

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Respuesta agronómica de cuatro híbridos de maíz utilizando caolinita
para reducir el efecto de estrés por altas temperaturas en Torreón,
Coahuila**

POR

MARÍA JOSÉ DEL RÍO RIVAS

TÉSIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Respuesta agronómica de cuatro híbridos de maíz utilizando caolinita para reducir el efecto de estrés por altas temperaturas en Torreón, Coahuila.

Por:

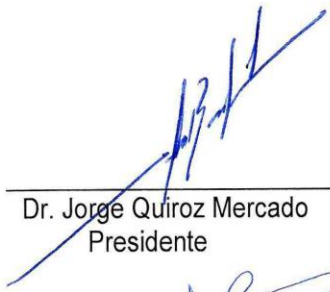
MARÍA JOSÉ DEL RÍO RIVAS


TESIS


Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:


INGENIERO AGRÓNOMO


Aprobada por:


Dr. Jorge Quiroz Mercado
Presidente


Dra. Oralia Antuna Grijalva
Vocal


Dr. Armando Espinoza Banda
Vocal


Dr. Jesús Vasquez Arroyo
Vocal suplente


Dr. J. Isabel Márquez Mendoza
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Junio 2022



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Respuesta agronómica de cuatro híbridos de maíz utilizando caolinita para reducir el efecto de estrés por altas temperaturas en Torreón, Coahuila.

Por:


MARÍA JOSÉ DEL RÍO RIVAS


TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

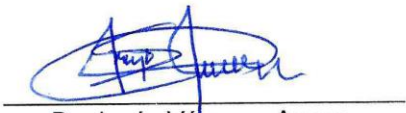
INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Jorge Quiroz Mercado
Asesor Principal


Dra. Oralia Antuna Grijalva
Coasesor


Dr. Armando Espinoza Banda
Coasesor


Dr. Jesús Vázquez Arroyo
Coasesor


Dr. J. Isabel Marquez Mendoza
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México.
Junio 2022

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen de Guadalupe, por guiarme, darme fortaleza, bendecirme y ayudarme a concluir mis estudios profesionales.

A mi Alma Mater, quien fue mi segunda casa, me recibió y me formó como profesionista.

Al Dr. Jorge Quiroz Mercado, por tenerme paciencia para culminar este trabajo, por su esfuerzo, tiempo, comprensión y dedicación.

A la Dra. Oralia Antuna Grijalva, Dr. Armado Espinoza Banda, y el Dr. Jesús Vásquez Arroyo, Por haber colaborado y apoyado este experimento, así como formar parte del jurado, gracias.

A mis padres y mi hermana, que siempre me alentaron a salir adelante y culminar mis estudios, para ustedes son todos mis logros.

A mis compañero y amigos, Melanie, Edgar, Tania, Lázaro, Brian, gracias por estar para mí.

DEDICATORIAS

A mi padre, el señor José Dolores del Río, por enseñarme a siempre seguir adelante y no depender de nadie para conseguir lo que uno quiere, lo amo papá.

A mí señora madre, María del Rocío Rivas, por ser mí sustento, mi guía, y por darme tanto amor. La amo mamá.

A mi hermana, Alejandra del Río, por demostrarme que sin nada se pueden alcanzar los sueños, por ser mi ejemplo de vida. Te adoro hermana.

A mi compañero de vida, Gabino Juanes Ceballos, por amarme y alentarme a no rendirme y hasta conseguir mi objetivo.

A mi Alma Mater, por arroparme durante mi estancia en sus aulas y formarme como profesionista.

A las personas que me dieron ánimos de seguir y no desistir, gracias.

RESUMEN

El estrés por altas temperaturas provoca daños en el crecimiento y desarrollo de las plantas, y está determinado principalmente por las características del cultivo. La utilización de protectantes solares a base de caolinita han sido utilizados como alternativa para aminorar los efectos de altas temperaturas en diversos cultivos. Sin embargo, hay escasa información sobre la utilización de protectantes solares en el cultivo de maíz. Se estableció el trabajo de investigación, en la estación experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en Torreón, Coahuila, durante la temporada primavera-verano de 2019. Se evaluaron cuatro híbridos de maíz y dos tratamientos con caolinita. Se registraron variables agronómicas y rendimiento de grano. Entre híbridos de maíz hubo diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para las variables de altura de planta, número de hojas y rendimiento de grano. Mientras que, para el factor tratamientos con caolinita, no se mostraron diferencias significativas en todas las variables de estudio, excepto para altura de planta. El mayor rendimiento alcanzado por los híbridos lo obtuvo RS-8510 (ROYAL), con un rendimiento promedio de 5.4 t ha^{-1} .

Palabras clave: Híbridos de Maíz, Rendimiento de Grano, Protectante Solar, Caolinita, Estrés por Alta Temperatura

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
RESUMEN.....	iii
TABLA DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	3
Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Perspectivas de cambio climático a nivel mundial.....	4
2.2 Potencial de producción de maíz en México.....	4
2.3 Factores que limitan el rendimiento de maíz.....	6
2.4 Desarrollo y crecimiento del cultivo de maíz.....	7
2.5 Efectos individuales de estrés térmico en maíz.....	10
2.6 Uso de la caolinita para disminuir el efecto de calor en los cultivos..	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1 Ubicación del área de estudio.....	13
3.2 Tratamientos	13
3.3 Manejo del cultivo.....	15
3.4 Riegos.....	15
3.5 Fertilización.....	15

3.6 Control de maleza.....	16
3.7 Control de plagas.....	16
3.8 Cosecha.....	17
3.9 Variables evaluadas.....	17
3.10 Variables agronómicas evaluadas.....	17
3.10.1 Altura de planta.....	17
3.10.2 Diámetro de planta.....	18
3.10.3 Días a floración masculina.....	18
3.10.4 Días a floración femenina	18
3.10.5 Número de hojas.....	18
3.10.6 Temperatura del dosel.....	18
3.10.7 Área foliar.....	18
3.10.8 Rendimiento de grano.....	19
3.10.9 Longitud de mazorca.....	19
3.10.10 Diámetro de mazorca.	19
3.10.11 Cobertura de mazorca.....	19
3.10.12 Pudrición de mazorca.....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1 Condiciones climatológicas.....	21
4.2 Análisis de varianza de las variables registradas.....	22
4.3 Temperaturas del dosel con y sin caolinita.....	23
4.4 Comparación de medias entre tratamientos de caolinita.....	25
4.5 Comparación de medias entre híbridos de maíz.....	27

V. CONCLUSIONES.....	29
VI. BIBLIOGRAFÍAS	30
VII. ANEXOS	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ciclo vegetativo, días a floración, altura de planta y altura de mazorca de cuatro híbridos de maíz	14
Cuadro 2. Fechas de aplicación, etapa fenológica, y dosis del producto..	14
Cuadro 3. Número de riegos, fecha y hora de distribución.....	16
Cuadro 4 Cuadrados de la media y su significancia estadística.....	23
Cuadro 5 Comportamiento promedio de los tratamientos con caolinita... 	26
Cuadro 6. Comparación de medias entre los cuatro híbridos de maíz.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de la precipitación y temperaturas durante el desarrollo del experimento en Torreón, Coahuila, 2019.....21

Figura 2. Registro de temperaturas del dosel, durante la aplicación del producto Surround en el cultivo de maíz, en Torreón, Coahuila, 2019.....24

I.- INTRODUCCIÓN

En México, el mejoramiento genético del maíz mediante el método de hibridación se inició formalmente en 1940; y es así, como a partir de la llamada “era de los híbridos” se marcó una nueva etapa en la agricultura del país, en donde los primeros trabajos se encausaron principalmente hacia la formación de nuevas variedades. Estas acciones ayudaron a incrementar la producción de este cereal a nivel nacional. Estos incrementos, han estado acompañados de cambios en los sistemas de producción y mejoramiento genético hacia una mayor tolerancia (factores bióticos y abióticos) así como mayor eficiencia en el uso de los recursos (agua, radiación, nitrógeno, etc.). Por otro lado, la mayor tolerancia que presentan los cultivares ante factores limitantes (estrés biótico y abiótico), se ha puesto en evidencia de manera consistente, incluyendo el efecto de estrés por calor. En este sentido, la formación, evaluación, identificación, registro y uso comercial de nuevas y mejores variedades es esencial en nuevos programas de fitomejoramiento. Es así, como se ha logrado establecer una relación entre caracteres externos e internos que permiten una mejor comprensión de la producción de biomasa y rendimiento de grano. La primera respuesta de las plantas al impacto del estrés por calor 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. Por lo tanto, caracterizar e identificar nuevos materiales con rasgos deseables para potenciar la producción de biomasa y rendimiento de grano en ambientes característicos donde se presentan altas temperaturas como es la región de la comarca lagunera, es de gran relevancia para mejorar los rendimientos de maíz en la Comarca Lagunera.

