

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



El silicato de aluminio reduce el estrés térmico en el rendimiento de grano de maíz.

POR:

JOSÉ JUAN GONZÁLEZ CHÁVEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MARZO 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

El silicato de aluminio reduce el estrés térmico en el rendimiento de grano de maíz.

POR:

JOSÉ JUAN GONZÁLEZ CHÁVEZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:



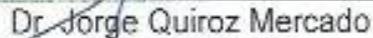
Dra. Oralia Antuna Grijalva
Presidente



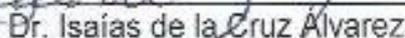
Dr. Armando Espinoza Banda
Vocal



M.C. José Luis Coyac Rodríguez
Vocal



Dr. Jorge Quiroz Mercado
Vocal Suplente



Dr. Isaías de la Cruz Álvarez
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Marzo, 2020

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

El silicato de aluminio reduce el estrés térmico en el rendimiento de grano de maiz.

POR:

JOSÉ JUAN GONZÁLEZ CHÁVEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

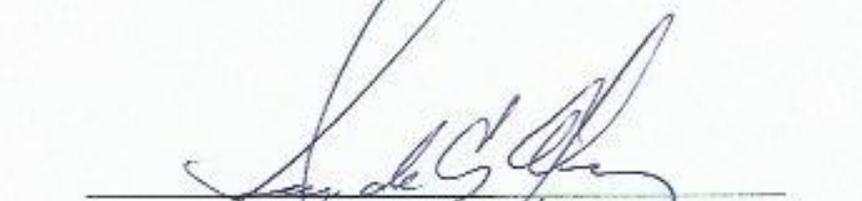
INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dra. Oralia Antuna Grijalva
Asesor principal


Dr. Armando Espinoza Banda
Coasesor


M.C. José Luis Coyac Rodríguez
Coasesor


Dr. Isaías de la Cruz Álvarez
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.
Marzo, 2020

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

AGRADECIMIENTOS

A Dios, y a la virgencita Gracias por haberme dado las armas necesarias para seguir adelante, la capacidad de poder estudiar y la sabiduría para entender las cosas más difíciles. Y por haberme guiado durante todo este tiempo durante mi carrera.

A mis padres, Juan González Uribe y Ma. Josefina Chávez Reséndiz por haberme dado la vida por su amor incondicional, cariño, entusiasmo por su gran apoyo para obtener un logro tan grande en mi vida como es convertirme en un profesionalista y por ser un gran ejemplo a seguir.

A mis hermanos, Francisco González Chávez, Ma. Guadalupe González Chávez, Bernardo González Chávez y José Antonio González Chávez por formar parte de mi familia y por su gran apoyo incondicional.

A mi Alma Mater, por darme la oportunidad de formar parte de ella y por haberme dado la dicha de forjarme como profesionalista.

A la Dra. Oralia Antuna Grijalva, por orientarme, brindarme sus conocimientos durante la realización de este trabajo de investigación de tesis por haberme aceptado en su equipo de trabajo y por todo su gran apoyo y confianza brindada,

Al Dr. Armando Espinoza Banda, por haber sido uno de mis profesores más destacados durante la carrera, que gracias a sus conocimientos brindados me fueron gran ayuda durante este trabajo de investigación.

Al MC. José Luis Coyac Rodríguez, por aceptar ser parte del grupo de asesores.

DEDICATORIAS

A mis padres: Juan González Uribe y Ma. Josefina Chávez Reséndiz que, gracias a su gran esfuerzo, dedicación y mucho sacrificio siempre me han sacado adelante y gracias a sus consejos, valores que me impartieron como padres han querido hacer de mí una persona de bien.

A mis hermanos: Francisco González Chávez, Ma. Guadalupe González Chávez, Bernardo González Chávez y José Antonio González Chávez quienes siempre han estado conmigo apoyándome en todo y cada momento dándome ánimos, fuerzas de seguir adelante y motivándome para ser un profesionalista bien preparado.

A mi novia: María Asunción Reséndiz Chávez quien ha sido la persona que amo que siempre ha estado conmigo en todos los buenos y malos momentos de mi vida por brindarme su cariño, amor, dedicación, comprensión y por su apoyo incondicional.

A mi abuelita: Julia Uribe Álvarez que gracias a sus oraciones de siempre pedir por mí para que siempre me vaya bien en todo momento me han sido de mucha gran inspiración para poder hacer las cosas bien.

A mis amigos: Elisabeth Arellanes Jiménez, Manuel Maclovio Rodríguez Chávez, Jesús Venancio Ojeda Serrano por su gran apoyo y ayuda durante este trabajo de investigación, y a mi gran amigo hermano Raúl Octavio García Sánchez por todo su apoyo brindado durante la carrera ya que fue una de las personas principales que me impulso a seguir estudiando esta carrera.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna durante el ciclo Primavera-Verano del año 2018, donde se evaluó la aplicación química contra el estrés térmico en cuatro híbridos. El diseño experimental fue un diseño de bloques al azar. La parcela experimental consistió en 5 surcos por cada híbrido de 5 m de longitud a una distancia de 0.75 m entre surco y surco, con tres repeticiones una con tratamiento químico y la otra sin el tratamiento por cada parcela del híbrido. La parcela útil fue de 3 m consistió en cosechar un surco central por cada parcela de cada híbrido con el tratamiento químico y la otra sin el tratamiento. Se midieron variables agronómicas de: floración masculina (FM), floración femenina (FF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), hojas arriba de la mazorca (HAM), hojas debajo de la mazorca (HBM), área foliar (AF) y rendimiento de grano (RG). No se presentó diferencia estadística en el tratamiento químico y el manejo convencional de los híbridos.

Palabras claves: *Zea Mays* L, tratamiento químico para estrés térmico, área foliar, días a floración, rendimiento de grano.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
INDICE	iv
INDICE DE CUADROS	vi
I.INTRODUCCION	1
Objetivo	3
Hipotesis	3
II. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Importancia del cultivo de maiz para grano.....	4
2.2 Maíz para grano en la comarca lagunera.....	5
2.3 Estrés térmico a altas temperaturas	5
2.4 Influencia del estrés térmico sobre la fotosíntesis	8
2.5 Las altas temperaturas y la membrana celular	9
2.6 Las altas temperaturas y el estrés hídrico	11
2.7 Efecto de las altas temperaturas en maiz.....	12
2.8 Protectantes solares en cultivos	14
2.9 Antecedentes sobre el uso de protectantes	15
III. MATERIALES Y METODOS	16
3.1 Localización geográfica	16
3.2 Localización del área experimental.....	17
3.3 Material genético	17
3.4 Tratamiento químico	17
3.5 Siembra del lote experimental	17
3.6 Aclareo de plantas	17
3.7 Diseño y parcela experimental	18
3.8 Manejo agronómico del lote experimental	18
3.9 Control de maleza	18
3.11 Riego	19
3.12 Fertilizacion	20

3.13 Cosecha.....	20
3.14 Variables agronómicas evaluadas	20
3.14.1 Días a floración (FM)	20
3.14.2 Días a floración (FF).....	20
3.14.3 Altura de la planta (AP)	21
3.14.4 Altura de la mazorca (AM)	21
3.14.5 Hoja debajo de la mazorca (HDM)	21
3.14.6 Hoja arriba de la mazorca (HAM)	21
3.14.7 Área foliar (AF)	21
3.14.8 Rendimiento de grano (RG)	22
3.14.9 Superficie cosechada.....	22
3.14.10 Constante de la superficie cosechada	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	23
4.1 Análisis de varianza de Caracteres agronómicos.....	23
4.2 Comportamiento promedio de los híbridos	27
V. CONCLUSIONES	30
VI. BIBLIOGRAFIA	31

