

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Rendimiento y calidad de semilla en cuatro híbridos de maíz aplicando caolinita para reducir el efecto de estrés por altas temperaturas en Torreón

POR

EDGAR MOLINA AYALA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

NOVIEMBRE, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Rendimiento y calidad de semilla en cuatro híbridos de maíz aplicando caolinita para reducir el efecto de estrés por altas temperaturas en Torreón

Por:

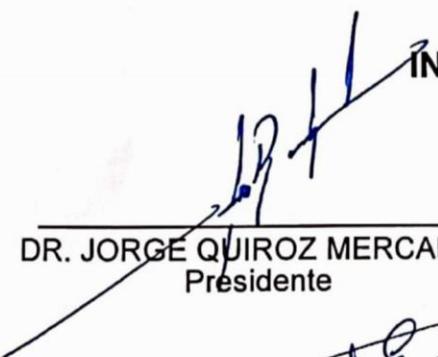
EDGAR MOLINA AYALA

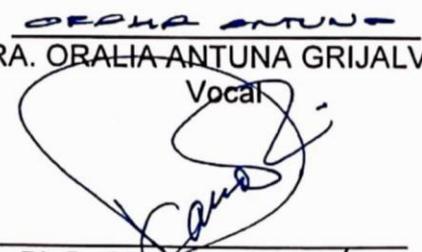
TESIS

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

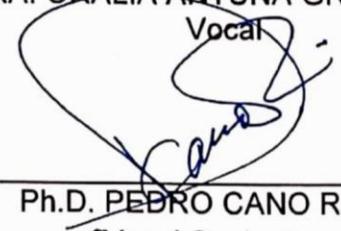
INGENIERO AGRÓNOMO

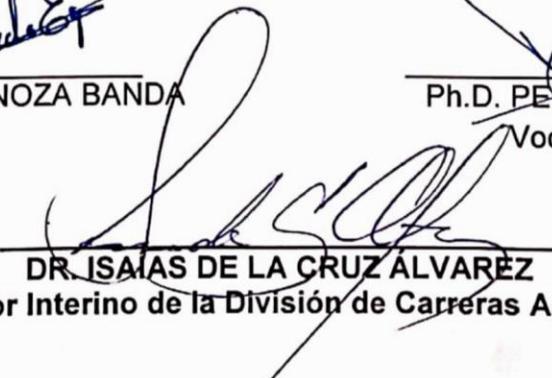
Aprobada por:


DR. JORGE QUIROZ MERCADO
Presidente


DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA
Vocal


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA
Vocal


Ph.D. PEDRO CANO RÍOS
Vocal Suplente


DR. ISAIAS DE LA CRUZ ÁLVAREZ
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
NOVIEMBRE 2021

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Rendimiento y calidad de semilla en cuatro híbridos de maíz aplicando caolinita para reducir el efecto de estrés por altas temperaturas en Torreón

Por:

EDGAR MOLINA AYALA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

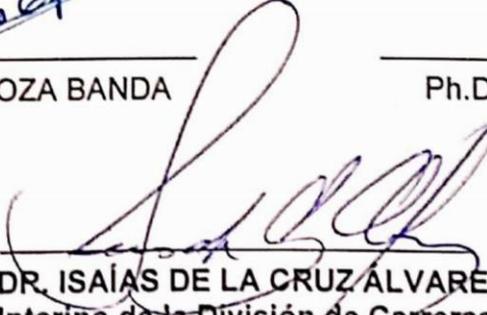
Aprobada por el Comité de Asesoría:


DR. JORGE QUIROZ MERCADO
Asesor Principal


DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA
Coasesor


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA
Coasesor


Ph.D. PEDRO CANO RÍOS
Coasesor


DR. ISAÍAS DE LA CRUZ ÁLVAREZ
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México
NOVIEMBRE 2021

AGRADECIMIENTOS.

Quiero expresar mis agradecimientos a todas aquellas personas que me apoyaron durante toda la carrera y también al cuerpo académico que me orientaron para desarrollar este trabajo.

A Dios y al Sr. De Chalma por darme la fortaleza necesaria para concluir mi carrera y guiarme durante estos años de estudios.

Mi alma Terra mater, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que fue mi casa de estudios y me brindó todos los recursos disponibles para terminar mi carrera y desarrollar este experimento.

Dr. Jorge Quiróz M. Por apoyarme a realizar este trabajo, por su esfuerzo, dedicación y comprensión, por darme ánimos para concluir este trabajo.

Dra. Oralía Antuna G., y Dr. Armado Espinoza Banda. Por formar parte del experimento y el jurado.

A mis papás y hermanos por ser el pilar fundamental para lograr mi meta, por sus consejos, porque siempre estuvieron conmigo apoyándome para terminar la carrera.

A toda mi familia que siempre me alentaron a salir adelante y no desanimarme, que de alguna manera me impulsaron a seguir y concluir esta meta.

A mi familia Bravo Medina, por todo el apoyo brindado por los consejos y ánimos.

A mis compañeros y amigos, Elizabeth, Marcelino, Ricardo, M. José, Nallely, Citlalli.

DEDICATORIAS

A mis papás, Vicente Molina y María A. Ayala.

Por ser el sostén principal para lograr mi carrera. Por su ejemplo y por su actitud inquebrantable de ser un hombre de bien, por inculcarme valores y salir adelante. Por tenerme paciencia y estar pendiente en mis estudios.

A mis hermanos, Aurora, Eleazar y Mayra.

por estar a mi lado cuando los necesito y por su apoyo incondicional durante mi carrera, por su comprensión y por estar siempre unidos.

A Mis sobrinitos.

Leslie, Eleazar, Evelin y Eden, que en algunos momentos críticos siempre me sacaron una sonrisa y darme ese impulso de seguir adelante.

A toda familia la familia Molina y Ayala.

por darme ánimos.

A mi Alma Terra Mater.

Por ser mi casa de estudios en donde adquirí conocimientos, y desarrollar este trabajo.

RESUMEN

El golpe de calor provoca daños en el crecimiento y desarrollo de las plantas, está determinado principalmente por las características del cultivo. La utilización de protectantes solares a base de caolinita para disminuir el estrés térmico en las plantas es algo relativamente nuevo y no se tiene suficiente información aplicada hacia el cultivo de maíz. Se estableció un experimento 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 (con y sin caolinita). Se registraron variables de calidad y componentes del rendimiento. Entre cultivares hubo diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para las variables de altura de planta, número de mazorcas, longitud de grano y rendimiento de grano. Mientras que, para el factor tratamiento con caolinita, no se mostraron diferencias significativas en todas las variables de estudio, excepto para altura de planta. El mayor rendimiento alcanzado por los cultivares lo obtuvo el híbrido RS-8510, con un rendimiento promedio de 5.4 t ha^{-1} . Es probable que la falta de diferencias significativas en el uso de caolinita esté determinado por la etapa fenológica en la cual se aplicó el protectante solar. 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.