En condiciones de campo, el maíz se adapta a las variaciones diarias de temperatura, en rango térmico que le permite su desarrollo y crecimiento (Bunting *et al.*, 1983). También puede estar sometido a temperaturas extremadamente elevadas que exceden las temperaturas óptimas y pueden resultar estresantes. Se consideran temperaturas estresantes aquellas temperaturas que rebasan el valor óptimo de desarrollo (Warrington y Kanemasu, 1983; Ellis *et al.*, 1992). La temperatura óptima para el desarrollo del

maíz está entre 30° y 34°C, y se considera que para los maíces tropicales de tierras altas está alrededor de 21°C (Ellis *et al.*, 1992).

En la actualidad, nuevas tecnologías se han ido desarrollando para combatir el efecto de estrés por calor en plantas como es el caso el “caolín”, que es considerado como un protector solar de amplio espectro que además de disminuir los daños de las plagas de insectos, puede actuar como protector de las quemaduras solares y del estrés hídrico (Romero *et al.*, 2006).

Es así como se han ido incorporando varios productos para la reducción del estrés por calor, como el caolín, que es una arcilla $[Al_4Si_4O_{10}(OH)_8]$ registrada en Estados Unidos para el control de plagas como psylla del peral, trips, cicadélidos, curculiónidos y mosca blanca. Su uso también está autorizado en España, Italia, Grecia, Argentina, Nueva Zelanda y Austria para reducir el “golpe de sol” y el estrés térmico de los cultivos (de la Roca, 2003; Thomas *et al.*, 2004).

Según algunos autores, esta aplicación permite el intercambio gaseoso, tanto del vapor de agua como del dióxido de carbono y también permite que la luz solar penetre por la capa protectora, que refleja el calor del sol manteniendo al cultivo más frío y protegiéndolo del estrés hídrico.

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue evaluar las características agronómicas de cuatro líneas de maíz bajo el efecto de un protector solar sobre el estrés por altas temperaturas en la región de la comarca lagunera.

Hipótesis

1.- El producto a base de caolinita reduce el efecto de estrés por altas temperaturas en el rendimiento de grano.

2.- Hay diferencias entre los cuatro híbridos de maíz para todas las variables evaluadas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- Perspectivas del cambio climático a nivel mundial.

Se ha reportado que en los próximos 20 años la parte norte de México será de las más afectadas por el cambio climático, ya que en esa región se espera el incremento de la temperatura en un grado centígrado, y se prevé una mayor sequía, debido a la reducción de un 20% de la disponibilidad del agua, y daños en la agricultura por las olas de calor y una disminución de la precipitación pluvial (ONU, 2021)

El estado de Coahuila, cuyos climas son principalmente áridos (García, 1981), podría sufrir efectos del cambio climático, con relación a los cultivos en el estado, el cambio climático puede ocasionar serios problemas, ya que el aumento de la temperatura y la reducción de la precipitación causarían problemas para los cultivos de riego ya que los volúmenes de agua serán menores. Un aumento de la temperatura en el invierno afectaría la productividad de los frutales caducifolios (nogal) del estado porque se reduciría la acumulación de unidades frío (Manabe *et al.*, 1981).

2.2.- Potencial de producción de maíz en México

La producción de maíz a nivel mundial es más grande que cualquier otro cereal. Anualmente la producción es de 850 millones de toneladas en grano que se cultiva en una superficie de 162 millones de hectáreas, con una producción promedio de 5.2 t ha⁻¹ (SIAP, 2020).

El maíz es el cultivo más importante de México, desde el punto de vista alimentario, económico, político y social. Este grano se produce en dos ciclos agrícolas: primavera-verano y otoño-invierno, bajo diversas condiciones agroclimáticas de humedad: temporal y riego (SIAP, 2007). México ocupa el 8° lugar de productor mundial de maíz, en 2017 la producción fue de 27.8 millones de toneladas, mientras que la superficie sembrada en el mismo año fue de 7.5

millones de hectáreas, y gran parte del territorio nacional es propicio para la producción por lo que en los 32 Estados de la República Mexicana se produce maíz para grano. Los tres principales Estados productores son Sinaloa con 6.5 millones de toneladas, Jalisco con 3.8 millones de toneladas y Michoacán con 2 millones de toneladas. Para maíz forrajero los estados productores principales son Jalisco (5.5 millones de toneladas), Durango (2 millones de toneladas), Zacatecas (1.8 millones de toneladas), Aguascalientes (1.1 millones de toneladas) México y Coahuila (1.1 millones de toneladas) (SIAP,2020).

Específicamente, en la Comarca Lagunera el rendimiento promedio de maíz grano es de 3.3 t ha^{-1} en riego, mientras que, en algunos experimentos, el rendimiento es de hasta 13 t ha^{-1} (Wong *et al.*, 2007) con una superficie de 1115 hectáreas en su mayoría con híbridos comerciales desarrollados por compañías transnacionales e introducidos en otras áreas del país (Donnet *et al.*, 2012; CONAGUA, 2014). Una alternativa para elevar la producción de maíz es el uso de variedades mejoradas (Espinosa *et al.*, 2009). El uso de híbridos ha permitido mejorar los componentes de producción de la mazorca y por ende elevar el potencial productivo del maíz (Zamudio *et al.*, 2015).

Sin embargo, por su ubicación geográfica, topografía y aspectos socioeconómicos, es especialmente vulnerable a los impactos del cambio climático. Por lo que serán particularmente sensibles a las variaciones climáticas extremas, como son las sequías, las inundaciones y las heladas, y aunque los cultivos bajo riego no se ven en principio tan afectados como los de temporal, estarán expuestos de la misma manera a cambios en la temperatura (Magaña y Gay, 2002). Por lo anterior, los retos para incrementar los rendimientos de grano en maíz serán cada vez mayores y difíciles de lograr en el futuro. (SAGARPA, 2011).

2.3.- Factores que limitan el rendimiento de maíz

El rendimiento potencial es el máximo rendimiento que se puede alcanzar de un cultivo y está determinado por factores no modificables del ambiente tales como radiación, temperatura, CO₂; y por factores modificables los cuales son genotipo y su arreglo espacial, en ausencia de factores limitantes como agua y nutrientes, y de factores reductores como insectos, enfermedades y malezas. En muchos sistemas de riego donde se establecen los cereales, los rendimientos de grano parece estabilizarse alrededor del 80% del potencial de rendimiento, mientras que, en los sistemas de temporal, los rendimientos medios son comúnmente del 50% o menos del potencial (Lobell *et al.*, 2009). Lo anterior se debe a que, en cualquier temporada, el cultivo de maíz puede estar sujeto a estrés biótico y abiótico, tales como exceso o escasez de humedad, temperaturas altas, enfermedades, plagas y malezas; y por consiguiente la creación de una mayor competencia por recursos (Carcova y Otegui, 2001; Stanger y Lauer, 2007; Tollenaar y Wu, 1999). Por anterior, el rendimiento potencial es primero determinado por aquellos factores definitorios que, cuando el resto de los factores limitantes (agua y nutrientes) y reductores (insectos, enfermedades y malezas) son suministrado a un nivel óptimo, establecen el potencial de productividad del cultivo (factores que definen el rendimiento potencial), y son factores que no se pueden controlar y están definidos por la latitud, altitud, estación del año y características de la planta en relación con la fisiología y fenología del cultivo; pero que puede adaptarse a ellos, como por ejemplo, por medio de la fecha de siembra o elección de genotipos cuyo ciclo se adapte mejor a las características agroclimáticas de una zona dada. Los factores limitantes son aquellos recursos que en caso de suministro deficiente limitan la producción del cultivo, por ejemplo: agua y nutrientes. Los factores limitantes son más manejables que los factores definitorios a través de prácticas que incrementan el rendimiento, como riego y fertilización. Mientras más eficiente sea el uso de los factores limitantes, el rendimiento será más cercano al rendimiento potencial cuando los factores reductores estén cubiertos. (Ittersum y Rabbinge, 1997).