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de material genético utilizado en el estudio.	17
Cuadro 2. Ingrediente activo del herbicida UAAAN-UL 2018.	18
Cuadro 3. Aplicaciones para el control de plagas. UAAAN-UL 2018.	19
Cuadro 4. Riegos aplicados en el ciclo de maíz. UAAAN-UL 2018.	19
Cuadro 5. Fertilización aplicada en el ciclo de maíz UAAAN-UL 2018.....	20
Cuadro 6. Cuadros medios del análisis de varianza de variables agronómicas.	24
Cuadro 7. Comportamiento promedio de tratamiento químico en variables agronómicas	26
Cuadro 8. Comportamiento promedio en híbridos de maíz.....	29

I.INTRODUCCION

El maíz es el cultivo más importante de México, cada año se siembran 8.5 millones de hectáreas, su producción representa el 60 por ciento con respecto a la producción total de granos. En la Comarca Lagunera, se siembran anualmente 15 000 ha de maíz de grano y 24 000 ha de maíz forrajero. Este cereal es parte fundamental de la alimentación de los mexicanos, por representar la mitad del volumen total de alimentos que se consume cada año y proporcionar a la población cerca de la mitad de las calorías requeridas (Torres *et al.*, 2009).

En condiciones de campo, el maíz se adapta a las variaciones diarias de la temperatura, en un rango térmico que le permite su desarrollo y crecimiento (Bunting *et al.*, 1982). Sin embargo, también puede estar sometido a temperaturas extremadamente elevadas que exceden las temperaturas óptimas y que pueden resultar estresantes. Los niveles de daño ocasionados van a depender, al igual que para otros estreses, de la intensidad, la duración y del momento de ocurrencia del estrés. Se consideran temperaturas estresantes aquellos valores de temperaturas diurnas que superan el valor de óptimo de desarrollo (Warrington y Kanemasu, 1983; Ellis *et al.*, 1992), resultando estas temperaturas diferentes según el ambiente de selección (templados o tropicales) de los genotipos (Fischer *et al.*, 2014). Para genotipos de origen tropical, las temperaturas óptimas son mayores que para los templados, e intermedios para las cruas, variando el rango de temperatura óptima entre 30 y 34 °C (Gilmore y Rogers, 1958; Blacklow, 1972). Por encima de estos rangos y según el momento de ocurrencia, los efectos de altas temperaturas pueden afectar el desarrollo

Fenológico, el crecimiento, la generación del rendimiento, el peso de los granos, la composición química de los granos y la calidad industrial (Cicchino *et al.* 2010 a, b; Edreira *et al.*, 2011, 2012; 2014; Mayer, 2015; Mayer *et al.*, 2014; 2016; Wilhem *et al* 1999).

El problema causado por las altas temperaturas en las plantas es algo que afecta a muchos países, debido a esto se busca una solución a este problema llevó a cabo pruebas que demuestran que con el uso de protectantes solares, se aumenta el rendimiento comercial hasta en un 30%, reduciendo el descarte y fomentando la producción de mayores rendimientos, además, reduce el daño solar hasta un 40% y mejoran la calidad de los cultivos con frutas más grandes y de mejor color, reduce el estrés de la planta entre 20 a 60% y, al mismo tiempo mejora el uso del agua disponible (Purfresh, 2010).

Considerando lo anterior, es importante generar información técnica sobre protectantes solares y su efecto en la producción; por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la aplicación química con respecto al estrés térmico en el rendimiento de grano en maíz.

Objetivo

Evaluar el efecto de la aplicación química contra el golpe de calor en la producción de grano en maíz.

Hipotesis

HO: El silicato de aluminio reduce el efecto contra el golpe de calor y no afecta la producción de grano, en maíz.

Ha: El silicato de aluminio no reduce el efecto contra el golpe de calor y afecta la producción de grano, en maíz.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Importancia del cultivo de maiz para grano

El maíz para grano, es por tradición la base de la alimentación de la sociedad mexicana, realizándose su producción prácticamente en todos los estados de la Republica, bajo un mosaico de formas y procedimientos productivos con diferentes grados de tecnificación y utilización de una amplia variedad de semillas, que se reflejan en las características del producto.

En México la producción de maíz se destina pronominalmente al consumo humano y en menor medida, pero con volúmenes crecientes a lo largo de esta década para el consumo pecuario e industrial. En el consumo humano del grano se observan dos vértices: 1) el consumo propiamente de los productores y sus familias (autoconsumo); y 2) el consumo cuya premisa es su industrialización que permite la generación de productos elaborados. En los procesos industriales del maíz se genera un abanico de productos que van desde tortilla hasta los cereales de mesa, aceites comestibles, frituras, almidones y fructosa.

El maíz también es utilizado como alimento para el ganado en forma directa o es canalizado a la industria de alimentos balanceados, principalmente para aves y cerdos. En este sentido, el maíz es materia prima de actividades industriales específicas, en cuyos procesos productivos hacen posible la ocupación de un buen número de trabajadores, además, de los que directamente laboran en el campo en la producción del grano. La producción del grano se desarrolla pronominalmente en el ciclo Primavera-Verano, bajo la modalidad de temporal.

La importancia del maíz en subsector agrícola se aprecia a través de su alta participación en la dieta nacional, en la superficie sembrada y su peso relativo en el valor de la producción (SAGARPA, 1999).

2.2 Maíz para grano en la comarca lagunera

En la comarca lagunera ubicada en el norte de México, se siembran anualmente 15000 ha de maíz y 24000 ha de maíz forrajero (SAGARPA, 2005), en su mayoría con híbridos comerciales para grano desarrollados por compañías trasnacionales para otras áreas del país. Se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Peña *et al.*, 2010).

El rendimiento de grano promedio para la región lagunera es de 3.3 t ha⁻¹, aun cuando el rendimiento experimental es de 13 t ha⁻¹, por lo que se debe buscar formas de aumentar la calidad y productividad de este cultivo, mediante caracterización de los mejores híbridos alto rendimiento (Wang *et al.*, 2004).

2.3 Estrés térmico a altas temperaturas

Temperaturas Las variaciones en las condiciones ambientales pueden llegar a imponer serias restricciones para el crecimiento y desarrollo de los vegetales y, por lo tanto, provocar sobre ellos situaciones de estrés. El concepto de estrés implica la presencia de un factor externo a la planta, provocado por el medio ambiente cambiante, que ejerce una influencia Caolín (Silicato de Aluminio) sobre su crecimiento y desarrollo óptimos (Raffo, 2004).

La temperatura es una de las principales variables ecológicas que afectan la distribución y diversidad de las plantas en el planeta; de esta manera, la temperatura alta es uno de los principales factores que limitan la productividad de los cultivos, especialmente cuando esta condición coincide con etapas críticas

de su desarrollo. Los cambios drásticos en la temperatura pueden actuar directamente modificando los procesos fisiológicos, principalmente la fotosíntesis, e indirectamente, produciendo un patrón alterado del desarrollo, subsecuente a la imposición del cambio en la temperatura (Downton y Slatyer, 1972),

La primera respuesta de las plantas al impacto del estrés por temperatura alta se traduce en una reducción en la duración de todas las etapas de desarrollo, además de causar reducciones en el tamaño de sus órganos y finalmente disminuir el rendimiento. Las plantas sólo pueden desarrollarse entre sus umbrales térmicos, o temperaturas mínimas y máximas, variando según la especie, y se maximiza cuando se presentan temperaturas óptimas (Ortiz, 1987).

