Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria ISSN: 2448-6620

EFECTO DE TEMPERATURA AMBIENTE EN CALIDAD Y RENDIMIENTO DE (*Zea mays* L.), EN DIFERENTES FECHAS DE SIEMBRAS

Alfredo, Lino-Brito[1*]; Maribel, Apolinar-Aguilar[2]; Melecio Pérez-Mendoza[3], Noel J; Arozarena-Daza[4]

[1-2-3]Universidades para el Bienestar Benito Juárez García (UBBJG), [4]Instituto de Investigaciones en Agricultura Tropical "Alejandro Humboldt" (INIFAT) Cuba. Autor de correspondencia: 2331313993 * alfrelino_09@hotmail.com

RESUMEN

El objetivó de la investigación fue evaluar diferentes fechas de siembra en el cultivo de maíz, en una variedad, local muy apreciada por los productores del territorio, entre los meses de marzo y abril (primavera-verano) y determinar cómo impacta las temperaturas extremas en el rendimiento y calidad de la producción, cuando estas se presentan en la etapa R1 (inicio de la floración femenina) del cultivo. Se valoró la temperatura de 14 días antes y 14 días durante el periodo R1. Los valores de temperatura se obtuvieron del sistema de pronóstico meteorológico, Accuwather, (2024), para Calkiní, Campeche. Esta información se utilizó para el cálculo de los grados día extremos (GDE), para la fenofase antes mencionada. Dentro de los resultados obtenidos, se encuentran: cuando aumentan los GDE, aumentan las deformaciones de las mazorcas llegando al 100 % de las mismas para las fechas de siembra más temprana. Mientras que el rendimiento disminuye con el aumento de los GDE, siendo el rendimiento más alto el de 4691.11 kg ha, asociado a los menores valores de GDE 23, para temperaturas nocturnas y 29, para las diurnas. Las altas temperaturas, previas a la etapa de floración del maíz, y durante la misma, tanto para las máximas, como las mínimas, provocaron un estrés abiótico, para la etapa del cultivo, ya que provocaron mayores por cientos de anomalías en mazorcas cosechada y un menor rendimiento de granos.

Palabras clave: *estrés abiótico, maíz, etapa R1.*

The objective of the research was to evaluate different planting dates in maize cultivation, in a local variety highly valued by producers in the region, between the months of March and April (spring-summer), and to determine how extreme temperatures impact the yield and quality of production when they occur during the R1 stage (beginning of female flowering) of the crop. The temperature 14 days before and 14 days during the R1 period was evaluated. Temperature values were obtained from the weather forecasting system, Accuweather (2024), for Calkiní, Campeche. This information was used to calculate the extreme degree days (EDD) for the aforementioned phenophase. Among the results obtained are: when the EDD increase, the deformations of the ears also increase, reaching 100% for the earliest planting dates. Meanwhile, yield decreases with the increase of the EDD, with the highest yield being 4691.11 kg ha, associated with the lower GDE values of 23, for nighttime temperatures, and 29, for daytime temperatures. The high temperatures, prior to the maize flowering stage, and

during it, both for maximum and minimum values, caused abiotic stress for the crop stage, as they caused higher percentages of anomalies in harvested ears and a lower grain yield.

Keywords: *abiotic stress, maize, R1 stage.*

INTRODUCCIÓN

El maíz es de los cultivos que se pueden sembrar en una gran diversidad de climas, suelos, latitudes y altitudes, sembrándose desde los 40º latitud sur en Argentina y Chile hasta los 60º latitud norte en Canadá (FAO, 2024). Entre los años 2016 y 2020, se sembraron a nivel mundial, un promedio 184.8 millones de hectáreas con una producción de 1,043.2 millones de toneladas, lo que significa un rendimiento medio de 5.64 t ha, para el periodo. Mientras que el ciclo agrícola 2021, la siembra ascendió a 201.11 millones de hectáreas con una producción de 1,204.523 millones de toneladas y un rendimiento de 5.99 t ha, representando un ligero aumento en la superficie de siembra y producción con respecto a los ciclos anteriores (INEGI, 2023).