2.4.- Desarrollo y crecimiento del cultivo de maíz

Durante el ciclo del cultivo se distinguen distintas fases de su desarrollo. Los primeros estudios fenológicos de maíz se encauzaron en describir fenómenos visibles, mientras que trabajos más recientes reportan las características y actividad de los meristemos (Kiniry y Ritchie, 1983). Es así, como se logró establecer una relación entre caracteres externos e internos que permiten una mejor comprensión de la generación de los componentes que determinan el rendimiento (Andrade *et al.*, 1996 y Cárcova *et al.*, 2003). La escala fenológica más utilizada para describir la sucesión de las etapas fenológicas en maíz es la de Ritchie y Hanway (1982) que emplea caracteres morfológicos externos. Esta escala divide al desarrollo en dos grandes períodos: vegetativo y reproductivo.

El período vegetativo se subdivide en estadios identificados por la letra V y un subíndice que indica el número de orden de aparición de las hojas completamente expandidas, e inicia con el índice VE que identifica la emergencia del cultivo, el número total de subdivisiones varía con el genotipo y el ambiente ya que ambos modifican el número final de hojas ($V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$). Una vez producida la aparición de todas las hojas, este período finaliza con la aparición de la panícula (VT) e inicia el derrame de polen (antesis) (Cárcova *et al.*, 2003).

El periodo reproductivo se subdivide en estadios identificados con la letra R y un subíndice numérico. Inicia con la emergencia de los estigmas-floración femenina (R_1), continúa con el cuaje (R_2 o estado de ampolla), en esta fase el número de granos puede disminuir y corresponde a los 10 a 20 días después de la floración y además se determina el número final de granos por mazorca, llenado de los granos (R_3 grano lechoso, R_4 grano masoso y R_5 grano duro) y finaliza con la madurez fisiológica (R_6), la cual se distingue por la aparición de la capa negra en el grano (necrosis de los haces vasculares que comunican al grano con el tejido materno), es aquí donde el peso del grano se estabiliza y sólo hay pérdida de humedad (Andrade *et al.*, 1996; Cárcova *et al.*, 2003). La floración femenina se define como el tiempo requerido para que los estigmas emerjan de

la inflorescencia femenina y queden expuestos, para que los granos de polen tengan contacto con ellos, germinen y formen el tubo polínico, para llevar a cabo la fertilización (Moncur, 1981).

El desarrollo ontogénico de los cultivos es sensible a las variaciones en la temperatura, de ahí que, esta respuesta conduce a expresar la duración de sus fases en tiempo térmico (TT, en grados días °Cd) (Ritchie y NeSmith, 1991), superando así, las debilidades del tiempo cronológico en el que no se contemplan los efectos fisiológicos de este factor (Cárcova *et al.*, 2003). Por lo que, el estudio de la ontogenia puede ser clave para un mejor entendimiento del comportamiento del cultivo de maíz al ambiente.

El desarrollo vegetativo, está controlado por el número de primordios foliares diferenciados en el meristemo apical y por la tasa de aparición (punta de hoja visible en el cogollo) y expansión de las hojas (presencia de lígula), que responden linealmente a la temperatura dentro de un rango entre una temperatura base (T_b : es aquel valor con el cual un cultivo requeriría de un tiempo infinito de días para mostrar cambios visibles en su desarrollo) y una temperatura óptima (T_o : temperatura a la cual se maximiza la tasa de desarrollo), y es constante con temperaturas uniformes (Ritchie y Hanway, 1982). Aunque, también en condiciones de campo se ha observado que entre 15 y 25 °C la relación es casi lineal, sin embargo, en un amplio rango de temperaturas la relación entre la aparición de las hojas y la temperatura es curvilínea (Tollenaar *et al.*, 1979). Dentro de este rango, el intervalo de TT entre la aparición y expansión sucesiva de dos hojas se define como filocrono (McMaster and Wilhelm, 1995).

En general, bajo condiciones normales de crecimiento con un adecuado aporte de nutrientes y humedad aprovechable, el filocrono permanece estable durante la vida de la planta e incluso puede ser similar entre una amplia variedad de genotipos de maíz y ambientes (Kiniry y Bonhomme, 1991; Ritchie y NeSmith, 1991). No obstante, Hesketh y Warrington (1989) al estudiar el ritmo de aparición de hojas en híbridos de maíz establecidas bajo condiciones controladas en cámaras de crecimiento y en campo, reportaron valores de 0.026 y 0.022 hojas

$^{\circ}\text{Cd}^{-1}$ respectivamente. Otegui y Melón (1997) reportan filocronos entre 37 y 42 $^{\circ}\text{C}$ hoja $^{-1}$. Algunos otros autores coinciden con un requerimiento térmico por hoja cercano a 52 $^{\circ}\text{C}$ (Verheul *et al.*, 1996; Vinocur and Richie, 2001) considerando ambos grupos de autores una T_b de 8 $^{\circ}\text{C}$. No obstante, Padilla y Otegui (2005) hallaron las mayores variaciones en temperatura base y filocrono de 48.6 y 65.5 $^{\circ}\text{Cd}$ hoja $^{-1}$ con una T_b entre 2.9 y 5.0 $^{\circ}\text{C}$.

En contraste, Van *et al.* (2008) al examinar la variabilidad genética en el filocrono entre razas de maíz, su ancestro el teosintle e híbridos modernos, procedentes de diferentes regiones geográficas (zonas tropicales y valles altos con temperaturas frías), reportaron una limitada variación genética para el filocrono (15 %). De igual forma, Birch *et al.* (1998) encontraron diferencias del 10 % en híbridos bajo ambientes tropicales y templados, y además observaron que cuando el híbrido tropical se sembró en un ambiente templado su filocrono fue similar en ambos regímenes climáticos. Incluso, la menor o mayor variabilidad genotípica en el filocrono no sugiere una relación con el número de hojas (Padilla y Otegui, 2005; Van *et al.*, 2008). De ahí que, Van *et al.* (2008) consideran que el filocrono parece ser un carácter que ha sido conservado a pesar de los miles de años de selección humana y natural del cultivo de maíz. No obstante, algunas de las variaciones entre estudios podrían deberse a si se considera la temperatura del suelo o del aire, o cuando se contrasta la temperatura del día/noche para estimar los grados días de desarrollo (Vinocur y Richie, 2001), otro factor es el sombreado o la menor irradiación que podría incrementar el filocrono (Birch *et al.*, 1998; Tollenaar, 1979). Al analizar la dinámica de floración entre cultivares nativos de maíz, híbridos antiguos y modernos de valles altos de México, en ambientes con mayor disponibilidad de agua y con bajo y alto nitrógeno (80 y 160 kg N ha $^{-1}$, respectivamente), se observó que los cultivares nativos tuvieron un intervalo antesis-floración femenina más amplio (7 días), que los híbridos antiguos y modernos (entre 2 y 3 días). Sin embargo, cuando se evaluaron en condiciones de sequía y con variación en la disponibilidad de nitrógeno, los maíces nativos presentaron un intervalo de 9 días y los híbridos antiguos de 5 días, y en general los híbridos modernos mantuvieron invariable su intervalo (Kibet *et al.*, 2009).

2.5.- Efectos individuales del estrés térmico en maíz.

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 cruces, 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 (Cicchino *et al.* 2010a, b; Rattalino *et al.*, 2011, 2012; 2014; Mayer, 2015; Mayer *et al.*, 2014; 2016; Wilhem *et al.* 1999). Analizando en conjunto los trabajos mencionados, y al igual que para el estrés hídrico, el mayor impacto de un estrés térmico sobre el rendimiento se origina cuando el mismo tiene lugar alrededor de floración, ya que provoca fallas en la fijación de granos asociadas a la inviabilidad de los granos de polen, la alteración en las dinámicas de floración y el aborto de granos (Barnabás, 2008; Cicchino *et al.*, 2010; Rattalino *et al.*, 2011).

Las plantas de maíz sometidas a temperaturas superiores a 35 °C por más de ocho días durante el desarrollo reproductivo, sufren una reducción del 74% en el rendimiento (Rincón *et al.*, 2006). Esta condición se debe a la falta de fecundación y de desarrollo del grano en las mazorcas, resultado de la desecación de los estigmas y los granos de polen. Cheikh y Jones (1994) indicaron que, en maíz, por cada 1 °C que se incremente la temperatura por

encima del valor óptimo (25 °C) se produce una reducción del rendimiento de 3-4%.