Cuando ocurre un estrés por alta temperatura, los fotoasimilados para el crecimiento son limitados, ocasionando reducciones del desarrollo de órganos de la planta como hojas, tallo y meristemas. Existe una evidente sensibilidad de los procesos metabólicos a la alta temperatura, los cuales pueden verse reflejados en una disminución del ciclo de vida de la planta, la mayoría de las plantas reducen su crecimiento a temperaturas superiores a 40°C o inferiores a 10°C (Reynolds *et al.*, 2000).

Las plantas presentan una curva de respuesta a la temperatura, con un óptimo que determina una tasa de crecimiento máxima y un rango de temperatura máxima y mínima fuera del cual el desarrollo se detiene. Los valores

de temperatura máximas y mínimas críticas y óptimas son variables, dependiendo de la especie y de la etapa de desarrollo en estudio (Raffo, 2004).

Gong *et al.* (1997) demostraron a través de mediciones de las actividades de las enzimas antioxidantes y lípidos peroxidantes, que el estrés por calor induce a un estrés oxidativo en las plantas. Por otra parte, la presencia de una temperatura alta en un rango de 35 a 40°C durante el período de llenado de grano, en especies de plantas como trigo, afecta negativamente la acumulación de materia seca y proteínas en las diferentes partes de la planta.

Existen otros factores, además de la exposición directa a los rayos del sol, que afectan la temperatura que alcanzan los frutos. Así, por ejemplo, la pigmentación de la piel puede provocar un mayor aumento de la temperatura, registrándose valores más altos en frutos coloreados y menores en los verdes. También es de destacar un importante mecanismo que regula la temperatura de los tejidos, que es la transpiración. Existen diferencias entre el potencial evaporativo de refrigeración de los tejidos de los frutos y los de las hojas, lo cual explica por qué éstos llegan a temperaturas tan altas, en tanto que en las hojas son considerablemente menores (Raffo, 2004).

Los órganos de las plantas pueden tener temperaturas tanto superiores como inferiores a las del aire que las rodea. La temperatura depende principalmente del color, posición relativa de la superficie soleada en relación al

peso y capacidad de transpiración y estado hídrico del órgano. Los frutos frescos pueden sufrir quemaduras producidas por temperaturas excesivas. Tales frutos pierden agua, pero no controlan la temperatura vía el enfriamiento por transpiración al mismo nivel que el realizado por las hojas, además poseen comparativamente una baja relación de superficie a volumen (Raffo, 2004).

2.4 Influencia del estrés térmico sobre la fotosíntesis

Desde el punto de vista fisiológico el principal proceso que afecta la temperatura es la fotosíntesis. La temperatura también afecta procesos de desarrollo tanto en valores relativamente bajos (vernalización) como en valores moderados (sumas térmicas) (Crafts y Salvucci, 2004).

Christiansen (1978) señala que el efecto de las temperaturas altas causa, por un lado, un descontrol en los iones del agua, impidiendo el movimiento de solutos a través de las membranas de las células, y por otro, induce cambios en los procesos fisiológicos y bioquímicos incluyendo la fotosíntesis, respiración, actividad enzimática, estabilidad de la membrana celular y por último el crecimiento.

Otros estudios fisiológicos han demostrado que cuando aumenta la temperatura se produce una aceleración en la senescencia de las hojas, disminuyendo el período de actividad fotosintética (Plaut *et al.*, 2004).

Al respecto Reynolds *et al.* (2000), señalan que la tolerancia al calor está asociada a la característica de “staygreen”, la cual contribuye a mantener una mayor duración del aparato fotosintético.

Aparte de los requerimientos fotoperiódicos, algunas plantas requieren que una vez superada la fase juvenil de un cierto período de bajas temperaturas para inducir la floración. En algunos cultivos estos requerimientos deben ser satisfechos para dar inicio al crecimiento del órgano de interés comercial, como es el caso de la cebolla para bulbo o la coliflor por ejemplo. En otros los cumplimientos de estos requerimientos pueden dar lugar a importantes pérdidas en términos de producto comercial como es el caso del apio, la zanahoria, acelga, espinaca entre otros (Reynolds *et al.*, 2000).

2.5 Las altas temperaturas y la membrana celular

La naturaleza del daño por calor es complicada. Inicialmente, como la temperatura se incrementa, se alcanza un punto donde la energía generada por el proceso fotosintético no supera las pérdidas provocadas por la respiración y el crecimiento se detiene. Sin embargo, la persistencia de muy altas temperaturas ocasiona lesiones metabólicas o interrupciones en las rutas metabólicas normales. En este aspecto, posiblemente la desnaturalización de las proteínas y tal vez de los lípidos resulten una consecuencia directa del daño por calor.

El efecto primario es probable que sea un daño en membranas, el cual puede resultar en una pérdida de electrolitos y un daño en las enzimas ligadas a membranas. Presumiblemente algunos metabolitos esenciales no son formados o son bloqueados no pudiendo ocurrir la secuencia normal de reacciones

bioquímicas. El metabolismo del nitrógeno puede ser interrumpido permitiendo la acumulación tóxica de altos niveles de NH_3 .

La respiración anaeróbica puede resultar produciendo cantidades tóxicas de etanol, acetaldehído y otros químicos (Bouzo, 2010).

La capacidad de resistencia de las plantas a la temperatura alta, involucra una serie de reacciones y mecanismos complejos, siendo la membrana celular uno de los sitios de mayor importancia en la resistencia al estrés (Blum, 2018). Ibrahim y Quick (2001) sugieren que los efectos ocasionados por la temperatura alta pueden llegar a determinarse mediante la termo-estabilidad de la membrana celular (TMC). Dicha metodología plantea el hecho de que el daño ocasionado por las temperaturas altas puede ser expresado en porcentajes, lo cual da ventajas para su interpretación.

La capacidad de algunas plantas para resistir a una temperatura alta, está estrechamente correlacionado con el potencial genético que posean para esta característica; se ha determinado, mediante investigaciones sobre la TMC, que su capacidad para resistir una temperatura alta está controlada por un grupo reducido de genes y además, se ha encontrado variabilidad genética en diferentes cultivos, lo cual sugiere que este carácter podría ser utilizado como un criterio de selección en la búsqueda de materiales resistentes a dicho estrés (Ibrahim y Quick, 2001).

Ibrahim y Quick (2001) mencionan que, de acuerdo a los resultados obtenidos en su trabajo, la termo-estabilidad de la membrana podría ser un buen criterio de selección para genotipos resistentes al calor, ya que contempla la variabilidad genética existente en las plantas.

2.6 Las altas temperaturas y el estrés hídrico

El estrés hídrico ocurre antes que el estrés térmico, ya sea por falta de riego o baja precipitación. La ocurrencia simultánea de temperatura alta y estrés hídrico a menudo se presenta en algunas regiones del mundo; cuando esto ocurre en la fase de llenado del fruto, puede provocar reducciones significativas en el rendimiento. A pesar del daño producido por estos dos factores es difícil distinguir cuál de ellos provoca una mayor reducción sobre el rendimiento, ya que existe mucha similitud en la respuesta de las plantas a estos factores (Kobata *et al.*, 1992).