Palabras claves: Caolinita, Maíz, Híbridos, Rendimiento, Calidad

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
TABLA DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	4
Hipótesis	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Producción del maíz a nivel Nacional.	5
2.2 Factores que limitan el rendimiento en maíz.....	6
2.3 Rendimiento de grano y sus componentes numéricos.....	8
2.4.- Parámetros de calidad de la semilla de maíz.	9
2.5 Efecto de altas temperaturas en el cultivo de maíz.	11
2.6 Aplicaciones de caolinita para el control del golpe de calor.	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1 Ubicación del área de estudio.....	15
3.2 Tratamientos.....	15
3.3 Manejo del experimento.	17
3.4 Riegos.	17
3.5 Fertilización	17
3.6 Control de maleza.	18
3.7 Control de plagas.....	19
3.8 Cosecha.	19
3.9 Variables evaluadas.....	19

3.9.1 Altura de planta.....	20
3.9.2 Días a floración masculina.....	20
3.9.3 Días a floración femenina.	20
3.9.4 P1000g.	20
3.9.5 Número de mazorcas.....	21
3.9.6 Ancho de semilla y espesor de semilla.	21
3.9.7 Longitud de semilla.	21
3.9.8 Rendimiento de grano (Rendimiento / Ha)	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1 Condiciones Climatológicas.	23
4.2 Análisis de varianza para las variables registradas.....	24
4.3 Comparación de medias entre tratamientos de caolinita.....	25
4.4 Comparación de medias entre híbridos de maíz.....	28
V. CONCLUSIONES.....	30
BIBLIOGRAFÍA	31

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ciclo vegetativo, días a floración, altura de planta y altura de mazorca de cuatro híbridos de maíz.	16
Cuadro 2. Fecha de aplicación, etapa fenológica y dosis del producto.....	16
Cuadro 3. Número de riegos, fecha y hora de distribución.....	18
Cuadro 4. Valores de F y su significancia estadística de los análisis de varianza	25
Cuadro 5. Comportamiento promedio de los tratamientos con caolinita,	27
Cuadro 6. Comportamiento promedio de cuatro híbridos de maíz,.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de la precipitación y temperaturas durante el desarrollo del experimento en Torreó, Coahuila, 2019.	24
--	-----------

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz es uno de los cereales más importantes en el mundo por su alto valor nutritivo, tanto para la alimentación humana como para la alimentación animal (Hoyos, 2018). Es una especie que presenta una gran diversidad genética de maíces criollos y mejorados (Matzuka *et al.*, 2002); y puede adaptarse a diferentes condiciones climáticas, como son ambientes de clima desértico cálido, donde las temperaturas máximas en el año pueden superar los 30°C. (Baradas, 1994)

La sensibilidad de una planta a altas temperaturas depende principalmente de las características del cultivo. El estrés por alta temperatura afecta el establecimiento de los cultivos desde la germinación de las semillas, y tiene efectos inmediatos sobre el vigor de las plántulas. En plantas de maíz sometidas a temperaturas superiores a 35°C por más de ocho días durante la etapa de floración sufren una reducción de hasta 74% en el rendimiento (Rincón *et al.*, 2006). La presencia de altas temperaturas afecta los periodos de polinización y fecundación, lo que trae como consecuencia menor número de granos y menor rendimiento de grano. Esta condición se debe a la falta de fecundación y desarrollo de granos en las mazorcas, resultado de la desecación de los estigmas y los granos de polen (Cheikh y Jones, 1994).

El rendimiento y la calidad de la semilla son aspectos importantes que determinan la rentabilidad de la producción de semillas de maíz. Los componentes que determinan la máxima calidad de una semilla de maíz son: genético, fisiológico, físico y fitosanitario. La calidad física de la semilla se puede evaluar considerando criterios como contenido de humedad, pureza física, daño mecánico, apariencia, peso de mil semillas y peso volumétrico, entre otros

(Tillmann *et al.*, 2003). Mientras que, el tamaño de semilla obtenido depende del genotipo y de las condiciones ambientales en las cuales se desarrollan las plantas. El tamaño de semilla es importante porque tiene impacto en el porcentaje de emergencia total (Molatudi y Mariga, 2009), y en la sobrevivencia, crecimiento y desarrollo de plántulas (Copeland y McDonald, 2001), por lo que, el tamaño (El-Abady, 2015; Muniz *et al.*, 2011) y forma (Ayala *et al.*, 2000; Martinelli-Seneme *et al.*, 2000) están fuertemente relacionadas con la calidad fisiológica. El efecto de altas temperaturas también puede afectar la calidad de la semilla por una reducción en el periodo de llenado de grano incidiendo en el peso final de los mismos (Lonquits y Jugenheimer, 1943; Sadras y Calderini, 2014).

Recientemente, el uso de protectantes solares a base caolinita han sido utilizados como alternativa para aminorar los efectos de altas temperaturas en cultivos como café (Steiman *et al.*, 2007), plátano (Ortiz *et al.* 2013), uva (Glenn *et al.*, 2010), entre otros. La caolinita tiene un gran uso en su aplicación sobre las hojas y se ha demostrado gran utilidad para el control del estrés térmico, lo cual, ha incidido en una mejora del rendimiento final de algunos cultivos (Steiman *et al.*, 2007; Jiménez, 2003). Sin embargo, recientemente se hizo un estudio donde se evaluó el uso de la caolinita en el cultivo de maíz, observando diferencias no significativas en el rendimiento final (Chicaiza, 2018; González, 2020).

Por otro lado, investigaciones recientes sobre escenarios de cambio climático han reportado que en la mayor parte de México han ocurrido aumentos de temperatura que varían de región en región. Proyecciones realizadas por medio de modelos de simulación indican que los mayores aumentos de temperatura se proyectan hacia la parte norte de México (INECC, 2018). En este contexto, incrementos de temperaturas será un factor que afectará el desarrollo y crecimiento de los cultivos. El uso de protectantes solares en los cultivos puede ser una alternativa que puede ser evaluada para hacer frente a los efectos de

altas temperaturas en los sistemas de producción agrícola. Sin embargo, hay muy pocos estudios para conocer la efectividad de la caolinita en maíz para aminorar los efectos de altas temperaturas en el rendimiento y la calidad de la semilla. Y mucho menos hay evaluaciones hechas en ambientes característico de la región norte del país donde las altas temperaturas condicionan estos dos aspectos importantes. Por lo anterior, se realizó este trabajo con el objetivo de evaluar aspectos de calidad y rendimiento de grano en cuatro híbridos de maíz utilizando la caolinita como protector solar para reducir el estrés por altas temperaturas en Torreón, Coahuila.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la caolinita sobre el rendimiento y la calidad de la semilla en cuatro híbridos de maíz en ambientes característicos de Torreón.

Hipótesis

- 1.- El producto a base de caolinita reduce el efecto de estrés por altas temperaturas en el rendimiento y la calidad de la semilla.
- 2.- Hay diferencias entre híbridos de maíz para todas las variables evaluadas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Producción del maíz a nivel Nacional.