Cuando ocurre un estrés por alta temperatura, la foto alimentación para el crecimiento es limitada, ocasionando una reducción en el desarrollo de los órganos de la planta, tales como hojas y tallo, la mayoría de las plantas reducen su crecimiento a temperaturas superiores a los 40°C (Reynolds, Delgado, Gutiérrez y Larqué, 2000)

2.6.- Uso de la caolinita para disminuir el efecto de calor en los cultivos.

Los protectantes solares están diseñados con tecnología avanzada de reflectancia para ofrecer una protección superior contra el estrés solar. Se han demostrado que los protectantes solares protegen a las plantas de la radiación ultravioleta e infrarroja sin afectar el proceso de la fotosíntesis. Estos son productos basados en calcio (Purfresh, 2010).

El caolín es considerado como un protector de amplio espectro que además de disminuir los daños de las plagas de insectos, puede actuar como protector de las quemaduras solares y del estrés hídrico (Romero *et al.*, 2006). Cuando se aplica la suspensión de caolín sobre la planta, se forma una capa blanca al secarse. Según algunos autores, esta aplicación permite el intercambio gaseoso, tanto del vapor de agua como del dióxido de carbono y también permite que la luz solar penetre por la capa protectora, que refleja el calor del sol manteniendo al cultivo más frío y protegiéndolo del estrés hídrico.

El Surround es un producto comercial a base de Caolín al 95%, el cual es una arcilla silíceas que protege a las plantas formando una película de finas y diminutas partículas minerales, altamente purificadoras que reflejan el calor del sol manteniendo al cultivo más frío, protegiéndolo de estrés térmico.

El Surround puede disminuir las pérdidas por quemaduras de sol hasta en un 50%, mantiene las plantas más frescas, lo que permite una fotosíntesis más eficiente y mayores rendimientos en ambientes de mucho calor y luz (Purfresh, 2010).

Otro protectante es la Caliza, que al igual que el Caolín, tiene propiedades reflectantes los cuales protegen a la planta de las quemaduras solares y ayudan a reducir la acumulación de calor en las estructuras frutales y las hojas al mantener la planta más fría; con la temperatura ambiente en aumento, se reduce el estrés y lograr que utilice el agua disponible de manera eficiente. (Purfresh, 2010).

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- Ubicación del área de estudio.

El desarrollo del trabajo experimental se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en el Campus Unidad Laguna, el cual se localiza en Torreón, Coahuila, entre las coordenadas 25° 32' 40'' latitud norte y 103° 26' 33'' longitud oeste a una altura de 1.120 msnm (SECTUR, 2018).

El tipo de clima que predomina es cálido-seco, con una temperatura promedio anual de 24° C (aunque en verano puede superar los 40° C). La temporada de lluvias se registran en los meses de junio, julio, agosto (Castro, A. E, 2012), con precipitación anual de 220mm (Santamaría *et al.*, 2006). En el municipio de Torreón se distinguen tres tipos de suelo: Xerosol, Litosol y Fluvisol.

3.2.- Tratamientos.

Se evaluaron cuatro híbridos de maíz (CRM54, RS-8520, RS-8510, 8576) y dos dosis de caolinita (con y sin caolinita) durante el ciclo agrícola de primavera-verano de 2019. Los materiales de maíz utilizados fueron proporcionados por empresas semilleras. La descripción de cada material sobre su ciclo vegetativo, días a floración, altura de planta y altura de mazorca se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Ciclo vegetativo, días a floración, altura de planta y altura de mazorca de cuatro híbridos de maíz.

Híbrido	Ciclo Vegetativo	Días a Floración	Altura de planta	Altura de mazorca
		(d)	----- (cm) -----	-----
CRM-54	Intermedio	62-70	250 - 275	130
RS-8520	Intermedio	65	210 - 240	125
RS-8510	Intermedio	70-72	215	112
8576	Intermedio	63-65	280 - 310	150

Para el caso de la caolinita, se aplicó un protectante solar llamado “Sorround”, utilizando dos dosis de aplicación: 1.- sin caolinita (como testigo) y 2.- con caolinita, (aplicando la dosis recomendada por el fabricante). La aplicación del producto se realizó con una bomba de motor de cuatro tiempos, el producto se mezcló con agua, y se aplicó en todo el follaje, cuidando que la planta quede completamente cubierta y de color blanco. Las fechas de aplicación, etapa fenológica y dosis del producto se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Fecha de aplicación, etapa fenológica y dosis del producto.

Fechas de aplicación	Etapas fenológicas	Dosis / aplicación (kg ha⁻¹)
13 - 07 - 2019	V8	40
20 - 07 - 2019	V9	40
27 - 07 - 2019	V11	40
3 - 07 - 2019	VT	40

3.3.- Manejo del experimento.

El experimento se realizó mediante un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La preparación del terreno consistió en un barbecho, una rastra, medición y trazado de los bloques. La siembra se realizó el 24 de mayo de 2019,

utilizando una densidad de siembra de 66,500 plantas ha⁻¹. La siembra se realizó de manera directa, se depositando dos semillas en el suelo cada 15 cm, a una profundidad de 5 cm y posteriormente se cubrieron con tierra. El espacio entre surcos fue de 75 cm con una longitud de 5 m. A los 15 días después de la siembra se depuró una planta cada 15 cm, las plantas que mostraron menor vigor son las que se eliminaron, dejando las que tuvieron mejores características agronómicas.

3.4.- Riegos.

Se estableció un sistema de riego por goteo con una cintilla por surco, con espacios en los orificios de 20 cm y con una capacidad de descarga de .66 L/h. Los riegos se aplicaron en las etapas críticas y donde el cultivo demandaba agua. Para la fertilización se usó una dosis de 120N – 80P – 0K. utilizando un inyector de tipo Venturi para su aplicación durante los riegos.

3.5.- Fertilización

Las unidades de fertilizante se realizaron en 3 aplicaciones, en la primera aplicación fueron 32 kg de urea, 26 de urea ácida y 42 kg de ácido fosfórico; en la segunda 25 de urea, 22 kg de urea ácida y 38 kg de ácido fosfórico. En la tercera se aplicaron 15 kg de urea. Los fertilizantes que se usaron fueron, urea, urea ácida y ácido fosfórico. En el Cuadro 3, se muestran los números de riegos aplicados al experimento, fecha y hora de distribución.

Cuadro 3. Número de riegos, fecha y hora de distribución.

Número de riegos	Fertilizante con Venturi	Horas de distribución	Fecha de riegos.
1		10: 30 AM - 1:30 PM	24-may-19
2	CO(NH ₂) ₂ , H ₃ PO ₄ , CO(NH ₂)	11:10 AM - 2:30 PM	05-jun-19
3		9:30 AM - 4:30 PM	17-jun-19
4		10:30 AM - 5:30 PM	27-jun-19
5	CO(NH ₂) ₂ , H ₃ PO ₄ , CO(NH ₂)	10:00 AM - 12:30 PM	05-jul-19
6	CO(NH ₂)	9:45 AM - 11:15 AM	18-jul-19
7		11:00 AM - 3:00 PM	27-jul-19
8		12:00 PM - 4:30 PM	02-ago-19
9		10:00 AM - 1:30 PM	17-ago-19
10		10:30 AM - 2:00 PM	30-ago-19

CO(NH₂)₂= Urea ácida, H₃PO₄= ácido fosfórico, CO(NH₂) = urea.

3.6.- Control de maleza.

Para el control de maleza se aplicó un agroquímico el 5 de junio de 2019, con el ingrediente activo atrazina-s metoclor, herbicida pre emergente; se realizó con una bomba manual de 15 L, se aplicaron 220 ml del herbicida por cada bomba, el cual se aplicaron dos bombas en la parcela. El 22 de junio se realizó una escarda, con la finalidad de aporcar y seguir con el control de maleza, eliminando así las hierbas indeseables que se encontraron dentro de los surcos de la parcela experimental. A los 30 días, después del aporque se desmalezó el terreno de manera manual, utilizando azadón.

3.7.- Control de plagas.

Durante el experimento se presentó el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), el cual se combatió con un insecticida químico. Se realizaron dos fumigaciones, la primera fue el 12 de junio, aplicando clorantropilprol, ingrediente activo de Dupont Coragen, el cual se recomienda aplicar 75ml – 100 ml/ha. Además de que se agregó 20 ml de Adherente, AF-Optimus y un regulador de pH. La segunda fue el 23 de junio aplicando el mismo producto y

la misma cantidad de ingrediente antes mencionados. Ambas aplicaciones se realizaron con una bomba manual de 15 L.