Por su parte México, siembra un promedio anual, aproximado de 7 millones de hectáreas de maíz, con una producción media de 26.20 millones de toneladas anuales, con un rendimiento de 4.07 t ha (Guzmán-Anaya y Lugo-Sánchez, 2024). Sucediendo la siembra fundamentalmente en dos épocas: la de primavera-verano (1 de marzo al 30 de septiembre), la cual es la de mayor superficie y producción, pero con bajo rendimiento, ya que la mayoría es de temporal. Además, del periodo otoño–invierno (1 de octubre al 28 de febrero) la cual es de menor superficie, pero de mayor rendimiento, ya que la mayoría de esta siembra, se realiza bajo riego (Agrojaf, 2022). Mientras que el municipio de Calkiní, estado de Campeche, lugar de la investigación, el periodo de siembra, va de mayo hasta agosto, con el 94 % de los productores sembrando entre junio y julio (Tucuch-Cauich, *et al*., 2007). En Calkiní, los veranos son cortos, tropicales y parcialmente nublados; los inviernos son calurosos y mayormente despejados y bochornoso (alta humedad relativa) durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía entre 18 °C a 36 °C y rara vez baja a menos de 13 °C o sube a más de 40 °C (Weather Spark, 2024); por lo que se pudiera pensar en siembras de maíz durante todo el año, si se cuenta con riego.

Ejemplos al respecto, es el de Lino, *et al*., (2023), Tipos de Fertilización en maíz nativo (*Zea Mays* L.) X-Mejen Nal, Bajo Riego por Goteo, en el municipio de Calkiní, con siembra en el mes de marzo, con rendimientos de más de 5.0 toneladas por hectáreas. Además, del 11.84 % de la superficie de siembra de maíz a nivel nacional, está entre los meses de marzo y abril (SIAP, 2019). Cruz-González, *et al*., (2024), plantean que el rendimiento del maíz podría reducirse hasta un 10% debido a las fluctuaciones de las precipitaciones y las temperaturas, hasta 2055. El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de México, informó que mayo de 2024 fue el mes más

caluroso registrado en la historia del país, con dos olas de calor con temperaturas de hasta 45 °C, con duración de 11 y 16 días cada una. Siendo, las regiones del noreste, Golfo de México, Península de Yucatán y Pacífico sur, las más impactadas por estas altas temperaturas. Al mismo tiempo, la sequía extrema que afecto a estos territorios con un déficit del 75% en las lluvias registradas, con respecto a la media histórica (Santana, 2024). Por tales motivos, el objetivó de la investigación fue evaluar diferentes fechas de siembra en el cultivo de maíz, en una variedad de origen local muy apreciada por los productores del territorio, entre los meses de marzo y abril, bajo condiciones de riego por goteo y determinar cómo impacta las temperaturas extremas en el rendimiento y calidad de la producción, cuando estas se presentan en la etapa R1(inicio de la floración femenina) del cultivo. Además, de comparar las temperaturas históricas de los meses de mayo y junio, cuando ocurrieron las floraciones de las distintas fechas de siembra, con las puntuales de estos meses para el año 2024.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en áreas de la Universidad para el Bienestar Benito Juárez García (UBBJG), ubicada en el municipio de Calkiní, perteneciente al Estado de Campeche. Localizándose en la Latitud 20.379291 y en la Longitud -90.06113, con una elevación de 18.40±36 m.s.n.m, determinado con el programa, NoteCam, cámara APP combinada con la información del GPS. Siendo el tipo de suelo Leptosol Lítico (Calcárico), de color rojo con abundante roca calcaría (Palma, 2017). El periodo del experimento fueron siembras realizadas entre la segunda decena de marzo y la primera de abril, 2024, cinco en total: 20, 27 y 31 de marzo, así como 4 y 11 de abril en todos los casos en el 2024, con tres repeticiones por tratamiento o fecha de siembra, siendo las mismas de 40 m^2, con un diseño experimental de bloques al azar, para el caso de los rendimientos y sus componentes, mientras que el análisis de las temperaturas, se realizó mediante prueba no paramétrica, teniendo una densidad de siembra de 33,000 plantas por ha, con riego por goteo. El material vegetal empleado fue San Pableño blanco.