El estrés hídrico y el estrés por alta temperatura 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 (Jiang y Huang, 2000).

Los efectos combinados de sequía y estrés térmico son asociados con daños a la membrana celular, fotosíntesis y al sistema antioxidante; si bien existen trabajos enfocados al efecto de estos dos factores sobre el crecimiento y actividades fisiológicas, poco se sabe aún sobre la recuperación de las funciones fisiológicas (Wang y Huang, 2004).

El estrés hídrico ocasiona que las células pierdan su turgencia, por lo que el mantenimiento de un estado hídrico favorable puede llegar a tener efectos positivos para disminuir el estrés provocado por la temperatura alta (Graves *et al.*, 1991). Al respecto, Paz *et al.* (2001), señalan que el estrés hídrico tiene

efectos negativos sobre la síntesis de proteínas en las plantas, por lo que es posible que la capacidad de resistencia de un genotipo a estrés hídrico, pudiera estar relacionada de alguna manera con la capacidad de síntesis de cierto tipo de proteínas.

En base a estudios enfocados hacia el efecto que ocasiona la temperatura alta sobre las plantas, se ha podido determinar que uno de los aspectos que explican el comportamiento de plantas tolerantes, es la capacidad para inducir la síntesis de las llamadas proteínas de choque térmico, las cuales previenen la desnaturalización y degradación de proteínas y enzimas celulares (Young *et. al.*, 2001).

2.7 Efecto de las altas temperaturas en maíz

El funcionamiento de las plantas y el cultivo de maíz puede ser muy afectado por eventos puntuales de temperaturas sub o supra-óptimas. Las altas temperaturas o golpes de calor pueden tener un muy alto impacto en el rendimiento de maíz, comparable con el de un déficit hídrico.

Las altas temperaturas pueden afectar el llenado, pero menos que cuando ocurren en floración. Las altas temperaturas o “golpes de calor” reducen el rendimiento de maíz tanto por su efecto sobre el crecimiento como sobre el desarrollo.

El nivel de afectación está asociado al comportamiento de las temperaturas (valores alcanzados, persistencia de las altas temperaturas) y del cultivo (fenología, genética, etc.).

Las altas temperaturas generan caídas de rendimiento por disminución del número de granos y por acortamiento de etapas. El efecto negativo más

importante ocurre cuando las altas temperaturas se dan cercanas a la floración. En esa situación, puede verse afectada conjuntamente la viabilidad del polen, el llenado y la tasa de crecimiento y esto genera las caídas en el número de granos.

Hay experimentos recientes que han mostrado que los golpes de calor (temperaturas de 33 a 40°C por 15 días) pueden reducir más de 5000 kg ha⁻¹ el rendimiento potencial cuando ocurren cerca de floración, incluso en situaciones en que se garantiza la disponibilidad de agua y de polen viable. No obstante, el efecto es diferente según los híbridos (el efecto fue menor en híbridos tropicales).

Las temperaturas explican parte de las variaciones de rendimiento de maíz. Como ante todo estrés, para minimizar el efecto negativo de temperaturas no-óptimas se pueden adoptar estrategias de tolerancia o escape. Por ejemplo, los materiales tropicales tolerarían mejores golpes de calor. Asimismo, el cambio de maíz tardío a maíz temprano, permitiría escapar (o al menos disminuir las probabilidades) de golpes de calor cercanos a floración.

Sin embargo, los maíces tardíos están expuestos a mayores riesgos de temperaturas sub-óptimas durante el llenado. La correcta elección de la fecha de siembra e híbrido, informada por pronósticos climáticos, seguramente ayudará a disminuir probabilidades de efectos negativos de temperaturas por fuera del

rango óptimo. <https://www.revistachacra.com.ar/nota/la-temperatura-importa-y-mucho/>.

2.8 Protectantes solares en cultivos

La luz solar, si bien es esencial para la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas, a veces puede ser demasiada en cuanto a la radiación ultravioleta (UV) e infrarroja (IR). Los niveles excesivos de radiación solar pueden comprometer la salud de los cultivos y ocasionar daños solares visibles, así como estrés térmico. Estas condiciones, que suelen recibir el nombre de condiciones de estrés solar, en la actualidad se reconocen como una amenaza grave para el valor de los cultivos. Se ha demostrado que las condiciones de estrés solar explican pérdidas del rendimiento comercializable (Purfresh, 2010).

Los protectantes solares, están diseñados con tecnología avanzada de reflectancia (Advanced Reflectance Technology, ART), para ofrecer protección superior contra el estrés solar. Se ha demostrado que los protectores solares protegen a las plantas de la radiación ultravioleta (UV) e infrarroja (IR), sin afectar el proceso de la fotosíntesis. Especialmente formulados para un uso fácil, estos productos basados en calcio, son fáciles de mezclar, aplicar y luego quitar, y además son altamente compatibles con otros productos para protección de los cultivos. La incorporación de un protector solar como parte de un programa de aplicaciones preventivas, para producción convencional u orgánica, ayuda a maximizar el valor de cada hectárea que se trata (Purfresh, 2010).

Probados en todo el mundo sobre diversos cultivos, se ha demostrado que los protectores solares: (Purfresh, 2010).

- Aumentan el rendimiento comercializable reduciendo el descarte y fomentando una mejor salud y mayor producción de los cultivos.
- Reducen el daño solar y mejoran la calidad de los cultivos con frutas más grandes y/o de mejor color.
- Reducen el estrés de la planta y al mismo tiempo mejoran el uso del agua disponible.

2.9 Antecedentes sobre el uso de protectantes

En Guatemala la utilización de protectantes solares con el fin de disminuir el estrés térmico en las plantas es algo relativamente nuevo; sin embargo, en el año 2008 se inicia la implementación de los mismos en los cultivos de las zonas áridas y de temperaturas altas de los países de México y Estados Unidos (Purfresh, 2010).

La Universidad de Florida evaluó algunos protectantes solares hechos a partir de caolinita y caliza en el cultivo de tomate, obteniendo como resultado un 44% de reducción del daño solar en los frutos, y 8.5% de incremento del rendimiento comercializable, ya que mantiene a las plantas 3.89 a 5.56 grados centígrados más frescas reflejando el calor infrarrojo, disminuyendo el estrés de la planta y permitiendo que continúen los procesos fisiológicos básicos a altas temperaturas cuando normalmente se verían interrumpidos (Purfresh, 2010).

A pesar de que las altas temperaturas son un factor de estrés para las plantas, sus efectos sobre el crecimiento y calidad de los frutos no siempre son negativos. Los tratamientos térmicos efectuados en post cosecha, son un ejemplo de ello. Mediante el control de las altas temperaturas aplicadas, se

pueden lograr efectos beneficiosos en cuanto a calidad y conservación de la fruta.