3.8.- Cosecha.

La cosecha se realizó una vez que el cultivo completó su ciclo vegetativo, se procedió a la recolección de mazorcas (pisca) de forma manual de cada lote de investigación. Se recolectó de cada bloque 3 metros de largo del surco central. Esta actividad se llevó a cabo el 3 de octubre de 2019.

3.9.- Variables evaluadas

Se registraron variables climáticas como: temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación durante la temporada 2019, las cuales fueron proporcionadas por el Centro Meteorológico de Torreón, Organismo de Cuenca Cuencas Centrales del Norte, Dirección Técnica.

3.10.- Variables agronómicas evaluadas

Previo al registro de datos se etiquetó cinco plantas al azar con competencia completa de un surco central de cada parcela con la finalidad de registrar variables de planta y de mazorca (CIMMYT, 1995). Las variables registradas fueron las siguientes:

3.10.1.- Altura de planta (AP)

Esta se tomó con la ayuda de un estadal desde la base del tallo hasta la última hoja de la planta, tomando una planta de la parcela útil de cada tratamiento, resultado expresado en metros (m).

3.10.2.- Diámetro del tallo (DT)

El diámetro se tomó con un vernier, tomado del tallo de la planta de la parcela útil de cada tratamiento, su resultado es expresado en centímetros (cm).

3.10.3.- Días a floración masculina (DFM)

Se tomó en cada parcela, cuantificando los días después de la siembra hasta que la flor masculina (espiga) presentó un 50% de liberación de polen

3.10.4.- Días a floración femenina (DFF)

Se tomó en cada parcela, considerando desde el día de la siembra hasta que la flor femenina presenta 50% de estigmas receptivos

3.10.5.- Numero de hojas (NH)

El número de hojas se contabilizaron a partir de la parte de abajo, después de las dos primeras hojas

3.10.6.- Temperatura del dosel (TD)

Se tomo la temperatura con un termómetro de cultivo, tomándolo desde la altura del pecho con dirección a la altura media del dosel de la planta de cada parcela con tratamiento y sin tratamiento, con el fin de saber si con la aplicación del tratamiento químico variaban las temperaturas.

3.10.7.- Área foliar (AF)

La estimación de área foliar fue a partir de la media de las dimensiones de largo y ancho de la hoja. Longitud de la hoja (L) se midió desde la aurícula hasta

el ápice de la hoja. Ancho de la hoja (A) se midió el centro de la lámina de la hoja. Para calcular el área foliar utilizamos la siguiente ecuación:

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

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

3.10.8.- Rendimiento de grano (RG)

El rendimiento de grano fue calculado con la siguiente ecuación y se expresó en kg ha⁻¹

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

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

3.10.9.- Longitud de mazorca (LM)

La longitud de mazorca la medimos con una regla colocándolas de la más pequeña hasta la más grande

3.10.10.- Diámetro de mazorca (DM)

El diámetro de la mazorca se tomó con un vernier colocándolo a lo ancho de la misma.

3.10.11.- Cobertura de mazorca (COBM)

La cobertura de mazorca se realizó cuando se cosecho, comparando una escala de calificación de la cobertura de mazorca realizada por el CIMMYT donde:

1. Excelente: Las brácteas cubren aparentemente la punta de la mazorca y se extienden más allá de ellas.
2. Regular: cubre aparentemente la punta de la mazorca.
3. Punta expuesta: cubre flojamente la mazorca hasta la punta.
4. Grano expuesto: Las brácteas no cubren la mazorca adecuadamente y dejan la punta algo expuesta.
5. Completamente inaceptable: Cobertura deficiente; la punta está claramente expuesta

3.10.12.- Pudrición de mazorca (PM)

Para la pudrición de mazorca nos basamos en una escala realizado por El CIMMYT, que muestra el porcentaje dañado de la mazorca donde:

- 1 = 0% de granos infectados
- 2 = 10% de granos infectados
- 3 = 20% de granos infectados
- 4 = 30% de granos infectados
- 5 = 40% o más de granos infectados

VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Condiciones climatológicas.

En la Figura 1 se muestran las temperaturas en los meses mayo a octubre del año 2019 tiempo en el cual se realizó el proyecto, donde se registró una temperatura promedio de 28.6°C y con una precipitación total de 136.3 mm. Se puede apreciar que en los meses mayo, junio y agosto se registraron temperaturas máximas rebasando los 40°C teniendo un periodo constante de hasta 5 días. En mayo se obtuvo la temperatura más elevada que fue de 43.3°C, mientras que en octubre se registró una temperatura mínima de 8°C, en este mes se obtuvo un descenso en las temperaturas máximas y mínimas. Las condiciones climatológicas presentes durante el desarrollo del experimento, especialmente los valores de temperaturas máximas indican la posibilidad de que las plantas hayan experimentados un cierto grado de estrés por altas temperaturas, debido a que por momentos las temperaturas sobrepasaron el umbral que tiene registrado para el cultivo de maíz, (Tollenaar *et al.*, 1979). Sin embargo, los periodos breves de estrés por altas temperaturas no coinciden con el periodo crítico del cultivo, por lo cual, probablemente no generó un efecto negativo importante en el rendimiento de grano final (Edreira y Otegui, 2012)

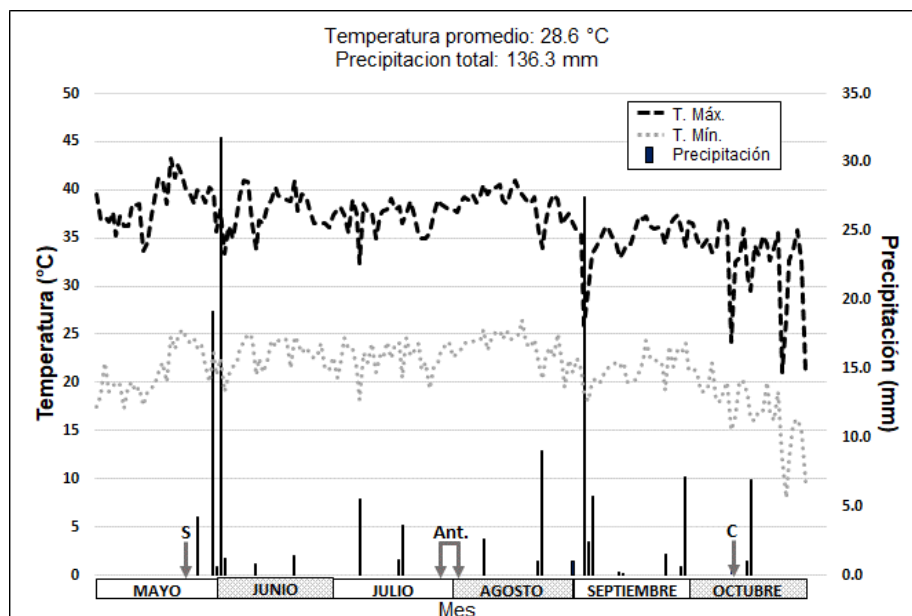


Figura 1. Distribución de la precipitación y temperaturas durante el desarrollo del experimento en Torreón, Coahuila, 2019.

4.2 Análisis de varianza para las variables registradas

Los resultados de análisis de varianza que se presentan en el Cuadro 4 muestran que, para tratamiento con caolinita, se presentaron diferencias significativas de 0.05 únicamente para altura de planta. En cultivares, se presentaron diferencias significativas en altura de planta (0.01), número de hojas (0.001), rendimiento de grano (0.01), y cobertura de mazorca con (0.001). Por último, en la interacción tratamiento^xcultivares, no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) para todas las variables de estudio.

Pérez (2009) muestra que, en diferentes dosis aplicadas en el cultivo de calabacita, se reportó mayor altura de planta cuando se aplicó caolinita en comparación con el tratamiento sin caolinita.

En el estudio realizado por Ortiz (2003), muestra que, en plátano, se reporta diferencias significativas en altura de planta, mostrando una mayor altura cuando se aplicó caolinita en comparación con la que no se aplicó. Sin embargo, en maíz no se había reportado diferencia significativa para la variable altura de planta (Chicaiza, 2018)

Molina, (2021) muestran que no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) para la variable rendimiento de grano, puesto que está determinada por la etapa fenológica en la cual se aplicó el producto.