Los valores promedios históricos diarios de temperatura máxima y mínima para los meses de mayo y junio y los del año 2024 para todos los días de los mismos meses, se obtuvieron del sistema de pronóstico meteorológico, Accuwather, (2024), para Calkiní, Campeche; la cual es una aplicación que te ofrece pronósticos del tiempo local y mundial, con más de 50 años de servicio. Pertenecientes a la empresa con el mismo nombre, la cual fue fundada en 1962 por Joel N. Myers y adquirió el nombre actual en 1971. La misma tiene su sede en *State College*, con algunas oficinas a nivel nacional e internacional. Los mismos se muestran en las figuras 1 y 2. Tales datos, se contrastaron mediante una prueba no paramétrica de T de *Wicolxon*, bajo hipótesis de

contraste unilateral los incrementos de temperatura diaria en los meses mayo y junio año 2024, no difieren o si de los promedios históricos para igual periodo.

De igual manera se evaluó la temperatura de 14 días antes y 14 días durante el periodo de R1 (estigmas visibles, floración femenina), para todas las fechas de siembra, ya que es donde ocurren las mayores reducciones de rendimientos, producto del estrés por factores climáticos como las temperaturas extremas (Fassio, *et al*., 1998). Esta información se utilizó en el cálculo de los grados día extremos (GDE), para la fenofase antes mencionada de acuerdo con la metodología de Lobell y Field, (2007). Las temperaturas umbrales tomadas como referencia para maíz, fueron las reportadas por los autores, Crafts y Salvucci, (2002); Ruiz *et al*., (2002); Wahid *et al*., (2007), 24 y 35 ^{0}C, temperaturas nocturnas y diurnas en ese orden. Los GDE se relacionaron con las mazorcas anómalas (%) y rendimiento (kg ha^{-1}), a través, de la correlación de Pearson, la regresión lineal y coeficiente de determinación. Los tratamientos en estudios se presentan en el cuadro 1, consistiendo en la evaluación de 5 fechas de siembras; así como los días a emergencia de las plantas y los días a floración masculina (DFM) y a floración femenina (DFF), cuando el 50% de las plantas tuvieran la fenofase en cuestión. Además, del número de días con Temperaturas máximas, por encima de 35 y mínimas por encima de 24 ^{0}C, 14 días antes y durante el periodo de R1 (estigmas visibles (floración femenina), para las distintas fechas de siembra.

Al momento de la cosecha, 127 después de emergidas (dde) las plántulas, momento en que el cultivo alcanzo la madurez fisiológica, se determinó el por ciento (%) de malformaciones en mazorcas (mazorcas sin granos, con pocos granos y granos en grupo), de acuerdo a los criterios de Ciampitti, (2018). Posteriormente, 30 días después de la cosecha, para que el grano alcanzara un secado óptimo, se evaluaron los siguientes parámetros: longitud de mazorca (LMz), en cm; diámetro de mazorca (DMz), en mm, tomado en la parte media de la misma; número de hileras por mazorca (NHM); número de granos por hilera (NGH); número de granos por mazorca (NGM), como el producto de NHM x NGH, tomados al azar de una muestra de 10 mazorcas por parcela útil (20m^{2}, centro de la parcela). El rendimiento de grano (RG), se ajustó de acuerdo a la fórmula estándar para estos caos: kg ha^{-1}= plantas ha^{-1} x mazorcas plantas^{-1} x granos mazorca^{-1} x 1/granos por kilos.

El maíz fue fertilizado a los 11 y 30 días de emergida (dde) las plántulas, con la fórmula fertilizante 110-45-95 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 y K_2O, respectivamente, calculada a partir de los macronutrientes extraídos por una tonelada de granos de maíz (Hernández, *et al*., 2014). Además de la fertilización edáfica de base, se efectuaron tres fertilizaciones foliares, con Bayfolan® Forte, a dosis de 2, 3 y 4 L ha^{-1}, como indica el fabricante, siendo los momentos de aplicación a los 11, 30 y 45 dde las plántulas. En todos los casos la información estadística, se procesó con el paquete *The SAS System for Windows* 9, versión en español, según diseño. Realizando la

comparación de medias mediante *Tukey al 0.05*, para la estadística paramétrica. En todos los casos de datos en porcentaje, se realizó la transformación angular (Arcoseno) o de Bliss, Arcoseno= √ % de calidades/100, como se indica en estos casos, para el procesamiento estadístico.