Actualmente se están evaluando en diferentes países protectores solares a base de caolín (arcilla) y caliza para evitar el estrés térmico de las plantas y para disminuir la temperatura de los frutos expuestos a los rayos solares y atenuar el asoleamiento. También el enfriamiento por medio de riegos por aspersión, es una herramienta probada que disminuye la temperatura de los frutos, pero queda aún ajustar los momentos en los cuales se debe aplicar, la duración de los mismos, etc. Estas herramientas, sumadas a las prácticas adecuadas de manejo y empleo de variedades menos susceptibles, deberán ser tenidas en cuenta para disminuir la incidencia de daño de fruta por golpe de sol o estrés térmico (Purfresh, 2010).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización geográfica

La Comarca Lagunera se encuentra localizada en la porción suroeste del estado de Coahuila y al Noroeste del estado de Durango, entre los paralelos 26°51'00" y 24°22'48" de latitud norte y los meridianos 101°51'36" y 104°48'36" al oeste de Greenwich. El clima es muy seco con deficiencias de lluvia en todas las estaciones del año y presenta temperaturas semicálidas, con una precipitación de 220 mm por año e inviernos benignos (Santamaría *et al.*, 2006).

3.2 Localización del área experimental

El estudio se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez km 2, C.P. 27059, Torreón Coahuila., localizada entre los paralelos 25°33'00" de latitud norte y entre los 102° y 103°40' de latitud oeste del meridiano de Greenwich a una altitud de 1.100 a 1.400 msnm, (Santamaría *et al.*, 2006).

3.3 Material genético

Se utilizaron cuatro híbridos comerciales de maíz (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de material genético utilizado en el estudio.

Híbrido	Ciclo vegetativo	Días a floración (dds)	Alturas	
			Planta (cm)	Mazorca (cm)
Euros	Intermedio	62-70	250-275	130-140
9209W	Intermedio	65	210-240	125
Arrayán	Intermedio	70-72	215	112
Galáctico	Intermedio	63-65	240-250	

3.4 Tratamiento químico

Caolín (Silicato de Aluminio) protector de cultivos agrícolas.

3.5 Siembra del lote experimental

La siembra se realizó el 23 de abril del 2018, en un suelo seco, se llevó a cabo en forma manual, depositando dos semillas por punto de siembra.

3.6 Aclareo de plantas

El aclareo de plantas se realizó a los 22 días después de la siembra, dejando una sola planta con más vigor.

3.7 Diseño y parcela experimental

El diseño experimental fue un diseño bifactorial. La parcela experimental consistió en 5 surcos de 5 m de longitud con una distancia de 0.75 m entre surco y surco, con tres repeticiones una con tratamiento químico y la otra sin el tratamiento. La parcela útil fue de 3 m longitud, se cosecho un surco central por cada parcela de cada híbrido con el tratamiento químico y la otra sin el tratamiento.

3.8 Manejo agronómico del lote experimental

Consistió en la realización de un barbecho, rastra, nivelación, y trazos de surcos.

3.9 Control de maleza

En el control de maleza se realizó una aplicación de un producto químico PRIMAGRAN GOLD 660 SC 5L de $i.a.ha^{-1}$ herbicida preemergente, y además se realizó una escarda a los 30 dds con la finalidad de aporcar y eliminar las malas hierbas que se encontraron dentro de los surcos de las parcelas.

Cuadro 2. Ingrediente activo del herbicida UAAAN-UL 2018.

Ingrediente activo	Dosis (L Ha)	Fecha de aplicación
---------------------------	---------------------	----------------------------

3.10 Control de plagas el control de plagas se describe en el Cuadro 3.

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) fue la principal plaga que se presentó durante el desarrollo del cultivo, se realizaron aplicaciones de dos productos químicos: KENDO 200 ml de i.a.ha⁻¹, CORAGEN 20 SC 100 ml de i.a.ha⁻¹ y una aplicación del insecticida SUNFIRE 2 SC 250 ml de i.a.ha⁻¹ para combatir el daño por araña roja (*Tetranychus Urticae*).

Cuadro 3. Aplicaciones para el control de plagas. UAAAN-UL 2018.

3.11 Riego

Los riegos se realizaron por medio de cintilla. Estos se realizaron en las etapas críticas y de mayor demanda del cultivo.

Cuadro 4. Riegos aplicados en el ciclo de maíz. UAAAN-UL 2018.

	Riego	Fecha		
	1	24-abril-18		
	2	28-abril-18		
	3	08-mayo-18		
	4	13-mayo-18		
Ingrediente activo	Dosis (L Ha)	plaga	fecha	
	5	26-mayo-18		
	6	02-junio-18		
Kendo-lambda cyhalotrina	200 ml	Spodoptera frugiperda	03-mayo-18	
Du pont coragen clorantraniliprol	75 a 125 ml	Spodoptera frugiperda	08-mayo-18	
Du pont coragen-clorantraniliprol	75 a 125 ml	Spodoptera frugiperda	15-mayo-18	
Du pont coragen-clorantraniliprol	75 a 125 ml	Spodoptera frugiperda	02-junio-18	
SUNFIRE(insecticida acaricida)	250 a 500ml	Tetranychus urticae	05-junio-18	
GLANCE (abamectina)	500 ml	Tetranychus urticae	12-junio-18	

3.12 Fertilización

Se realizaron 5 fertilizaciones, aplicándose con un inyector tipo Venturi a través del riego con una dosis de 180-100-0 NPK, para todo el ciclo. través del riego con una dosis de 180-100-0 NPK, para todo el ciclo.

Cuadro 5. Fertilización aplicada en el ciclo de maíz UAAAN-UL 2018.

Fertilizante	Fecha de aplicación
Sulfato de amonio (NH ₄) ₂ SO ₄)	07-mayo-2018
Ácido fosfórico (H ₂ PO ₄)	07-mayo-2018
Ácido fosfórico (H ₂ PO ₄)	02-junio-2018
Sulfato de amonio (NH ₄) ₂ SO ₄)	02-junio-2018
Sulfato de amonio (NH ₄) ₂ SO ₄)	30-junio-2018
Ácido fosfórico (H ₂ PO ₄)	09-julio-2018

3.13 Cosecha

La cosecha se realizó de manera manual, el día 29 de Agosto de 2018, donde se cosecharon las mazorcas de cada material que se encontraban en competencia completa, dentro de la parcela útil (3m) de cada parcela experimental.

3.14 Variables agronómicas evaluadas

3.14.1 Días a floración (FM)

Se determinó en cada parcela, cuantificando los días desde la siembra hasta que la flor masculina (espiga) presento un 50% de abertura y/o liberación de polen.

3.14.2 Días a floración (FF)

Este dato se obtuvo de cada parcela, considerando desde el día de siembra hasta que la flor femenina (jilote) presentaba el 50% de estigmas receptivos.

3.14.3 Altura de la planta (AP)

La altura se tomó con ayuda de un estadal de aluminio, se midió a partir de la base del tallo hasta la última hoja de la planta, esto se realizó tomando tres plantas al azar con competencia completa en la parcela útil de cada tratamiento, el resultado se expresó en m.

3.14.4 Altura de la mazorca (AM)

Esta variable se tomó desde la base del tallo de la planta hasta el nudo de inserción de la mazorca principal, se expresó en m.

3.14.5 Hoja debajo de la mazorca (HDM)

Se contó el número total de hojas de cada planta, desde la base del tallo hasta debajo de la mazorca principal.

3.14.6 Hoja arriba de la mazorca (HAM)

Las hojas se contabilizaron a partir de arriba de la mazorca principal hasta la última hoja de la planta.

3.14.7 Área foliar (AF)

La estimación del área foliar fue a partir de la medida directa de las dimensiones de los órganos implicados especialmente el largo y ancho de la hoja.