Cuadro 4. Cuadrados de la media y su significancia estadística en altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), días de floración masculina (DFM), días de floración femenina (DFF), área foliar (AF), número de hojas (NH), rendimiento de grano (RG), longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM) cobertura de mazorca (COBM), pudrición de mazorca (PM) y temperatura del dosel (TD) en el ciclo primavera-verano 2019.

FV	Bloq	Trat	Cult	Trat ^x Cult	Error	Med.	C.V.
G.L.	2	2	12	12			
AP (m)	0.03ns	0.00*	0.07**	0.00ns	0.01	2.31	4.33
DT (cm)	0.57ns	0.1ns	0.08ns	0.58ns	1.28	26.49	4.27
DFM (d)	160.16ns	126.04ns	92.81ns	142.37ns	128.72	69.7	16.27
DFF (d)	69.12ns	42.66ns	34.83ns	33.11ns	36.18	70.25	8.56
AF (cm)	11270.04*	6034.09ns	2183.68ns	3122.80ns	2076.49	6.56	693.85
NH	0.125ns	0.37ns	0.81***	0.15ns	0.06	13.87	1.89
RG (t ha ⁻¹)	2.83ns	3.83ns	13.45**	0.31ns	1.41	4.29	27.66
LM (cm)	1.36ns	4.00ns	4.02ns	2.01ns	1.88	15.53	8.84
DM (mm)	3.61ns	3.84ns	15.77ns	17.26ns	14.13	40.84	9.2
COBM	0.54ns	0.04ns	13.04***	0.04ns	29	1.79	30.14
PM	0.29ns	2.66ns	1.24ns	0.77ns	0.9	1.83	51.82
TD (°C)	6.44***	2.87ns	0.28ns	0.44ns	0.64	24.7	3.25

ns = No significativo. *, **, *** = Significativo al 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente.

Bloq = Bloque; Trat = Tratamiento; Cult = Cultivar; C.V. = Coeficiente de variación; G.L. = Grados de libertad.

4.3.- Temperaturas del dosel con y sin caolinita

En la Figura 2 se muestra las temperaturas del dosel del cultivo tomadas a partir de la etapa fenológica de antesis, que comenzó a mediados del mes de julio y principios de agosto, cuando inició la aplicación del producto a base de caolinita llamado Surround. La temperatura máxima que se presentó para el tratamiento sin caolinita fue de 30.7°C, y una mínima de 22.83°C. Para el tratamiento con caolinita la máxima fue de 30.6°C, y obteniendo una mínima de 22.3°C. Por otra parte, se observa en la Figura 2, dos regresiones en donde cada una correlaciona la temperatura del dosel con el tiempo después de antesis en los tratamientos con y sin caolinita para todos los cultivares, observando que no hay ninguna variación en la tendencia de las dos regresiones, lo que explica que no hubo ninguna tendencia a la baja de la

temperatura del dosel en el tratamiento con caolinita comparado con el tratamiento sin caolinita, además que las regresiones positivas están traslapadas en el mismo sentido sin ninguna diferencia entre ambos tratamientos (con y sin caolinita), como se puede comprobar en la variable de temperatura del dosel de los análisis de varianza (Cuadro 4), donde se muestra que no hubo ninguna diferencia significativa ($p > 0.05$).

En comparación con otros experimentos basados en aplicación de caolinita para la reducción de temperaturas del dosel, como en el cultivo de lechuga, tampoco se han obtenido resultados favorables, pero, difiere en los resultados obtenidos por Ortiz *et. al.* (2012) en el cultivo de plátano, donde la arcilla de caolinita disminuyó la temperatura del haz de las hojas $1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, también Glenn *et. al.*, (2002) en su investigación en el cultivo de manzana donde la temperatura redujo $4.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ en comparación con la temperatura de las plantas no aplicadas. Jifon y Syvertsen (2003) en el cultivo de uva redujo la temperatura a $3.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ en comparación con el tratamiento donde no se aplicó caolinita. Steiman *et. al.*, (2007) demostraron que en cultivo de café la caolinita disminuyó la temperatura $3.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ en comparación con el testigo.

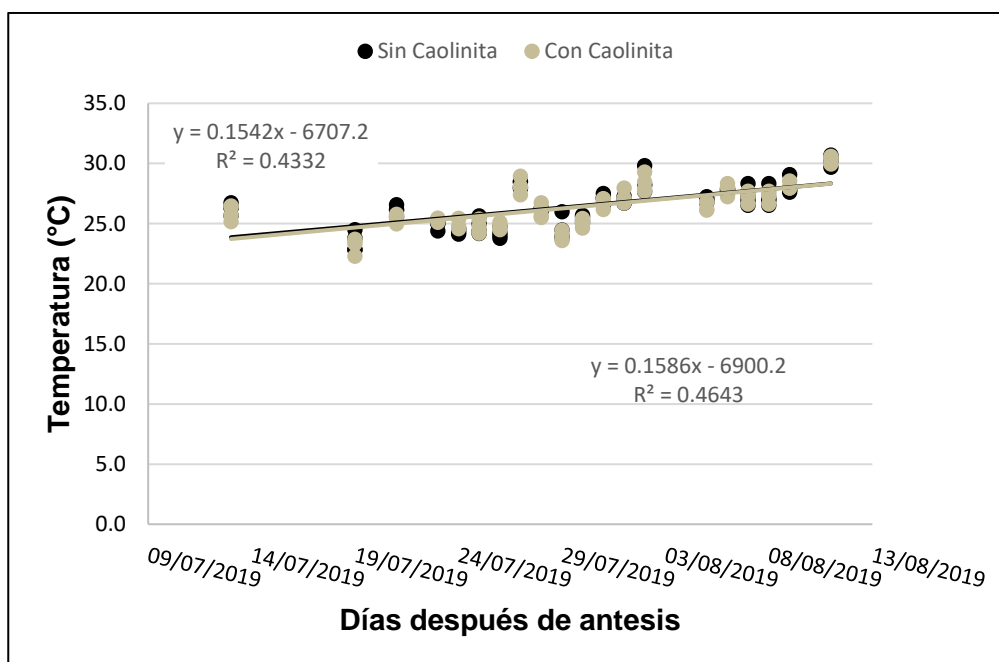


Figura 2. Temperaturas del dosel de cuatro híbridos de maíz con y sin caolinita en Torreón, Coahuila, 2019.

4.4 Comparación de medias entre tratamientos de caolinita.

En comparación de medias entre tratamientos de caolinita representadas en el Cuadro 5, observamos que para altura de planta en el tratamiento con caolinita fue significativamente mayor con un valor de 2.32 m mientras que para el tratamiento sin caolinita fue de 2.29 m.

Para las variables días a floración masculina y femenina, a pesar de que no hubo diferencias significativas ($p>0.05$) en el tratamiento con caolinita se registró una precocidad en los híbridos a comparación con el tratamiento sin caolinita.

Para la variable área foliar el valor fue mayor comparado con el tratamiento con caolinita, pero estos no fueron estadísticamente diferentes. De igual manera pasó con la variable rendimiento de grano, el tratamiento con caolinita tubo un menor rendimiento que el tratamiento sin caolinita, pero estadísticamente no tuvieron diferencias significativas. En rendimiento de grano, el tratamiento sin caolinita tuvo una cantidad mayor (4.69 t ha^{-1}), en comparación al tratamiento con caolinita, el cual obtuvo un rendimiento de 3.89 t ha^{-1} .

Para la variable número de hojas, en ambos tratamientos (con y sin caolinita), no hubo diferencias significativas ($p>0.05$), donde ambos tratamientos obtuvieron 14 hojas.

Para las variables longitud de mazorca, diámetro de mazorca, cobertura de mazorca y pudrición de mazorca no hubo diferencias significativas ($p>0.05$). Para la variable temperatura del dosel tampoco hubo efectos en los tratamientos, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Russo y Díaz, (2005) en pimiento, en donde la aplicación de caolinita no tuvo un efecto sobre

la temperatura de las hojas la cual ellos lo atribuyen a la baja dosis de aplicación. Por otra parte, Gómez (2017) muestra que en el cultivo de lechuga al aplicar dosis diferentes de caolinita (0, 15, 25, 35 kg ha⁻¹) no se encontraron diferencias estadísticas en rendimiento. Gutiérrez (2014), en su investigación en el cultivo de tomate nos dice que, aplicando caolinita en la etapa de desarrollo de frutos y a los botones florales de la planta, se obtiene un rendimiento de 40.82 t ha⁻¹, comparado con el tratamiento donde no se aplicó caolinita, en donde su rendimiento fue de 39.5 t ha⁻¹.

