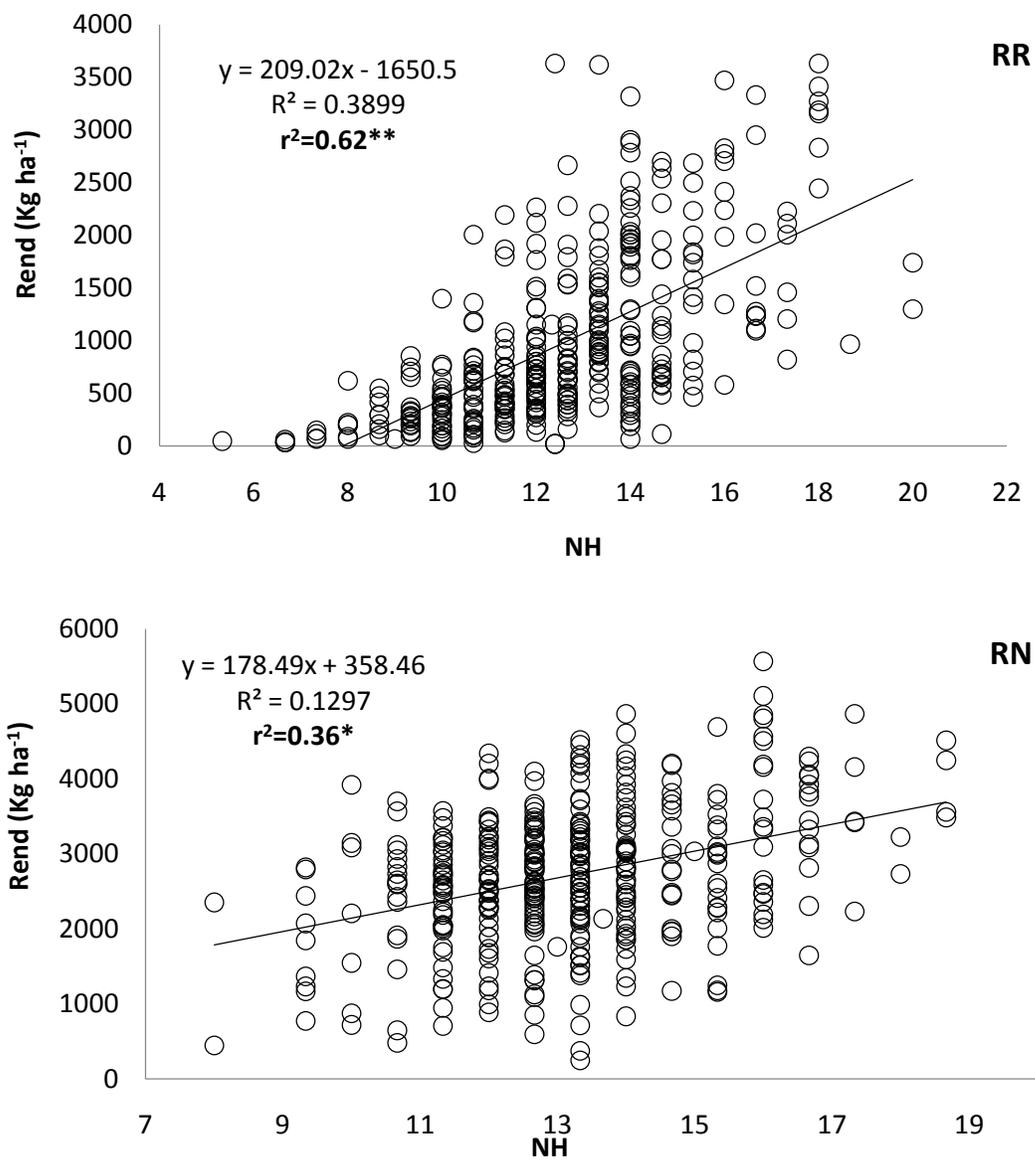
**Figura 4.4.** Relación de rendimiento de grano (REND) y diámetro de mazorca (DM) en riego normal (RN) y reducido (RR), en 400 genotipos de maíz. UAAAN-UL 2012.

#### **4.4. Relación del rendimiento de grano (REND) y Diámetro de mazorca (NH).**

La planta de maíz determina un número máximo de hileras de la espiga aproximadamente entre los estadios de **V5** a **V8**. Ese estado vegetativo es aproximadamente cuando el número de hileras de la futura mazorca está comenzando a establecerse.

La variación en el número de hileras (NH) por factores ambientales es de escasa magnitud (**Bonhome et al., 1984**). Tampoco existe un importante efecto ambiental o de manejo sobre el número de óvulos por hilera (**Andrade et al., 1996**). La producción de óvulos (granos potenciales) tiene un costo energético relativamente bajo para la planta por lo cual estreses ocurridos durante las etapas vegetativas provocan, por lo general, caídas de rendimiento de menor magnitud que si el mismo estrés ocurre alrededor de floración.

**Luna et al. (2007)** en maíces QPM, no encontró relación entre Rendimiento de grano y LM, en cambio ésta variable correlacionó alta y positivamente con DM y peso de grano por mazorca.



**Figura 4.5.** Relación de rendimiento (**Rend**) y número de hileras (**NH**) en riego normal y reducido, en 400 genotipos de maíz. UAAAN-UL 2012.