El maíz es uno de los cereales más importante en el mundo, esto se debe a que aporta muchos elementos nutritivos a los humanos, y a los animales. Además, se procesa para obtener otros elementos derivados de la industria del maíz. En México, el cultivo de maíz es una de las actividades económicas más importantes del país, y tiene una gran diversidad genética de criollos y materiales mejorados. Su producción se divide en dos variables, el grano blanco se destina principalmente al consumo humano, mientras que el de grano amarillo, se destina principalmente para la fabricación de alimentos balanceados y al sector pecuario. De acuerdo con cifras oficiales la producción en el año 2007 fue de 27.8 millones de toneladas, mientras que la superficie establecida, en el mismo año fue de 7.5 millones hectáreas (ASERCA., 2018).

En México, la media del rendimiento de grano de maíz es de 3.8 t ha^{-1} , este varía dependiendo a la zona que sea establecido el cultivo, en temporal tiende a disminuir alcanzando un promedio de 2.5 t ha^{-1} y bajo riego alcanza 8.6 t ha^{-1} (FIRA, 2019). En la comarca lagunera, se estima que la superficie establecida es de aproximadamente 60,000 hectáreas para grano y forraje, no obstante, existen pocos estudios sobre la calidad de este cultivo, esto se debe a que la falta de agua es prioritaria para su desarrollo y el agua subterránea ha sido muy sobre explotado, en la actualidad se le ha dado más enfoque a las investigaciones para producir maíz forrajero, y así satisfacer la demanda del sector pecuario de la región tomando como referencia el riego por gravedad (INIFAP, 2006).

Los rendimientos promedios de maíz para grano en la comarca lagunera son de 3.3 t ha⁻¹ en riego (Wong *et al.*, 2007) con una superficie de 1115 hectáreas en su mayoría con híbridos comerciales desarrollados por compañías transnacionales e introducidas en otras áreas del país (Donnet *et al.*, 2012; CONAGUA, 2014).

2.2 Factores que limitan el rendimiento en maíz.

La intensificación de la producción implica la incorporación de nuevas tecnologías y desarrollo de estrategias para aumentar los rendimientos por unidad de superficie, haciendo un uso adecuado de los recursos que necesitan los cultivos para producir (radiación, agua, nutrientes), pero al mismo tiempo reducir los efectos negativos sobre el ambiente (Salvagiotti *et al.*, 2009).

Los factores que determinan el rendimiento potencial de un cultivo son; la radiación y temperatura. El primero es el factor principal para que las plantas puedan realizar la fotosíntesis, y el segundo es el principal condicionante para que pueda completar tiempo necesario para completar el ciclo y así realizar la fotosíntesis (Andrade *et al.*, 1996).

El máximo rendimiento potencial del cultivo del maíz se determina principalmente por el genotipo, la cantidad de radiación que recibe y la temperatura de un lugar determinado. Cuando se cuenta con los factores necesarios (agua, nutrientes, temperatura) para alcanzar el potencial de rendimiento se obtienen rendimientos considerables. Por otra parte, para lograr el rendimiento real tiene relación con otros factores bióticos (plagas y enfermedades).

La determinación del rendimiento potencial en maíz funciona como una base de la mayor producción que se puede alcanzar en una región. Este indicador sirve para hacer una comparación con la media alcanzable a nivel regional y que permite establecer una brecha de rendimiento existente. Una vez conociendo la brecha se puede implementar las prácticas de manejo de la región (Balboa, 2020).

La temperatura (Ritchie y NeSmith, 1991; Ellis y Col., 1992b) y el fotoperiodo (Kiniry y col., 1983; Tollenar y Hunter, 1983; Warrington y Kanemasu, 1983a, 2019b, c; Ellis col., 1992a) son las variables ambientales que más influyen sobre el desarrollo del cultivo de maíz. Por lo general, la mayoría de las etapas ontogénicas en maíz reconocen una temperatura base cercana a los 8°C (Jones y Kiniry, 1986; Rotchie y NeSmith, 1991; Cirilo 1994; Otegui y col., 1996), aunque se han reportado valores entre 3°C y 10°C dependiendo del genotipo y la etapa considerada (Padilla y Otegui, 2005). En cambio, pocos estudios aportan evidencia experimental sobre el valor de temperatura óptima a partir de la cual la velocidad de desarrollo deja de ser lineal, ubicándola entre 30 y 34°C (Tollenar y col., 1979; Kiniry y Bonhomme, 1991). Por su parte, varios autores coinciden en que la temperatura máxima a la cual cesa el desarrollo en maíz se encuentra entre 40 y 44°C (Blacklow, 1972; Kiniry y Bonhome, 1991). En México se indica que, como consecuencia de las altas temperaturas, los rendimientos de maíz, serán heterogéneos en diferentes zonas y cada ciclo de producción tendrán sensibilidades de respuesta a la temperatura y la precipitación (Galindo 2009). En la comarca Lagunera, el factor limitante principal para la producción de cultivos es el recurso del agua, para la producción agrícola en la región se usa el agua que está disponible en presas y aguas del subsuelo, por tal motivo se utilizan sistemas de riego adecuados y que resulten eficientes para provechar al máximo el recurso, para seguir cumpliendo con los rendimientos óptimos para abastecer la demanda del sector pecuario de la región (Godoy *et al*, 1998).

2.3 Rendimiento de grano y sus componentes numéricos.

El rendimiento de grano del cultivo de maíz es el resultado de dos variables numéricas, número de grano y peso de grano. El número de grano está determinado por el estado fisiológico del cultivo durante el periodo crítico, no obstante, el peso final de los granos es afectado por las interacciones que ocurre en términos ambientales (radiación incidente) y de cultivo (índice de área foliar verde) durante el proceso de llenado y al no tener afectaciones durante la etapa de floración. Por otro lado, la disminución en la densidad de plantas o la pérdida del área foliar se puede interpretar en cambios a nivel planta individual que tiende a mantener el rendimiento (Valentinuz, 2010).

Diversos autores refieren a que el rendimiento de grano en maíz se determina principalmente por el número final de granos por unidad de superficie, y este se define en un tiempo de 30 días en la etapa de floración (Andrade *et al.*, 1999).

El número granos como el peso de grano, se ven afectados por los cambios que experimentan las diferentes fases de crecimiento del cultivo en los momentos de cada etapa en la que es definido el componente. De los dos componentes el número de los granos maduros es el que está más estrechamente relacionado con las variables en el rendimiento de maíz (Ciro y Andrade, 1994a; Otegui, 1995). Por otro lado, la cantidad de estructuras florales diferenciadas, potencialmente viables para dar granos maduros, no es el principal determinante en maíz del número de granos que alcanza la cosecha sino la supervivencia de esas estructuras fecundadas (Cirilo y Andrade, 1994ab; Otegui y Andrade, 2000).

El segundo componente del rendimiento, el peso del grano dependerá del tiempo en que sea el llenado y el momento el cual acumulará la materia seca. Esa acumulación reconoce tres etapas. La primera se prolonga a partir de que ocurre la fecundación del ovario hasta después de un lapso de dos semanas. Esta etapa se le conoce como “lag”, durante este proceso el peso seco del grano aumenta muy levemente, pero durante la fase, se activa la división celular y determina la cantidad de células endopermáticas y de amiloplastos que conformarán los sitios de deposición de almidón (Reddy y Danard, 1983; Jones y col., 1996). En la segunda etapa, se le conoce como la fase llenado efectivo, durante este procedimiento, el grano aumenta su peso seco constantemente en forma lineal y acumula más del 80% del peso final. En la última etapa, la tasa de llenado tiende a disminuir indefinidamente y cuando alcanza el nivel de madurez fisiológica deja de disminuir, cuando pierden funcionalidad los haces vasculares que conectaban al grano con la planta madre y el grano alcanza su peso seco final (Otegui y Bonhomme, 1998).