A pesar de que las variables longitud de mazorca y diámetro de mazorca no hubo diferencias significativas ($p>0.05$), el tratamiento con caolinita obtuvo una mayor respuesta, comparado con el tratamiento sin caolinita, mientras que para pudrición de mazorca el tratamiento sin caolinita fue mayor que el tratamiento con caolinita, sin embargo, no hubo diferencias significativas

Cuadro 5. Comportamiento promedio de los tratamientos con y sin caolinita para altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), días de floración masculina (DFM), días de floración femenina (DFF), área foliar (AF), número de hojas (NH), rendimiento de grano (RG), longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM), cobertura de mazorca (COBM), pudrición de mazorca (PM) y temperatura del dosel (TD) en el ciclo primavera-verano 2019.

Trat	AP (m)	DT (cm)	DFM (d)	DFF (d)	AF (cm)	NH	RG (tha ⁻¹)	LM (cm)	DM (mm)	COBM	PM	TD (°C)
S/T	2.29b [§]	26.29a	72a	71.58a	709.71a	14.00a	4.69a	15.12a	40.44a	1.83a	2.16a	24.35a
C/T	2.32a	26.69a	67.41a	98.91a	678a	14.00a	3.89a	15.94a	41.24a	1.75a	1.50a	25.05a
DSM _{Tukey}	0.02	2.6	23.24	9.9	124.37	0.62	2.71	2.42	3.26	0.35	1.99	3.64

[§] Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente entre sí (DMS 0.05).

S/T = Sin tratamiento con caolinita; C/T = Con tratamiento de caolinita.

4.5 Comparación de medias entre híbridos de maíz.

En el Cuadro 5 de comparación entre cultivares para la variable altura de planta muestra que todos los híbridos se comportaron diferente, teniendo una mayor altura el híbrido 8576 con 2.43 m, siguiendo RS8510 con una altura de 2.38 m, después el híbrido RS8520 con una altura de 2.24 m, y por último el híbrido con menor altura de planta fue CRM54 con 2.19 m. Para diámetro de tallo, el híbrido con mayor grosor fue RS8510 con 27.36 mm, seguido por 8576 con 26.60 mm, después el híbrido CRM54 con 26.51 mm y por último el híbrido RS8520 con un grosor de 25.49 mm.

Para la variable días a floración masculina, el híbrido más precoz fue RS8510 con 64 días, luego siguió CRM54 con 71 días. Los híbridos más tardíos fueron RS8520 y 8576 con 72 días cada uno. Para días a floración femenina, el híbrido más precoz RS8510, siguiendo el cultivar CRM54 con 69 días, después el híbrido 8576 con 70 días, por último, el cultivar más tardío fue RS8520 con 74 días.

Para la variable área foliar los híbridos que tuvieron una mayor similitud fueron RS8510 con 708.13 cm² y RS8520 con 708.04 cm². Siguiendo de ellos el híbrido 8576 con un área foliar de 691.46 cm² respectivamente. Por último, el cultivar que menor cobertura tubo fue CRM54 con 667.7 cm². En el variante número de hojas, para todos los híbridos no hubo diferencias significativas ($p>0.05$), excepto RS8510 con 13 hojas. Aldrich et. al. (1968) nos dice que el número de hojas puede variar entre 12 y 24, siendo común que oscile entre 15 y 22, por lo tanto, el número de hojas en este experimento no fue modificado.

Para el rendimiento de grano, no se encontraron diferencias estadísticas ($p>0.05$) entre tratamientos de caolinita, sin embargo, el rendimiento si vario entre los cultivares. El híbrido RS8510 fue el que obtuvo un rendimiento más alto (5.4 t ha⁻¹), seguido por el híbrido RS8520 (5.26 t ha⁻¹), seguido por CRM54 (4.34 t ha⁻¹) y por último 8576 (2.15 t ha⁻¹). Molina (2021), mostró que es su experimento no difieren los rendimientos significativamente, mientras que

González (2020) en su experimento demostró que el mayor rendimiento lo obtuvo el híbrido CRM54 con 7.22 t ha⁻¹.

Para la variable longitud de mazorca el híbrido con mayor longitud fue CRM54 (16.54), seguido de (RS8510 (15.63), luego RS8520 (15.36) y por último el híbrido 8576 (14.58). Para diámetro de tallo el híbrido que obtuvo el mayor valor fue RS8510 (43.21), enseguida el CRM54 (40.53), después RS8520 (39.9) y por último, 8576 (39.71). Para cobertura de mazorca, el híbrido que obtuvo un valor mayor fue 8576 (4), después, CRM54 (1.16) por último los híbridos con el mismo valor fueron RS8510 y RS8520 (1). Para pudrición de mazorca, el que obtuvo una mayor pudrición fue 8576 con 4, seguido de RS8520 y RS8510 con 2 respectivamente, por último, el híbrido CRM54 con 1.

Cuadro 6 Comparación de medias entre los cuatro híbridos de maíz para las variables altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), días de floración masculina (DFM), días de floración femenina (DFF), área foliar (AF), número de hojas (NH) y rendimiento de grano (RG), longitud de mazorca (LM), diámetro de mazorca (DM) cobertura de mazorca (COBM) y pudrición de mazorca (PM) y temperatura del dosel (TD) en el ciclo primavera-verano 2019.

CULT	AP (m)	DT (cm)	DFM (d)	DFF (d)	AF (cm)	NH	RG (tha ⁻¹)	LM (cm)	DM (mm)	COBM	PM	TD (°C)
CRM54	2.19c [§]	26.51a	71a	69a	667.7a	14a	4.34a	16.56a	40.53a	1.16b	1a	24.78a
RS8520	2.24bc	25.49a	72a	74a	708.04a	14a	5.26a	15.35a	39.90a	1.00b	2a	24.68a
RS8510	2.38bc	27.36a	64a	68a	708.13a	13b	5.40a	15.63a	43.21a	1.00b	2a	24.93a
8576	2.43a	26.60a	72.a	70a	691.48a	14a	2.15b	14.58a	39.71a	4.00a	3a	24.41a
DSM_{Tukey}	0.17	1.94	19.44	10.31	78.1	0.45	2.03	2.35	6.44	0.92	1.62	1.37

[§] Medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente entre sí (DMS 0.05).

V.- CONCLUSIONES

En base a las condiciones en que se desarrolló este trabajo. La metodología aplicada y los resultados que se obtuvieron, se pueden establecer las conclusiones siguientes:

- El tratamiento de caolinita no afectó las variables registradas en este experimento, excepto para la variable altura de planta.
- Es probable que la falta de diferencias significativas en la mayoría de las variables registradas con el uso de caolinita este determinado por la etapa fenológica (previo a la antesis), en la cual se aplicó el protectante solar.
- Se mostró variabilidad entre los híbridos de maíz para las variables altura de planta, número de hojas, rendimiento de grano y cobertura de mazorca.
- El híbrido RS-8510 (ROYAL) alcanzó los mayores rendimientos de grano (5.4 t ha⁻¹).
- Este trabajo puede ser considerado como base para realizar nuevos ensayos en el uso de protectantes a base de caolinita en el cultivo de maíz.