Longitud de hoja (L): Se midió desde la aurícula hasta el ápice de la hoja central.

Ancho de hoja (A): Se midió el centro de la lámina de la hoja.

Para calcular el área foliar:

$$AF = (L \times A) * 0.75$$

Dónde: el factor 0.75, es la corrección que se le quita al área (L x A), por no ser un cuadrilátero perfecto (Montgomery, 1911).

3.14.8 Rendimiento de grano (RG)

El Rendimiento de Grano se calculó con la siguiente formula y se expresó en kg ha⁻¹.

$$FH \text{ RG} = PG * CSC * 100 / FH$$

Dónde: RG: rendimiento de grano, PG: peso de grano, CSC: constante de la superficie cosechada y FH: factor de humedad.

3.14.9 Superficie cosechada

La superficie cosechada fue determinada con la siguiente formula:
SC=número de surcos*longitud de surco cosechado*ancho de surco cosechado.

3.14.10 Constante de la superficie cosechada

La constante de la superficie cosechada fue determinada con la siguiente formula:

$$CSC = \frac{10000}{SC} / 1000$$

Donde: SC= Superficie cosechada.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Análisis de varianza de Caracteres agronómicos

En el Cuadro 6, se encuentran los cuadrados medios obtenidos del análisis de varianza, así como las significancias estadísticas ($P \geq 0.05$ y $P \geq 0.01$) para las variables de floración masculina (FM), floración femenina (FF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), altura de planta (AP), área foliar (AF) y hojas debajo de la mazorca (HABM) en la fuente de variación híbridos (Híb).

En rendimiento de grano (RG) se presentó diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$) para los tratamientos (Trat), contrario al resto de las variables ya que estas señalan un comportamiento similar en el análisis de varianza al indicar los cuadrados medios efectos no significativos ($P \leq 0.05$).

No se presentó interacción en repetición por híbridos (Rep/Híb) y en

FV	gl	FM	FF	AM	AP	RG	AF	HABM	HAM
Rep(Hib)	8	0.70ns	39.0ns	0.005ns	0.004ns	1.54ns	0.012ns	0.20ns	0.20ns
Hib	3	42.94**	157.61*	0.18**	0.25**	1.10ns	0.027*	2.44**	0.26ns
Trat	1	0.16ns	42.66ns	0.0003ns	0.0001ns	8.61*	0.00006ns	0.16ns	0.04ns
Hib*Trat	3	1.16ns	37.66ns	0.006ns	0.0005ns	1.41ns	0.003ns	0.16ns	0.26ns
Error	8	1.04	38.41	0.0098	0.041	1.42	0.008	0.29	0.20
Total	23								
CV (%)		1.55	8.84	9.03	3.56	17.85	12.83	10.80	6.55

híbridos por tratamiento (Hib*Trat) ya que no hubo diferencias significativas

($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$) en ninguna de las variables evaluadas.

Los porcentajes de los coeficientes de variación (CV) en el análisis de varianza oscilaron de 17.84% a 1.55%, los cuales se consideraron aceptables de acuerdo con Martínez (1994) quien señala que los coeficientes de variación (CV) en experimentos uniformes de maíz, trigo y caña de azúcar no deben de exceder del 20%.

Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables agronómicas.

FV= Fuentes de variación, gl= grados de libertad, FM= Floración masculinas, FF= Floración femeninas, AM= Altura de mazorca, AP= Altura de planta, RG= Rendimiento de grano, AF= Área foliar, HAM= Hojas arriba de la mazorca y HABM= Hojas abajo de la mazorca.

En la comparación de medias (Cuadro 7) se formó un solo grupo indicando que no se presentó diferencias en la respuesta a la aplicación de caolinita.

La floración masculina (FM) y la floración femenina (FF) fueron similares en las parcelas con tratamiento y sin tratamiento. Se presentó la FM a los 65.83 dds y en FF a los 71.41 dds en parcelas con aplicación química y en las parcelas sin tratamiento a los 65.66 dds en FM y a los 68.75 dds en FF.

Se podría asumir que los híbridos permitieron una adaptación y tolerancia a las altas temperaturas al mantener su capacidad de producir y mantener la cantidad de polen viable, coincidiendo estos resultados con Porch y Jahn (2001) y Firon *et al.*, (2012) quienes demostraron en genotipos tolerantes de tomate y frijol, capaces de mantener la dehiscencia de las anteras, mayor viabilidad del polen y menor aborto floral, lo que dio como resultado mayores rendimientos en ambientes de alta temperatura. .

Con relación a las alturas de planta (AP) y de mazorca (AM) se registraron valores de 1.09 m en AM y de 2.0 en AP en las parcelas con tratamiento químico. En las parcelas sin tratamiento la AP fue de 2.02 m y en AM 1.10 m, aunque no se presentaron diferencias entre los tratamientos este parámetro es de importancia ya que determina el grado de desarrollo del área foliar y el tamaño final de la planta (Fassio, 1998).

Se detectó un comportamiento similar en los tratamientos con aplicación y sin tratamiento, el área foliar (AF) no presentó diferencias estadísticas.

Los valores encontrados fueron 0.74 cm² en parcelas con tratamiento químico y de 0.73 cm² en parcelas sin tratamiento.

Entre las principales modificaciones estructurales foliares en condiciones de estrés térmico se encuentran la reducción del área foliar, la presencia de ceras, la lignificación de cutículas y la disminución de la abertura estomática, debido a la disminución del tamaño de la estoma. Tal situación origina disminuciones en la transpiración y en la actividad fotosintética (Fassio, 1998).

El número de hojas arriba de la mazorca principal (HAMP) estuvo comprendido entre 7 para parcelas con tratamiento y sin tratamiento. En hojas debajo de la mazorca (HBMP) principal fue de 5 hojas para los dos tratamientos.

El rendimiento de grano (RG) no presentó diferencias estadísticas, pero matemáticamente se observó una disminución en el tratamiento químico ya que se obtuvo un rendimiento de 6.08 t ha⁻¹ y en las parcelas sin tratamiento el rendimiento fue mayor la mayor expresión de esta variable con valor de 7.28 t ha⁻¹.

Este efecto probablemente fue que la caolinita impidió la captura de radiación y redujo la tasa fotosintética provocando una disminución en el rendimiento de grano.

Cuadro 7. Comportamiento promedio de tratamiento químico en variables agronómicas

TRAT	FM	FF	AM	AP	RG	AF	HABM	HAM
Ct	65.83a	71.41a	1.09a	2.01a	6.08a	0.74a	4.91a	6.91a
St	65.66a	68.75a	1.10a	2.02a	7.28a	0.73a	5.08a	7.00a
DMS	0.96	5.83	0.09	0.06	1.12	0.08	0.50	0.42
MEDIA	65.75	70.08	1.09	2.02	6.68	0.73	5.0	6.95

TRAT= Tratamiento, Ct= Con tratamiento, St= Sin tratamiento, FM= Floración masculinas, FF= Floración femeninas, AM= Altura de mazorca, AP= Altura de planta, RG= Rendimiento de grano, AF= Área foliar, HAM= Hojas arriba de la mazorca y HABM= Hojas abajo de la mazorca.

4.2 Comportamiento promedio de los híbridos

La dinámica de floración (Cuadro 8) presento un comportamiento diferente entre los híbridos, al registrarse significancia estadística ($P \leq 0.05$).