Cuadro 1. Tratamientos de fechas de siembra aplicados al maíz, material vegetal, San Pableño.

Tratamientos	Fechas de siembras	Emergencia de plántulas	DFM	DFF	Máximas >35°C	Mínimas >24°C
1	T1: 20/03/2024		61.00±1.41	64.00±1.41	28	27
2	T2: 27/03/2024	a los 3-4 días	61.00±1.00	64.00±1.21	25	22
3	T3: 31/03/2024	de sembrada	61.00±1.37	64.00±1.83	22	20
4	T4: 04/04/2024	las semillas	63.00±1.83	66.00±1.58	15	13
5	T5: 11/04/2024		66.00±1.83	68.00±2.16	10	5

T: tratamiento; Emergencia de plántulas, Días a floración masculina (DFM), Días a floración femenina (DFF) y Número de días con Temperaturas máximas, por encima de 35°C y mínimas por encima de 24°C, 14 días antes y durante el periodo de R1 (estigmas visibles (floración femenina),

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan las gráficas 1 y 2, en ambos casos las temperaturas históricas mínima (nocturnas) y máxima (diurnas) para mayo y junio en el municipio de Calkiní, tuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para la prueba T de Wicolxon con respecto a las temperaturas diarias ocurridas para el mismo periodo del año 2024. Siendo los aumentos en el mes de mayo de las temperaturas máximas de entre 3 y 7 °C; por su parte las mínimas para igual periodo los aumentos fluctúan en 3 y 5 °C, coincidiendo con un periodo de sequía que se extendió durante todo el mes de mayo y parte de junio. Mientras que las variaciones de temperaturas para junio, para las diurnas, fueron desde la disminución entre 1 y 6 °C, mientras que los incrementos estuvieron en el orden de los 3 y 7 °C, principalmente en la primera quincena de junio, ya que aún no comenzaban las lluvias. Por su parte las temperaturas nocturnas, los aumentos en la misma etapa, estuvieron entre 3 y 5 °C, siendo influenciadas igualmente por la falta de lluvias, con disminución entre 1 y 6 °C, haciéndose presente a finales de la primera quincena, para los días 13, 14 y 15, a partir de los cuales hubo disminución de las temperaturas máximas y mínimas.

Al respecto Sosa-Rodríguez, (2015), informó que el Ensamble de 23 modelos climáticos globales (MCG) realizado por la Unidad de Investigación Climática (*Climate Reserach Unit*) para los escenarios asociado a una economía intensiva en el consumo de combustibles fósiles y ajustado a la escala regional de México, se pronosticaba aumentos en la temperatura media anual entre 0.5 y 4.8 °C en el periodo 2020-2100, mientras que las precipitaciones podría reducirse hasta un 15%, durante el invierno y 5% en el verano.

En este sentido Tinoco, (2024), reportó que el servicio meteorológico nacional de México, informó que mayo de 2024 fue el mes más caluroso registrado en la historia de México, con una temperatura media de 27 grados

Celsius. Este registro supera las mediciones históricas iniciadas en 1953 y coloca a este mes 2.9 grados por encima del promedio climatológico de 1991 a 2020.