2.4.- Parámetros de calidad de la semilla de maíz.

Un factor importante para considerar en las semillas de maíz es la calidad de la misma, pues de ello dependerá el número de semillas que puedan germinar en un área determinada, así también que las plantas muestren un alto vigor y resistencia frente a las condiciones y factores adversos que se puedan presentar en el lugar, (Delouche and Cadwell, 1962).

La calidad del grano de maíz está asociado a su constitución física, esta variable determina la textura y dureza, así también su composición química, y

esto es considerable para determinar las propiedades del valor nutricional que tenga la semilla (INTA, 2006).

Una semilla de calidad tiene más capacidad para la eficiencia varietal productiva, esto se debe a que tiene mayor poder germinativo, además de que su población es homogénea y muestra vigor ante condiciones que pueden limitar su rendimiento. (Kelly, 1988), menciona que la calidad de semilla es un concepto basado en la valoración de diferentes atributos, los cuales mejoran el establecimiento del cultivo en campo, entre los que destacan: calidad genética, fisiológica, física y sanitaria, (Basra, 1995; Copeland y McDonald, 1995). La calidad física de la semilla se puede evaluar considerando criterios como contenido de humedad, pureza física, daño mecánico, apariencia, peso de mil semillas y peso volumétrico, entre otros (Tillmann *et al.*, 2003). Mientras que, el tamaño de semilla obtenido depende del genotipo y de las condiciones ambientales en las cuales se desarrollan las plantas. El tamaño de semilla es importante porque tiene impacto en el porcentaje de emergencia total (Molatudi y Mariga, 2009) y en la sobrevivencia, crecimiento y desarrollo de plántulas (Copeland y McDonald, 2001), por lo que, el tamaño (El-Abady, 2015; Muniz *et al.*, 2011) y forma (Ayala *et al.*, 2000; Martinelli-Seneme *et al.*, 2000) están fuertemente relacionadas con la calidad fisiológica.

El control de la calidad de la semilla no es solo un ejercicio de laboratorio, puesto que la viabilidad y el vigor de las semillas, el material biológico vivo, son afectados por las condiciones en que la semilla misma es sembrada por el agricultor. Por lo tanto, el control de la calidad de la semilla debe formar parte de cada etapa del proceso de producción (MacRobert, 2009). Algunos autores señalan que la calidad fisiológica de la semilla para distintas especies se relaciona con el tamaño de la misma (Faiguenbaum y Romero, 1991). Otros

autores reportan que la calidad fisiológica no depende del tamaño de la semilla (Shieh y McDonald, 1982; Kelly, 1988).

2.5 Efecto de altas temperaturas en el cultivo de maíz.

El estrés por golpe de calor suele definirse como un ascenso en la temperatura máxima diaria por encima de un valor umbral y durante un periodo de tiempo breve y suficiente que provoca daños irreversibles en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Wahid *et al.*, 2007). La sensibilidad de una planta al golpe de calor depende de características del cultivo como el grado de aclimatación al estrés debido a exposiciones previas a elevadas temperaturas (Liu y Huang, 2008; Wang *et al.*, 2011), la sensibilidad de distintos estadios ontogénicos a las temperaturas supraóptimas (Karim *et al.*, 1999; Vara Prasad *et al.*, 1999; Young *et al.*, 2001) y su nivel de termotolerancia (Commuri y Jones, 2001). En maíz se ha generalizado el uso de 35 °C como nivel umbral de temperatura supraóptima debido a los resultados obtenidos en diversos estudios donde se evaluó el impacto de las altas temperaturas sobre procesos de desarrollo (Tollenaar *et al.*, 1979).

La tolerancia al calor se refiere a la capacidad de la planta para crecer y producir rendimiento económico bajo altas temperaturas, (Wahid *et al.*, 2007). En algunas regiones se ha tenido reportes por golpes de calor, y se consideran una de causas importantes que ha provocado bajo rendimiento y producción de materia seca en muchos cultivos, incluido el maíz (Giaveno y Ferreo, 2003). (Edreira y Otegui, 2012), mencionan que los mayores efectos por golpes de calor sobre el rendimiento son ocasionados por las altas temperaturas que se presentan en el periodo de floración. Cuando los días en que está el periodo de

llenado del grano de maíz y las temperaturas superan los 28° C, tienen leves afectaciones, pues el rendimiento tiende a disminuir.

En condiciones de campo, el maíz tiene resiliencia a los cambios bruscos de temperatura, en un rango térmico que le permita completar su ciclo vegetativo, (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 otros estreses, de la intensidad, la duración y del momento de ocurrencia del estrés. Son consideradas temperaturas estresantes aquellos cuyo valor de temperatura diaria sobrepasa el valor óptimo de desarrollo, (Warrington y Kanemasu, 1983; Ellis *et al.*, 1992). El exceso de temperaturas usualmente provoca que los estomas se cierren, esto se debe al efecto del incremento del déficit de presión de vapor y al mismo tiempo hay un incremento de dióxido de carbono por la elevación de respiración (Losch, 1979). Lo que provoca, que la transpiración disminuya, como consecuencia aumenta la temperatura de la planta y esto afecta a los procesos de la fotosíntesis.

2.6 Aplicaciones de caolinita para el control del golpe de calor.

La caolinita es un compuesto natural que está formado por una especie de capa de tetraedros de silicio y una de octaedros de aluminio, su fórmula química es $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_2(\text{OH})_4$ y contiene 47% de SiO_2 , 39% Al_2O_3 y 14% H_2O . La arcilla de caolinita es un material inerte, es decir no tiene olor y es resistente a altas temperaturas, (Bartolomé, 1997).

Este producto se obtiene en el proceso de la descomposición de rocas feldespáticas principalmente, una característica en particular es el de color blanco, pero no solo puede ser blanco, este puede variar a otros colores esto se debe a las impurezas o puede ser brillante, generalmente mate; su peso específico es de 2.6; su dureza es 2; es higroscópico (absorbe agua); y su plasticidad es baja moderada. Otras propiedades importantes, es que no hace reacción con algunos otros componentes químicos, no tiene olor, funciona como aislante térmico, es fácil de manipular, además de fácil extrusión; resiste a altas temperaturas, no es tóxico ni abrasivo y fácil dispersión. Es compacto, de textura suave y no fusible. Puede cubrir muy bien la parte que se desea adherir es absorbente y baja viscosidad en altos porcentajes de sólidos. (CGMINERÍA, 2014).

La caolinita es considerada como una nueva alternativa para reducir los efectos por golpe de calor. Está fundamentalmente comercializada con el nombre comercial de "Sorround", producto que está registrado en Organic Material Review Institute (OMRI), y aceptada para su uso en producción orgánica de uvas y otros cultivos. Tiene un gran uso en su aplicación sobre las hojas y se ha demostrado gran utilidad para el control del estrés térmico-hídrico y sobre la eficiencia en el uso del agua, (Shellie y Glenn, 2008), la productividad, el quemado, composición aromática y organoléptica de la uva, (Ahmed *et al*, 2011, Glenn y Shelle 2010, Ou *et al*, 2010, Shellie y Glenn 2008).