El híbrido 4 presento un retraso en la floración masculina (FM) con 69.70 dds y floración femenina (FF) 76.16 dds, el híbrido 2 presento una mayor acumulación de días a floración femenina (FF) con 72 dds. En el resto de los híbridos la floración masculina oscilo de 63.16 dds a 65.33 y la floración femenina (FF) fueron los días a floración de 64.33 a 67.33.

La mayor acumulación de días a floración en los híbridos fue tal vez debido a que el silicato forma una película de finas partículas que actúan como barrera física.

En altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM) todos los híbridos presentan diferencias entre sí (nivel del 0,05).

La media general entre los híbridos para altura de planta (AP) presenta un valor de 2.02 m. El valor máximo de altura de planta (AP) fue en el híbrido 2 con 2.26 m. seguido por el híbrido 4 con 2.06 m. Los híbridos con menor altura fueron el 1 y 3 con 1.77 m y 1.97 cm respectivamente.

La altura de inserción de la mazorca (AM) presento un valor promedio de 1.09 m, donde los híbridos 2 y 4 superaron al valor medio observado.

Estos híbridos destacaron también por superar al resto ya que tuvieron una altura de mazorca de 1.31 m y 1.13m. Los valores más bajos fueron en este parámetro medido lo presentaron el híbrido 1 (0.88 cm) y el híbrido 3 (1.05 m).

En general no se vieron afectados estos caracteres ya que las altas temperaturas pueden provocar desórdenes fisiológicos como el “achaparramiento”, un enanismo asociado al poco desarrollo del follaje y a floración temprana, con emisión de tallos florales débiles (Vallejo y Estrada, 2004).

El número de hojas arriba de la mazorca (HAM) no presentó diferencias estadísticas entre híbridos ($P < 0.05$). El máximo número de hojas es de 7 en los híbridos 1, 2 y 4. El mínimo con 6.66 hojas en el híbrido 3.

Los híbridos fueron diferentes entre sí ($P > 0.05$) en el número de hojas abajo de la mazorca (HADM). El máximo número fue 5.83 (híbrido 2) y de 5.16 (híbrido 4). Los híbridos 1 y 3 no superaron a la media ya que el mínimo número de hojas fue de 4.50.

El número de hojas encontrados no fue modificado ya que el número de hojas, en maíz puede variar entre 12 y 24, siendo lo común que oscile entre 15 y 22 (Aldrich *et al.*, 1986).

Las hojas que se desarrollan bajo la mazorca apical o principal contribuyen en mayor proporción al crecimiento de la planta; las hojas que tienen

una posición por sobre ésta, en cambio, tienen una mayor importancia en el crecimiento de los granos (Aldrich *et al.*, 1986).

Para la variable área foliar (AF) (Cuadro) se observaron diferencias estadísticas entre los híbridos estudiados, el rango de variación fue de 68 cm² (híbrido 3) a 83 cm² (híbrido 4). Los rangos reportados en este estudio se encuentran dentro de los encontrados por Camacho *et al.* (1995) quien reporta lecturas 5327 a 8411 cm² en una evaluación de genotipos de maíz. Aunque se presentaron diferencia entre los híbridos, se puede observar que el tratamiento para golpe de calor no influyo en la distribución del área foliar.

En rendimiento de grano (RG) no hubo diferencias estadísticas en los híbridos ($P>0.05$). El híbrido 1 fue el de mayor expresión con 7.22 t ha⁻¹.

El rendimiento de grano (RG) se vio reducido en los híbridos 2, 3 y 4 con 6.6 t ha⁻¹, 6.68 t ha⁻¹ y 6.17 t ha⁻¹ respectivamente.

Esto fue debido tal vez a la falta de fecundación y desarrollo del grano en la mazorca probablemente como consecuencia de una desecación de estigmas, granos de polen y aborto de granos (Bassetti y Westgate, 1993; Suzuki *et al.*, 2001; Wilhelm *et al.*, 1999).

Cuadro 8. Comportamiento promedio en híbridos de maíz.

HIB	FM	FF	AM	AP	RG	AF	HABM	HAM
1	65.33b	67.83ba	0.88c	1.77c	7.22a	0.72ba	4.50b	7.00a
2	65.00cb	72.00ba	1.31a	2.26a	6.66a	0.71ba	5.83a	7.00a
3	63.16c	64.33b	1.05bc	1.97b	6.68a	0.68b	4.50b	6.66a
4	69.50a	76.16 ^a	1.13ba	2.06b	6.17a	0.83a	5.16ba	7.1a
DMS	1.88	11.45	0.18	0.13	2.20	0.12	0.99	0.84
MEDIA	65.75	70.08	1.09	2.02	6.68	0.73	5.0	6.95

HIB= Híbrido, FM= Floración masculinas, FF= Floración femeninas, AM= Altura de mazorca, AP= Altura de planta, RG= Rendimiento de grano, AF= Área foliar, HAM= Hojas arriba de la mazorca y HABM= Hojas abajo de la mazorca.

V. CONCLUSIONES

- Se presentaron diferencias estadísticas entre los híbridos en las variables de FM, FF, AM, AP, AF y HABM.
- En los tratamientos solo RG presento diferencias estadísticas.
- No se presentó diferencia estadística en el tratamiento químico y el manejo convencional de los híbridos.
- El RG presento una disminución en el tratamiento químico, en las parcelas sin tratamiento se presentó una mayor expresión de esta variable, probablemente fue que la aplicación del silicato impidió la captura de radiación y redujo la tasa fotosintética provocando una disminución en el rendimiento.

VI. BIBLIOGRAFIA

Aldrich, S. R., Scott, W. O., & Hoelt, R. G. (1986). Modern corn production. Tercera edición. A y L Publications. *Inc., Champaign, Illinois, EUA*, 358.

Bassetti, P., & Westgate, M. E. (1993). Water deficit affects receptivity of maize silks. *Crop Science*, 33(2), 279-282.

Blacklow, W. M. (1972). Influence of Temperature on Germination and Elongation of the Radicle and Shoot of Corn (*Zea mays* L.) 1. *Crop Science*, 12(5), 647-650.

Blum, A. (2018). *Plant breeding for stress environments*. CRC press.

Bouzo, C. (2010). Modificación del ambiente físico de los cultivos. Fisiología de los cultivos. (En Línea). España. Consulta el 01 de mayo de 2011. Disponible en:<http://www.ecofisiohort.com.ar/>

Bunting, A. H., Dennett, M. D., Elston, J., & Speed, C. B. (1982). Climate and crop distribution. *Food, nutrition and climate/edited by Sir Kenneth Blaxter and Leslie Fowden*.

Camacho, R. G., Garrido, O., & Lima, M. G. (1995). Caracterización de nueve genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en relación a su área foliar e coeficiente de extinción de luz. *Ciencia Agrícola*, 52(2), 294-298.

Christiansen, M. N. (1978). The physiology of plant tolerance to temperature extremes. *Crop tolerance to suboptimal land conditions*, 32, 173-191.

Cicchino, M., Edreira, J. I., & Otegui, M. E. (2010). Heat stress during late vegetative growth of maize: effects on phenology and assessment of optimum temperature. *Crop science*, 50(4), 1431-1437.