## V. CONCLUSIONES

De los resultados anteriores se concluye:

- La correlación entre el rendimiento y sus componentes fue de mayor magnitud en riego reducido que en normal.
- En riego reducido (RR) los componentes PO, DM y NH presentaron los valores más altos y positivos de correlación con REND.
- En riego normal (RN) con excepción del LM, el resto de los componentes correlacionaron con REND, aunque de menor magnitud.
- La alta correlación que se observan en RR sugieren que es un mejor ambiente de selección.

## VI.BIBLIOGRAFIA

Aguilar, P N Y y E J Morales R (2011) Biomasa, Rendimiento y Componentes De Diez Cultivares De Maíz. *BuenasTareas.com*. Recuperado 05, 2011, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Biomasa-Rendimiento-y-Componentes-De-Diez/2272371.html>.

Andrade, F, A Cirilo, S Uhart y M Ortegui (1996) Eco fisiología del cultivo de maíz. Editorial Médica Panamericana. 47-142p.

Araus J.L., G.O. Edmeades, C. Sánchez, y M.D. Serret. 2008. Rendimiento y resistencia a sequía en maíz. *En: La adaptación al ambiente y los estreses abióticos en la mejora vegetal*. Eds: Ávila C.M., S.G. Atienza, M. T. Moreno y J. I. Cubero. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. pp. 265

Borrás, L, Curá A J, and Otegui M E (2002). CREA, Maíz: Desarrollo, crecimiento y generación de rendimiento en el cultivo de maíz, pág.4-17.

Caggiano, A, Davico E, Pradolini E y I.Rusconi (2013) Incidencia del daño foliar por granizo sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays L.*). *Revista Agromensajes de la Facultad*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario (35) Zavalla, Argentina.

CIAT (1980) Semilla de frijol de buena calidad 2da. Edición. Centro Internacional Tropical Cali, Colombia. 37p.

Clément C., M. Burrus, and J. Audran. 2001 Floral organ growth and carbohydrate content during pollen development in *Lilium*. *Am. J. Bot.* 83 (4): 459-469.

Ellis, RH, Summerfield, R J, Edmeades G O & Roberts E H (1992) Photoperiod, temperature, and the interval from sowing to tassel initiation in diverse cultivars of maize. *Crop Sci.*, 32: 1225-1232.

Iglesias D., F. Tadeo, E. Primo-Millo, and M. Talón. 2003. Fruit set dependence on carbohydrate availability in citrus trees. *TreePhysiol.* 23 (3): 199-204.

Lafitte H.R. 2001a. Fisiología del maíz tropical. *En: El maíz en los trópicos. Mejora y producción.* R.L. Paliwal, G. Granados, H.R. Lafitte y A.D. Violic (Eds.). Colección FAO: Producción y Protección Vegetal. 28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. p.21-27.

Lalonde S., D. Beebe, and H. Saini. 1997. Early signs of disruption of wheat anther

Lebon G., E. Duchêne, O. Brun, C. Magné, and C. Clément. 2004. Flower abscission and inflorescence carbohydrates in sensitive and non-sensitive cultivars of grapevine. *Sex. PlantRepr.* 17 (1): 71-79.

Little T M y F J Hill (1985) Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. Ed. Trillas, México.

Maita R, J G Coors (1996) Twenty cycles of biparental mass selection for prolificacy in the open pollinated maize population Golden Glow. *Crop Sci.* 36:1527-1532.

Miedema, P (1982) The effects of low temperature on *Zea mays*. *Adv. Agron.*, 35: 93-129.

Muchow, R C (1990) Effect of high temperature on grain-growth in field-grown maize. *Field Crops Res.*, 23: 145-158.

Muñoz, H J A (2007) Rendimiento de grano y su relación con el tamaño de la semilla y la profundidad de siembra en seis variedades de maíz. Tesis de maestría en ciencias, Colegio de Posgraduados, Montecillo, México. 81p.

Piatti, F. D. 2002. Ensayos comparativos de rendimientos. Híbridos de maíz. Estación Experimental Manfredi. INTA. Manfredi. Córdoba. (<http://www.inta.gov.ar/manfredi/info/documentos/docprodveg/15/05/04>).

relation to fruitlet abscission in Citrus. *Ann. Bot.* 87 (6): 805- 812.

Ruiz R., A. Garcia-Luis, C. Honerri, and J. Guardiola. 2001. Carbohydrate availability in

Saini H., and M. Westgate. 2000. Reproductive development in grain crops during

Tadeo R., M. 1994. Nuevos Híbridos. PUMA 1157 y PUMA 1159, Maíces de la UNAM. *In: Agrosíntesis* 23 (2)21-24.

Tardieu y Davis, 1993). Root-shoot communication and whole-plant regulation of water flux. *In* J.A.C. Smith & H. Griffiths, eds. *Water deficits - plant responses from cell to community*, p. 147-162. Oxford, UK, BIOS Scientific Publishers.

Wallace D H, W Yan (1998) Plant breeding and whole-system crop physiology: Improving crop maturity, adaptation and yield. CAB International. New York. 390 p.  
water deficit. Sex. Plant Repr. 10 (1): 40-48.

Fonseca, A E and Westgate M E (2004) Relationship between desiccation and viability of maize pollen. Field Crops Research, 94: 114-125.

Zinselmeier C., J. Byeong-Ryong, and J. Boyer. 1999. Starch and the control of kernel.