El uso de este compuesto tiene un efecto de crear un protector sobre las hojas, frutos y tallos de las plantas (Purfresh, 2012). Es una especie de película de color blanco sobre la superficie vegetal, que refleja los rayos infrarrojo y ultravioleta, por esta razón evita el estrés abiótico en los cultivos, (Santos *et al*, 2012; Ortiz 2013.).

(Steiman *et al*, 2007) mencionan que la película que forma la arcilla de caolinita puede tener un efecto positivo en las plantas reduciendo la temperatura del tejido vegetal de 2-4°C, este estudio se realizó y se comparó con otras plantas que no se aplicó este producto. En otros estudios se ha demostrado que controla ciertos factores abióticos, y esto se ve reflejado en el rendimiento de algunos cultivos. En café se reportó incrementos en el rendimiento entre 14 y 99 % en los árboles donde se aplicó la caolinita, (Steiman *et al*, 2007). En melón se encontró que al aplicar caolinita en dosis de 0.5 kg/10 L de agua, los rendimientos se incrementaron en 6.8 t ha⁻¹ en comparación con el testigo donde se utilizó paja para cubrir el fruto (FHIA 2003). En otros estudios en donde también se reportaron mayor rendimiento en comparación con testigos, con almendra, (Rosati *et al*, 2007), uva (Glenn *et al*, 2006), y plátano en comparación de dos testigos, un producto comercial y otro con agua (Ortiz *et al*, 2013). (Chabbal *et al*, 2014), menciona que la caolinita evita la quemadura por sol evitando efectos negativos en su textura, coloración y sabor de la fruta en zonas donde la radiación solar es alta.

De acuerdo con otros autores, han reportado que el uso de caolín no solo funciona como protector contra golpe de calor, también puede funcionar como protección vegetal contra los insectos, esta es una herramienta relativamente nueva, ya que se ha utilizado en hecho ensayos para controlar distintas plagas y enfermedades en distintos cultivos por efecto de repelente sobre las mismas (Glenn y Puterka, 2005), al adherirse las partículas al cuerpo de la plaga lo que provoca algún tipo de irritación y desecación, causando interferencia en la alimentación (Spiers *et al.*, 2005).

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, 2012), con precipitación anual de 220mm (Santamaría et al., 2006). En el municipio de Torreón se distingue 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 (d)	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca
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	Etapa fenológica	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 y 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 citilla 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 120 N – 80 P– 0 K. 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 42 kg de ácido fosfórico, en la segunda 25 de urea, 22 kg de urea ácida 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
2	CO(NH ₂) ₂ , H ₃ PO ₄ , CO(NH ₂)	11:10 AM - 2:30 PM	05-jun
3		9:30 AM - 4:30 PM	17-jun
4		10:30 AM - 5:30 PM	27-jun
5	CO(NH ₂) ₂ , H ₃ PO ₄ , CO(NH ₂)	10:00 AM - 12:30 PM	05-jul
6	CO(NH ₂)	9:45 AM - 11:15 AM	18-jul
7		11:00 AM - 3:00 PM	27-jul
8		12:00 PM - 4:30 PM	02-ago
9		10:00 AM - 1:30 PM	17-ago
10		10:30 AM - 2:00 PM	30-ago

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 clorantraniliprol, 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 las mazorcas (pisca) en forma manual, de cada lote de investigación. Se recolectó de cada lote 3 m. de largo de un 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.

Previo al registro de datos se etiqueto 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:

3.9.1 Altura de planta.

Con ayuda de un estadal de aluminio se midió desde la base del tallo de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga.

3.9.2 Días a floración masculina.

Se determinaron los días a floración masculina, contando desde el día de la siembra hasta que la flor masculina (espiga) presentó un 50% de abertura y al momento que se dio la liberación de polen.

3.9.3 Días a floración femenina.

Se contabilizó desde el día de la siembra, hasta cuando la flor femenina (jilote) presentó un 50% de estigmas receptivos.

3.9.4 P1000g.

El peso de mil semillas se obtuvo pesando y contando ocho repeticiones de mil semillas de cada parcela que se cosechó, se obtuvo multiplicando la media aritmética de cada repetición.

3.9.5 Número de mazorcas.

El número de mazorcas se obtuvo al momento de la cosecha, cuando se midió 1.5 metros de longitud y se contabilizaron.

Para caracterizar el tamaño de la semilla de cada variedad, se utilizaron muestras de 20 semillas de cada parcela, tomadas al azar y se midieron las variables siguientes:

3.9.6 Ancho de semilla y espesor de semilla.

Se usó como base una plastilina y se colocaron 20 semillas de cada material, se tomaron muestras al azar, se alinearon y después con la presión del dedo se marcaron en la plastilina. Posteriormente se retiraron y se midió con una regla las superficies marcadas.

3.9.7 Longitud de semilla.

Se colocaron 20 semillas tomadas al azar de cada material en una superficie de plastilina, se presionaron sobre la plastilina hasta quedar marcadas y se retiraron, después se midió la longitud con una regla.

3.9.8 Rendimiento de grano (Rendimiento / Ha)

El rendimiento de grano se calculó con la siguiente fórmula y se expresó en toneladas por hectárea.

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

donde FH: es el factor de humedad, RG: rendimiento de grano, PG; peso de grano, CSC; coeficiente de la superficie cosechada.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Condiciones Climatológicas.

Durante el desarrollo del experimento (entre mayo y octubre de 2019), se registró una temperatura promedio de 28.6°C y una precipitación total de 136.3 mm. En la Figura 1 se aprecia que en los meses de mayo, junio y agosto se registraron temperaturas máximas por arriba de los 40°C, las cuales, por momentos fueron constantes hasta por un periodo de 5 días. En el mes de mayo se alcanzó el valor máximo de temperatura con 43.3°C, mientras que, en el mes de octubre se alcanzó el valor mínimo de temperatura, el cual fue de 8°C. Al finalizar el mes de octubre, se registró un descenso en los valores de temperaturas máximas y mínimas. Las condiciones climatológicas presentes durante el desarrollo del experimento, y especialmente los valores de temperaturas máximas, indican la posibilidad de que las plantas haya experimentado un cierto grado de estrés por altas temperaturas, debido a que por momentos las temperaturas sobrepasaron el umbral que se tiene registrado para el cultivo de maíz (Tollenaar *et al.*, 1979). Sin embargo, los periodos breves de estrés por altas temperaturas no coincidieron con el periodo crítico del cultivo, lo cual, probablemente no generó un efecto negativo importante en el rendimiento final (Edreira y Otegui, 2012).