VI.- BIBLIOGRAFÍA

- Aldrich, S. R.; Scott, W. O., & Hoefl, R. G. (1986).** Modern corn production. Third edition. A y L Publications. Inc Champaign, Illinois, EUA, 358.
- Arrhenius, S. (1896).** On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *Philosophical Magazine* 41: 237-276.
- Baradas, M. W. (1994).** Crop requirements of tropical crops. *In: handbook of agricultural meteorology.* J. F. Griffiths Editor. Oxford Univ. Press. New York. 189-202 pp.
- Bunting, A. H., Dennett, M. D. Elson, J., & Speed, C. B. (1983). Climate and crop distribution. *Food, nutrition and climate/edited by Sir Kenneth Blaxter and Leslie Fowden.*
- Chicaiza, L. A. (2018).** Evaluación de varias dosis de caolín y momentos de aplicación en el cultivo de maíz (*zea mays* L.) y su impacto en la reproductividad. Tesis de licenciatura. Universidad De Guayaquil. Honduras. Pp 71.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2014).** Maíz grano, maíz palomero. pp. 156-158. *In: CONAGUA/SEMARNAT. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2012-2013.*
- De la Roca M. (2003).** Surround crop protectant: La capa protectora natural para los cultivos como el olivar. *Phytoma* 148, 82-85.
- Donnet, L., D. López, J. Arista, F. Carrión, V. Hernández y A. González. (2012).** El potencial de mercado de semillas mejoradas de maíz en México. CIMMYT. México. ISBN: 978-607-8263-07-3.
- 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 Sci.*, 32: 1225-1232.
- Espinosa-Calderón, A., M. Tadeo-Robledo, A. Turrent-Fernández, N. Gómez-Montiel, M. Sierra-Macías, F. Caballero- Hernández, R. Valdivia-Bernal y F. Rodríguez-Montalvo. (2009).** El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias* 92-93: 118-125.
- Gómez, K. (2017).** Efecto de dosis y frecuencia de aplicación de arcilla de caolinita en la producción de lechuga a campo abierto. Tesis de licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. Pp 20.
- González Ch. J. (2020).** El silicato de aluminio reduce el estrés térmico en el rendimiento de grano de maíz. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. Pp 29.

- Gutiérrez, J. C. (2014).** Efectos de dos protectantes solares sobre el estrés térmico en el cultivo de tomate: la Fragua, Zacapa. Tesis de licenciatura. Universidad Rafael Landívar. Zacapa, Guatemala. Pp 66.
- Hansen, J. E., and A. A. Laces. (1990).** Sun and dust versus greenhouse gases: an assessment of their relative roles in global climate change. *Nature* 346: 713-719.
- Jáuregui, E., and A. Tejeda. (2001).** A scenario of human thermal comfort in Mexico City for 2CO₂ conditions. *Atmósfera* 14(3): 125-138.
- Jáuregui-Ostos, E. (1995).** Algunas alteraciones de largo período del clima de la Ciudad de México debidas a la urbanización. *Revisión y perspectivas. Investigaciones Geográficas* 31:9-44.
- Jifon JL y Syvertsen JP. (2003).** Kaolin particle film applications can increase photosynthesis and water use efficiency of ruby red grapefruit leaves. *Journal of the American Society for HortScience*; [consultado 2017 sept 08]. 128(1): 107-112.
- Jiménez, J. (2003).** Efecto del surround (kaolinita) en los rendimientos y en el daño de la fruta por quema del sol en el melón chino C.V. Century. Informe técnico, programa de hortalizas, 2004. Pp 82 – 84.
- Manabe, S., R. T. Wetherald, and R. J. Stouffer. (1981).** Summer dryness due to an increase of atmospheric CO₂ concentration. *Climatic Change* 3(4): 347-386.
- Matsuoka, Y., Y. Vigouroux, M. M. Goodman, J. Sánchez G., E. Buckler, and J. Doebley. (2002).** A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences, U. S. A.* 99 (9): 6080-6084.
- Miller, G. (2007).** *Ciencia ambiental: Desarrollo sostenible, un enfoque integral*, 8va edición, Editores Internacional Thomson, México.
- Molina A. E. (2021).** Rendimiento y calidad de semilla en cuatro híbridos de maíz aplicando caolinita para reducir el estrés por altas temperaturas en Torreón, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila. Pp 29.
- Mousavi, M. E., J. L. Irish, A. E. Frey, F. Olivera, and B. L. Edge. (2011).** Global warming and hurricanes: the potential impact of hurricane intensification and sea level rise on coastal flooding. From the issue entitled *Climatic Change Letters* 783-801. *NovaSource*; (2017). (Surround, Productor) Recuperado el 11 de Julio de 2017.
- Organización Nacional de las Naciones Unidas (ONU). (2021).** Cambio climático: América Latina una de las regiones más afectadas.

- Ortiz, R. A. (2013).** Aplicación de surround wp y Green sol 70 en meristemas de banano en vivero. XX Reunião Internacional da Associação para a Cooperação em Pesquisa e Desenvolvimento Integral das Musáceas (Bananas e Plátanos). Fortaleza. Pp 169.
- Pérez, C.** Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. Agricultura técnica de México. Volumen (32). Pp 241 – 352.
- Pfeffer, W. T., J. T. Harper, and S. O'Neel. (2008).** Kinematic constraints on glacier contributions to 21st-century sea-level rise. *Science* 321: 1340-1343.
- Porch, T.G., and A.E. Hall. (2013).** Heat tolerance. In: C. Kole, editor, *Genomics and breeding for climate-resilient crops*. Vol. 2. Springer-Verlag, Berlin, GER. p. 167-202.
- Reynolds, M.; Delgado. M.; Gutiérrez, R. y Larqué, A. (2000).** Photosynthesis of wheat in a warm, irrigated environment. I. Genetic diversity and crop productivity. *Field Crops Res.* 66:37-50.
- Rincón, J.A., S. Castro, J.A. López, A.J. Huerta, C. Trejo, y F. Briones. (2006).** Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz tropical. *Phyton (Buenos Aires)* 75:31-40.
- Romero, A., Martí, E., Tous, J. (2006).** Aplicación del caolín como tratamiento contra la mosca en el cultivo ecológico del olivo en distintas zonas de Cataluña. Generalitat de Cataluña. Consejería de Agricultura y Ganadería.
- Russo VM, Díaz JC. (2005).** Kaolin-based particle film has no effect on physiological measurements, diseases incidence or yield in peppers. *HortScience*; [consultado 2017 sept 14]. 40(1): 98-101.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020).** Panorama Agroalimentario, edición 2020, pag 91-94.
- Steiman SR, Bittenbender HC, Idol TW. (2007).** Analysis of kaolin particle film use and its application on coffee. *HortScience*; [consultado 2017 jun 20]. 42(7): 1605-1608.
- Steiman, S. R. (2007).** Analysis of kaolin particle film use and its application on coffee. *Hortscience*. Volumen (42). Pp 1605 – 1608.
- Vázquez-Botello, A. (2008).** Evaluación nacional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera mexicana y de los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar debido al cambio climático y fenómenos hidrometeorológicos extremos. Informe Final. INE, UNAM, SEMARNAT. 121 p.

- Wang, M., and J. E. Overland. (2009).** A sea ice free summer arctic within 30 years? *Geophys. Res. Lett.* 36:20-25.
- Warrington I. J., & Kenemasu, E. T. (1983).** Corn Growth Response to Temperature and Photoperiod I. Seedling Emergence, Tassel Initiation, and Metabolism. *Crop science*, 39(6), 1733-1741.
- Wong-Romero, R., E. Gutiérrez-del Río, A. Palomo-Gil, S. A. Rodríguez-Herrera, H. Córdova-Orellana, A. Espinoza-Banda y J. J. Lozano-García. (2007).** Aptitud combinatoria de componentes del rendimiento en líneas de maíz para grano en la Comarca Lagunera, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 30: 181-189.
- Zamudio-González, B., A. Espinosa-Calderón, M. Tadeo-Robledo, J. J. Encastín-Dionicio, J. N. Martínez Rodríguez, A. Félix-Reyes, A. L. Cárdenas Marcelo y A. Turrent-Fernández. (2015).** Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6: 1491-1505.

VII.- ANEXOS

Constancia de IV CONGRESO NACIONAL Y DE 2° INTERNACIONAL DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DEL TECN. M.



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

**EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
A TRAVÉS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ROQUE**

OTORGA LA PRESENTE

CONSTANCIA

A

**JORGE QUIROZ MERCADO, MARÍA JOSÉ DEL RÍO
RIVAS, JORGE QUIROZ MERCADO, ORALIA ANTUNA
GRIJALVA Y ARMANDO ESPINOZA BANDA**

POR SU VALIOSA PARTICIPACIÓN CON EL CARTEL RESPUESTA AGRONÓMICA DE CUATRO HÍBRIDOS DE MAÍZ UTILIZANDO CAOLINITA PARA REDUCIR EL EFECTO DE ESTRÉS POR ALTAS TEMPERATURAS EN TORREÓN, COAHUILA EN EL "IV CONGRESO NACIONAL Y 2° INTERNACIONAL DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DEL TECN. M.", REALIZADO DEL 29 DE NOVIEMBRE AL 03 DE DICIEMBRE DE 2021.

ICELAYA, OTO., A 03 DE DICIEMBRE DE 2021.

MTRG. MANUEL DE JESÚS QUIROZ SICAUROS

DIRECTOR



Instituto Tecnológico de
Roque