Cicchino, M., Edreira, J. I., Uribelarrea, M., & Otegui, M. E. (2010). Heat stress in field-grown maize: Response of physiological determinants of grain yield. *Crop science*, 50(4), 1438-1448.

Crafts-Brandner, S. J., & Salvucci, M. E. (2004). Analyzing the impact of high temperature and CO₂ on net photosynthesis: biochemical mechanisms, models and genomics. *Field Crops Research*, 90(1), 75-85.

Downton, J. y Slatyer, R. (1972). Temperature dependence of photosynthesis in cotton. *PlantPhysiol.* 50:518-522.

Edreira, J. I. R., & Otegui, M. E. (2012). Heat stress in temperate and tropical maize hybrids: Differences in crop growth, biomass partitioning and reserves use. *Field Crops Research*, 130, 87-98.

Edreira, J. I. R., Mayer, L. I., & Otegui, M. E. (2014). Heat stress in temperate and tropical maize hybrids: Kernel growth, water relations and assimilate availability for grain filling. *Field Crops Research*, 166, 162-172.

Edreira, J. R., Carpici, E. B., Sammarro, D., & Otegui, M. E. (2011). Heat stress effects around flowering on kernel set of temperate and tropical maize hybrids. *Field Crops Research*, 123(2), 62-73.

Ellis, R. H., 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 Science*, 32(5), 1225-1232.

Fassio, A. (1998). *Maíz*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

Firon, N., Nepi, M. y Pacini, E. (2012). El estado del agua y los procesos asociados marcan etapas críticas en el desarrollo y funcionamiento del polen. *Anales de Botánica*, 109 (7), 1201-1214.

Fischer, T., Byerlee, D., Edmeades, G. 2014. Crop yields and global food security; Will yield increase continue to feed the world? Ed. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR). 5, 183- 240

Gilmore, E. C., & Rogers, J. S. (1958). Heat units as a method of measuring maturity in corn 1. *Agronomy Journal*, 50(10), 611-615.

Gong, M., Chen, S. N., Song, Y. Q., & Li, Z. G. (1997). Effect of calcium and calmodulin on intrinsic heat tolerance in relation to antioxidant systems in maize seedlings. *Functional plant biology*, 24(3), 371-379.

Graves, W. R., Joly, R. J., & Dana, M. N. (1991). Water use and growth of honey locust and tree-of-heaven at high root-zone temperature. *HortScience*, 26(10),

Ibrahim, A. M., & Quick, J. S. (2001). Genetic control of high temperature tolerance in wheat as measured by membrane thermal stability. *Crop science*, 41(5), 1405-1407.

Jiang, Y., & Huang, B. (2000). Effects of drought or heat stress alone and in combination on Kentucky bluegrass. *Crop Science*, 40(5), 1358-1362.

Kobata, T., Palta, J. A., & Turner, N. C. (1992). Rate of development of postanthesis water deficits and grain filling of spring wheat. *Crop science*, 32(5), 1238-1242.

Martínez Garza, A. (1994). *Experimentacion agricola: Metodos estadísticos*. Universidad Autonoma Chapingo, Chapingo (Mexico)

Mayer, L. I., Rattalino Edreira, J. I., & Maddonni, G. A. (2014). Oil yield components of maize crops exposed to heat stress during early and late grain-filling stages. *Crop Science*, 54(5), 2236-2250.

Mayer, L.I. 2015. Estrés térmico y sus efectos sobre el peso y la calidad de los granos en maíces de diferente destino de producción. Tesis doctoral, Escuela para graduados FAUBA

Mayer, L.I.; Izquierdo, N.G. y Maddonni G.A. 2016b. La composición de ácidos grasos del aceite de maíz y el estrés termico durante el llenado de los granos. XXXI Reunión Argentina de Fisiología Vegetal.

Montgomery, E. G. (1911). Correlation studies in corn. 24th Nebraska Agric. Exp. Stn Report. Lincoln, NE.

Ortiz, S. C. A. (1987). Elementos de agrometeorología cuantitativa. *Universidad Autónoma de Chapingo*.

Paz, N. E., Aguirre, F. M., & Ontiveros, J. L. R. (2001). Efecto de déficit hídrico en el patrón electroforético de proteínas totales en dos variedades de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 24(1), 121-128.

Peña Ramos, A., González Castañeda, F., & Robles Escobedo, F. J. (2010). Manejo agronómico para incrementar el rendimiento de grano y forraje en híbridos tardíos de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(1), 27-35.

Plaut, Z., Butow, B. J., Blumenthal, C. S., & Wrigley, C. W. (2004). Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. *Field Crops Research*, 86(2-3), 185-198.

Porch, TG y Jahn, M. (2001). Efectos del estrés a altas temperaturas sobre la microsporogénesis en genotipos sensibles al calor y tolerantes al calor de *Phaseolus vulgaris*. *Plant, Cell & Environment*, 24 (7), 723-731.

Purfresh. (2010). Efecto de protectantes solares en plantas. (En Línea). Consulta el 28 de febrero de 2011. Disponible en: <http://www.purfresh.com>.

Raffo, D. (2004). Efecto de las altas temperaturas sobre la calidad de los frutos. Factores climáticos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Macrorregión Patagonia Norte. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. Argentina. 5 p.

Reynolds, M. P., Gutiérrez-Rodríguez, M., & Larqué-Saavedra, A. (2000). Photosynthesis of wheat in a warm, irrigated environment: I: genetic diversity and crop productivity. *Field Crops Research*, 66(1), 37-50.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 1999. Anuario estadístico de la producción agropecuaria en la Región Lagunera. Cd. Lerdo, Durango.

SAGARPA., 2005. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y pesquera. Fichas por Estado. SAGARPA. Avances reportados de siembras y cosechas, superficie sembrada y cosechada, rendimientos y producción. (www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comfichedos.html; 14 noviembre, 2005).

Santamaría, C.L. A.M. Caicedo. E.B. Quijano 2006. Manejo de los cultivos del sorgo y maíz. Ibague.

Suzuki, K., Tsukaguchi, T., Takeda, H., & Egawa, Y. (2001). Decrease of pollen stainability of green bean at high temperatures and relationship to heat

tolerance. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126(5), 571-574.

Torres M.M., J. L. Montalvo E., A Jiménez M., E. López F. M y M. Mora P. 2009. Análisis estratégico de transferencia de tecnología e innovación en las cadenas prioritarias para el Estado de Puebla CCEDRS.C Agenda de innovación tecnológica. 18-229 pp.

Vallejo, F., & Estrada, S. (2004). Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia. *Feriva. Palmira*.

Wang, Z., & Huang, B. (2004). Physiological recovery of Kentucky bluegrass from simultaneous drought and heat stress. *Crop science*, 44(5), 1729-1736.

Warrington, I. J., & Kanemasu, E. T. (1983). Corn Growth Response to Temperature and Photoperiod I. Seedling Emergence, Tassel Initiation, and Anthesis 1. *Agronomy journal*, 75(5), 749-754.

Wilhelm, E. P., Mullen, R. E., Keeling, P. L., & Singletary, G. W. (1999). Heat stress during grain filling in maize: effects on kernel growth and metabolism. *Crop science*, 39(6), 1733-1741.

Young, T. E., Ling, J., Geisler-Lee, C. J., Tanguay, R. L., Caldwell, C., & Gallie, D. R. (2001). Developmental and thermal regulation of the maize heat shock protein, HSP101. *Plant Physiology*, 127(3), 777-791.