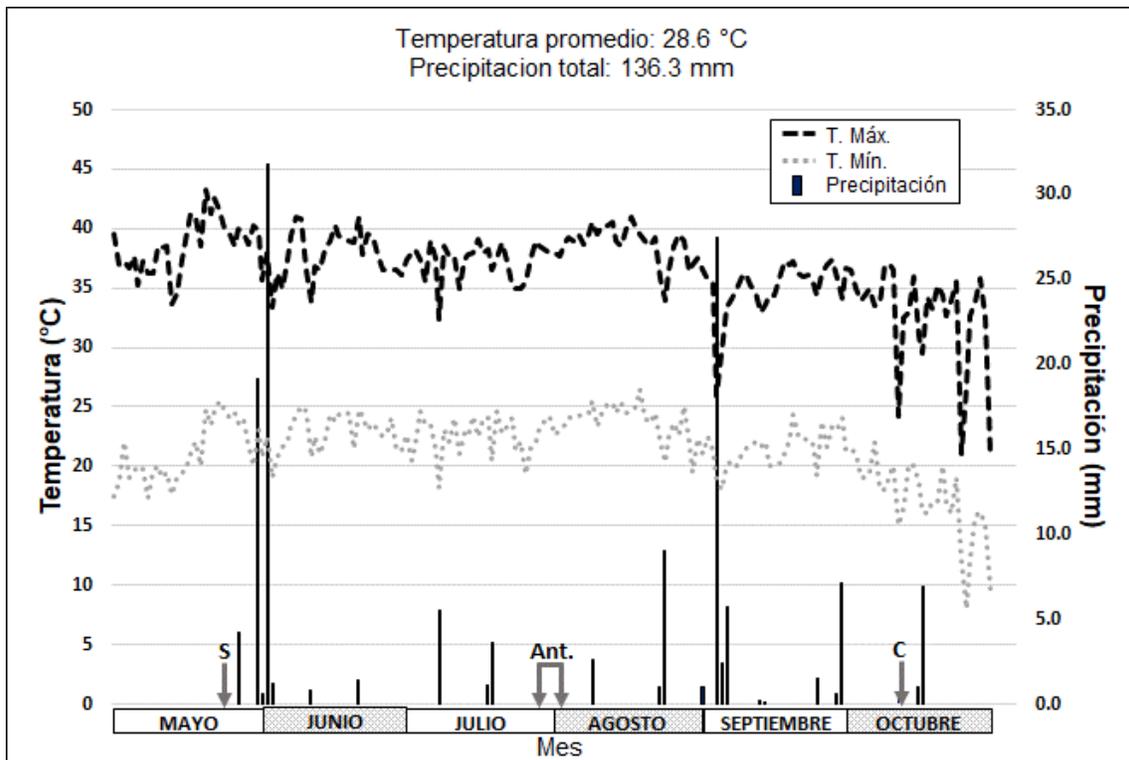


Figura 1. Distribución de la precipitación y temperaturas durante el desarrollo del experimento en Torreón, Coahuila, 2019.

4.2 Análisis de varianza para las variables registradas.

Los resultados de los análisis de varianza que se presentan en el Cuadro 4, muestran que para bloques se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) solo para las variables número de mazorcas y longitud de grano. Para el factor tratamientos con caolinita no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) en todas las variables de estudio, excepto para la variable altura de planta ($p < 0.05$).

En la fuente de variación cultivar, se detectaron diferencias significativas al 0.01 para la variable altura de planta y rendimiento de grano, para la variable número de mazorcas se encontraron diferencias al 0.001. En la interacción bloques x

tratamiento se presentaron diferencias significativas al ($p < 0.05$) para la variable número de mazorcas. Finalmente, en la interacción tratamiento por cultivar no se presentaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) para todas las variables de estudio. En el cultivo de calabacita donde se utilizaron diferentes dosis de caolinita se reportó que la altura de planta fue mayor cuando se aplicó la caolinita en comparación al tratamiento sin caolinita (Pérez, 2009). En otros estudios realizados en plátano, se reportaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la altura de plantas donde tratamientos con aplicación de caolinita tuvo mayor altura y sin aplicación de caolinita menor altura (Ortiz, 2013). Sin embargo, en maíz no se había reportado diferencias significativas para altura de planta. (Chicaiza, 2018).

Cuadro 4. Valores de F y su significancia estadística de los análisis de varianza para altura de planta (AP), días de floración masculina (DFM), días de floración femenina (DFF), peso de 1000 granos (P1000G), número de mazorcas (NM), ancho de grano (AG), longitud de grano (LG), espesor de grano (EG), rendimiento de grano (RG), en el ciclo primavera-verano 2019.

F.V.	G.L.	AP	DFM	DFF	P1000G	NM	AG	LG	EG	RG
Bloq (B)	2	0.05ns	0.32ns	0.19ns	0.46ns	0.03*	0.55ns	0.02*	0.61ns	0.17ns
Trat (T)	1	0.04*	0.49ns	0.37ns	0.81ns	0.37ns	0.99ns	0.67ns	0.08ns	0.33ns
B x T	2	0.98ns	0.29ns	0.44ns	0.32ns	0.01*	0.09ns	0.07ns	0.84ns	0.22ns
Cult (C)	3	0.00**	0.55ns	0.44ns	0.12ns	0.00***	0.09ns	0.01*	0.46ns	0.00**
T x C	3	0.78ns	0.38ns	0.46ns	0.84ns	0.51ns	0.50ns	0.67ns	0.19ns	0.87ns
Error	12	0.01	128.72	36.18	607.03	6.31	0.44	2.17	0.16	1.41
Med		2.31	69.71	70.25	126.83	17.63	15.35	19.66	8.41	4.29
C.V.		4.33	16.28	8.56	19.43	14.25	4.33	7.48	4.69	27.66

ns = No significativo.

*, **, *** = Significativo al 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente.

Bloq = Bloque; Trat = Tratamiento; Cult = Cultivar.

4.3 Comparación de medias entre tratamientos de caolinita.

En la comparación de medias que se presenta en el Cuadro 5, se observa que, la altura de planta en el tratamiento con caolinita fue significativamente mayor (2.33 m) en comparación al tratamiento sin caolinita (2.30 m). Lo anterior pudo deberse probablemente a que el tratamiento con caolinita aplicado en etapa vegetativa (previo a la antesis), aminoró los efectos de estrés por alta temperatura en el periodo de elongación del tallo, donde la temperatura promedio en pre-antesis fue mayor (31.1°) en comparación al promedio de la temperatura en etapa reproductiva (28.8). Otros autores han reportaron en cultivo de plátano que, al usar la caolinita la altura de planta fue mayor en comparación al testigo, esto debido a que estimuló el crecimiento y el desarrollo de los meristemas en plátano (Ortiz, 2013). Para el resto de las variables no hubo diferencias significativas ($p>0.05$) entre los tratamientos con y sin caolinita.

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 estas variables comparando con el tratamiento sin caolinita (Cuadro 5). En peso de mil granos se observa que, al aplicar el tratamiento de caolinita, esta variable disminuyó, esto va acorde con una investigación en maíz donde se aplicó caolinita, y no se encontraron diferencias significativas (Chicaiza, 2018).

En las variables ancho de grano, longitud de grano y espesor de grano, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con caolinita, sin embargo, en longitud de grano y espesor de grano registraron mayores valores en el tratamiento con caolinita comparado con el testigo (Cuadro 5). En los promedios de rendimiento de grano no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con y sin caolinita, no obstante, al aplicar el producto de caolinita el rendimiento de grano fue menor en comparación donde no se aplicó

caolinita, con la aplicación de caolinita el rendimiento disminuyó aproximadamente 800 kg en promedio. En estudios recientes en maíz donde se aplicó la caolinita antes de la antesis, reportaron que no hubo diferencias significativas en el rendimiento al aplicar la caolinita (Chicaiza, 2018; Gonzalez, 2020) sin embargo en ambos estudios reportan que hubo disminución del rendimiento. El rendimiento de grano probablemente disminuyó debido a que la caolinita se aplicó en antesis, por lo cual en los momentos de aplicación creaba una especie de película sobre la superficie vegetal, este tenía algún tipo de reflectancia y como consecuencia insidioso en la disminución de captura de radiación solar, lo cual afectó la tasa de fotosíntesis disminuyendo (Gonzalez, 2020).

En otro tipo de cultivo en lechuga donde aplicaron dosis diferentes de caolinita de 15, 25, 35 kg ha⁻¹ no se encontraron diferencias estadísticas en el rendimiento (Gómez y Heredia, 2017). Sin embargo, otra investigación usando caolinita en cultivo de tomate, esta se aplicó en la época de desarrollo de los frutos y a los botones florales de las plantas, y fue ahí donde los rendimientos incrementaron en comparación donde no se aplicó caolinita (Gutiérrez, 2014).

Cuadro 5. Comportamiento promedio de los tratamientos con caolinita, para altura de planta (AP), días de floración masculina (DFM), días de floración femenina (DFF), peso de 1000 granos (P1000G), número de mazorcas (NM), ancho de grano (AG), longitud de grano (LG), espesor de grano (EG), rendimiento de grano (RG), en el ciclo primavera-verano 2019.

TRAT	AP (m)	DFM ----- (d) -----	DFF -----	P1000G (g)	NM	AG -----	LG (cm)	EG -----	RG (t ha ⁻¹)
S/T	2.30b ^s	72a	72a	128.41a	19a	15.35a	19.39a	8.52a	4.69a
C/T	2.33a	67a	69a	125.26a	16a	15.36a	19.9a	8.30a	3.89a
DSM	0.02	23.25	9.90	48.30	10.37	2.00	4.79	0.29	2.71

§ 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.

4.4 Comparación de medias entre híbridos de maíz.

En la comparación entre cultivares se muestra que para altura de planta todos los híbridos se comportaron diferentes (Cuadro 6). El híbrido con mayor altura de planta fue el 8576 con 2.43 m, en segundo lugar el híbrido RS8510 con 2.38, seguido por el RS8520 con 2.24 m., y el CRM54 con 2.19 m.

Para los días a floración masculina y femenina, el cultivar RS8510 fue el más precoz, el cual, alcanzó la floración masculina en 63 días y la floración femenina en 68 días. El cultivar CRM54 fue el más tardío con 72 y 69 días para la floración masculina y femenina, respectivamente. Posteriormente, le siguió el híbrido RS8520, que mostró una duración de la floración masculina y la floración femenina de 71 y 73 días, respectivamente. Finalmente, el híbrido CRM54 alcanzó la floración masculina a los 71 días y la floración femenina a los 68 días.

En la variable peso de mil granos, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con caolinita, sin embargo, el híbrido RS8520 logró el mayor promedio, mientras que el CRM54 fue el de menor promedio para esta variable. En número de mazorcas los híbridos RS8520, RS8510 y CRM54, se comportaron de manera similar con 17, 20 y 20 mazorcas respectivamente, mientras que el 8576 fue el que menos mazorcas presentó, difiriendo con el resto de los híbridos (Cuadro 6).

En las variables ancho de grano, espesor de grano y longitud de grano se comportaron de manera similar para todos los híbridos evaluados. En el rendimiento de grano no se encontraron diferencias estadísticas, sin embargo, si varió el rendimiento entre los cuatro materiales de maíz. El híbrido RS8510 fue que más rindió (5.400 t ha⁻¹), seguido por los híbridos RS8520 (5.260 t ha⁻¹), CRM54 (3,34 t ha⁻¹), y el 8576 (2.150 t ha⁻¹). Los rendimientos de maíz registrados en este experimento están acorde con los rendimientos promedios registrados en la región lagunera, donde se reporta que el rendimiento promedio de maíz para grano es de 3.3 t ha⁻¹ en riego (Wong et al., 2007).

Cuadro 6. Comportamiento promedio de cuatro híbridos de maíz, para altura de planta (AP), días de floración masculina (DFM), días de floración femenina (DFF), peso de 1000 granos (P1000G), número de mazorcas (NM), ancho de grano (AG), longitud de grano (LG), espesor de grano (EG), rendimiento de grano (RG), en el ciclo primavera-verano 2019.

CULTIVAR	AP (m)	DFM ----- (d) -----	DFF -----	P1000G (g)	NM	AG -----	LG (cm) -----	EG -----	RG (t ha⁻¹)
CRM54	2.19c [§]	71a	69a	112.15a	17a	15.03a	19.33ba	8.26a	3.34a
RS8520	2.24bc	72a	74a	144.85a	20a	15.63a	20.95a	8.28a	5.26a
RS8510	2.38ba	64a	69a	134.32a	20a	15.83a	20.53a	8.51a	5.40a
8576	2.43a	72a	70a	116.02a	13b	14.91a	17.83a	8.56a	2.15a
DSM	0.17	19.45	10.31	42.23	4.30	1.14	2.52	0.68	2.03

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

V. CONCLUSIONES

Con base a las condiciones en que se desarrolló el trabajo experimental, la metodología utilizada y los resultados obtenidos, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- El tratamiento con caolinita no modificó el rendimiento ni la calidad de la semilla, a excepción de altura 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, número de mazorcas, longitud de mazorca y rendimiento de grano.
- El híbrido que mayor rendimiento mostró fue el RS-8510 (Royal) con un promedio de 5.4 t h⁻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.

BIBLIOGRAFÍA

- Secretaría de Turismo.** 2018. Agenda de competitividad de los destinos turísticos de México. Universidad Autónoma de Coahuila. Pp 715.
- Agencia de Servicio a la Comercialización y desarrollo de Mercados Agropecuarios.** 2018. Maíz grano cultivo representativo de México. <https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es>. (16, agosto, 2021).
- Ávila, W. O.** 2020. Calidad fisiológica de semillas de maíz en arreglos topológicos. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. Pp 35.
- Balboa, G.** 2020. Rendimiento potencial del maíz. Departamento de producción vegetal. Universidad Nacional del Río Cuarto. Pp 7.
- Borroel, V. J.** 2018. Rendimiento y componentes de producción de híbridos de maíz en la Comarca Lagunera. Revista Terra Latinoamericana. Volumen 36. Pp 423 – 429.
- Cadet, S.** 2018. Factores que determinan los rendimientos de la producción de maíz en México: evidencia del censo agropecuario 2007. Revista Agricultura, sociedad y desarrollo. Volumen 15. Pp 311 – 337.
- Castro, A. E.** 2012. Factibilidad de la implementación de una planta termosolar para la generación de energía eléctrica en Torreón, Coahuila, México. XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Pp 1247 – 1259.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.** 1999. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el programa de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT. Quinta reimpresión. México. Pp 20.
- Chávez, N. F.** 2017. Respuestas al estrés por calor en los cultivos II. Tolerancia y tratamiento agronómico. Revista agronomía mesoamericana. Volumen (28). Pp 255 -272.

- 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.
- Cobos, G.** 2011. Potencial del caolín como barrera física en el control del gusano cabezudo en plantaciones frutales. Vida rural N° 329. Pp 28 – 33.
- Coniberti, A.** 2011. Desojados en combinación con aplicaciones de caolinita y sus efectos sobre la sanidad de la uva y composición de mostos y vinos *de vitis vinífera* L. Cv sauvignon blanc. Tesis de maestría. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. Pp 95.
- Eyhérabide, G. H.** 2015. Bases para el manejo del cultivo de maíz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. Pp 11 – 20, 25 – 52.
- Fideicomisos Instituidos en la Relación con la Agricultura.** 2019. Panorama agroalimentario. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Pp 24
- Fiscal, B. C.** 2018. Algunos componentes generales, particulares y singulares del maíz de Colombia Y México. Biogénesis. Primera edición. Robledo, Colombia. Pp 79 – 112.
- García, J.J.** 2018. Calidad física y fisiológica de semilla de maíz influenciada por el patrón de siembra de progenitores. Revista de fitotecnia mexicana. Volumen (41). Pp 31 – 37.
- Glenn, D. M.** 2010. Impact of kaolin particle film and water deficit on wine grape water use efficiency and plant wáter relations. Hortscience. Volumen (45). Pp 1178 – 1187.
- 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, J. 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. Coahuila, México. Pp 36.

- González, M, E.** 2012. Diversidad genética en maíces nativos mexicanos tropicales. Revista fitotecnia. Volumen (36). Pp 329 -338.
- 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.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.** 2018. Investigación en cambio climático, sustentabilidad y crecimiento verde. Libro blanco 2014 – 2018. Pp 152.
- INTA.** 2006. Calidad del grano de maíz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. Pp3.
- 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.
- Maddoni, G. A.** 2017. Altas temperaturas y déficit hídrico en maíz: respuestas fisiológicas y estrategias de manejo del cultivo. XXI congreso Aapresid. Argentina. Pp 11
- Mayer, L. I.** 2014. Efecto de las altas temperaturas en la productividad del maíz. Departamento de producción vegetal. Conicet. Argentina. Pp 7.
- Núñez, D. C.** 2014. Influencias de caolín sobre el desarrollo de poblaciones de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* y la interacción fisiológica en el cultivo de frijol. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Pp 53.
- Padilla, R.** 2017. Lineamientos para el control de calidad de semilla ya grano de maíz de alta calidad proteica (QPM): experiencia en el desarrollo y promoción de QPM en Latinoamérica. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México. Pp 48.

- Parrado, J. D.** 2019. Evaluación de los componentes de varianza genética asociados al efecto del golpe de calor en cruzamiento dialélico de un grupo de líneas de maíz. Tesis de maestría. Universidad Nacional del Rosario. Argentina. Pp 96.
- 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.
- Quiróz, J.** 2021. Efecto de la densidad de plantas en el rendimiento de grano de maíz. Ciencia e innovación agroalimentaria. Volumen (2). Pp 1 – 15.
- Rattalino, J. I.** 2007. Estrés por golpe de calor en maíz: diferencias en las respuestas ecofisiológicas entre genotipos templados y tropicales. Tesis de doctorado. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. pp 121.
- Reinoso, L.** 2018. Rendimiento potencial de maíz en los valles de Norpatagonia: una aproximación desde los modelos de simulación. EEA INTA. Pp 10.
- Rosati, A.** 2007. Effects of kaolin on light absorption and distribution, radiation use efficiency and photosynthesis of almond and walnut canopies. Oxford Journals. Volumen 99. Pp 255 – 263.
- Ruiz, C.** 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. INIFAP. Instituto Nacional Investigación Forestales Agrícolas y Pecuarias. Segunda edición. Guadalajara, México. Pp 305 -311.
- 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.
- Palacio, V. H.** 2014. Comparación agronómica de 12 híbridos de maíz de alto potencial forrajero con un testigo regional. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. Pp 49.

- Pérez, D.** 2014. Efecto de la caolinita, mezclada con diferentes adherentes en plántulas de calabacita (*Cucúrbita pepo*) variedad Zucchini. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. Pp 73.
- Sadras, V. O.** 2014. Crop physiology. Applications for genetic improvement and agronomy. Edición Elsevier. Segunda edición. Chile. Pp 564.
- Steiman, S. R.** 2007. Analysis of kaolin paticle film use and its application one coffe. Hortscience. Volumen (42). Pp 1605 – 1608.
- Vargas, A. M.** 2014. Efecto de dos protectantes solares en época crítica del cultivo de cebolla. Tesis de licenciatura. Universidad Rafael Landívar. Guatemala. Pp 44.
- Valentínuz, O.** 2010. Ajuste reproductivo del maíz (*Zea mays* L.) ante cambios en el canopeo post floración. Actualización técnica N° 2. Pp 57 – 59.
- Yescas, P.** 2005. Producción, calidad e índices de crecimiento del maíz forrajero bajo riego por goteo superficial. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Pp 69.

ANEXOS

Constancia de XXVIII Congreso Nacional y VIII Internacional de Fitogenética.

	 <p style="text-align: center;">XXVIII Congreso Nacional y VIII Internacional de Fitogenética</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">"Fitogenoma y su potencial en la era biotecnológica para la salud y la alimentación"</p>	 <p style="text-align: center; font-size: small;">Universidad Veracruzana</p>
<p>La Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. y la Universidad Veracruzana otorgan a:</p> <p style="margin-top: 20px;"><i>Edgar Molina-Ayala</i></p> <p>la presente CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN ORAL del trabajo:</p> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA EN CUATRO HÍBRIDOS DE MAÍZ UTILIZANDO CAOLINITA PARA REDUCIR EL ESTRÉS POR GOLPE DE CALOR</p> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Edgar Molina-Ayala, Jorge Quiroz-Mercado, Armando Espinoza-Banda y Oralia Antuna-Grijalva</p> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">durante el XXVIII Congreso Nacional y VIII Internacional de Fitogenética, celebrado (virtual) en Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz del 20 al 24 de septiembre 2021.</p>		
 <p style="font-size: small;">Dra. Margarita Tadeo Robledo Presidenta Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.</p>	 <p style="font-size: small;">Dra. Yaqueline Antonia Gheno Heredia Presidenta del Comité Organizador Local Universidad Veracruzana</p>	 <p style="font-size: small;">Dr. Otto Raúl Leyva Ovalle Secretario del Comité Organizador Local Universidad Veracruzana</p>
<p>Fecha de expedición: 24 de septiembre del 2021 Cadena original: CV21-165A7104 24092021 RENDIMIENTOYCALIDAD MOLINAAYALA</p>		
<p>Autenticidad: e41bf6b2e45ef7b2c970e0709e912e983b53562</p>		