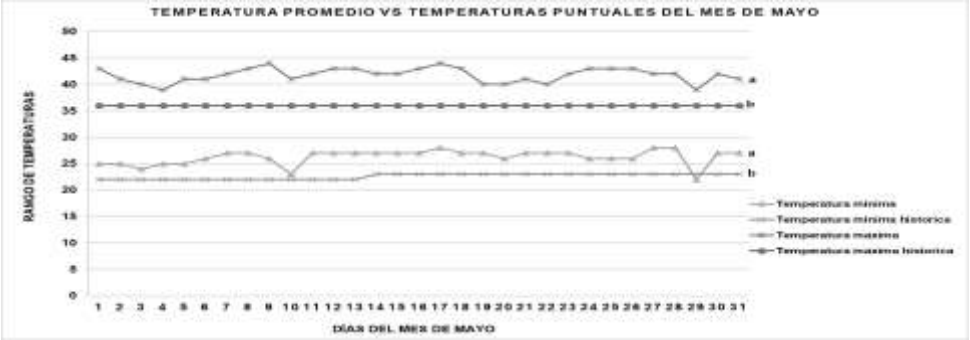

Figura 1. Valores promedios históricos diarios de temperaturas mínimas y máximas *vs*, valores temperatura diaria, mínima y máxima, año 2024 mes de mayo, fuente: Accuwather. Significancia, T de Wicolxon, *p=0.00003; p= 0.00002 < α =0.005*, temperaturas máximas y mínimas en ese orden.

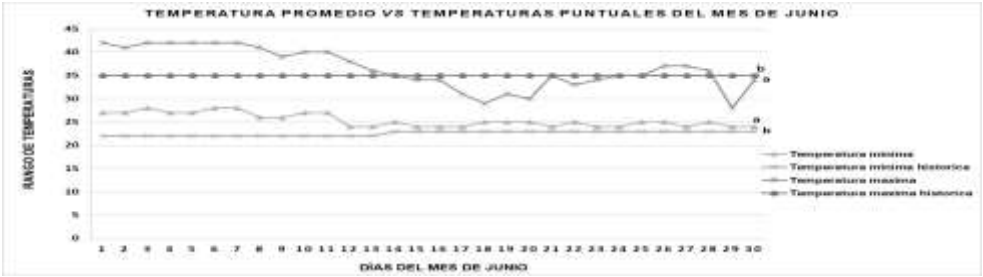

Figura 2. Valores promedios históricos diarios de temperaturas mínimas y máximavs, valores temperatura diaria mínima y máxima, año 2024 mes de junio, fuente: Accuwather. Significancia, T de Wicolxon, *p=0.00002; p= 0.00005 < α =0.005*, temperaturas máximas y mínimas en ese orden.

A continuación, se presenta el cuadro 2, el cual muestra las características de la mazorca, exponiendo diferencias significativas (*p≤ 0.05*) para todas las variables evaluadas, a favor de la fecha de siembra T5: 11/04/2024, fecha menos afectada en la fenofase R1, por la acumulación de GDE, tanto nocturnos, como diurnos. Las mazorcas de este material son cilíndricas, tienden a ser muy largas, mayores que 20 cm, con cinco o más centímetros de diámetro y 12 o más hileras, con más de 40 granos, estos son blancos y cristalinos (González-Valdivia, *et al*., (2017). Nótese que las características de la mazorca son afectadas, por las temperaturas producto de las fechas de siembras realizadas. Investigaciones desarrolladas al respecto demostraron que las temperaturas elevadas, sobre todo en la noche, por encima del promedio durante el crecimiento reproductivo reducen el rendimiento del maíz tanto por la disminución del número como del peso del grano (Andrade *et al*., 2023).

Cuadro 2. Efecto de las fechas de siembra, sobre las características de la mazorca, material vegetal, variedad local "San Pableño" cosechado a los127 dds y la semilla y evaluado 30 después de cosecha.

Fechas de siembras	Largo de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (mm)	Hileras por mazorcas	Número de granos/ hileras	Granos/ mazorca
T1: 20/03/2024	14.78 d	29.25 d	9.65^{c}	7.43 e	69.11 e
T2: 27/03/2024	15.79 c	31.29 c	9.57^{c}	11.39 d	96.24 d
T3: 31/03/2024	16.84 b	37.36 b	10.10^{bc}	18.63 c	163.44 c
T4: 4/04/2024	18.02 a	40.19 a	11.47^{ab}	27.46 b	184.12 b
T5: 11/04/2024	18.54 a	41.16 a	12.92^{a}	37.55 a	401.25 a
DMSh	0.996	1.497	1.452	2.723	18.10
CV (%)	3.85	6.71	8.77	8.62	6.42

Valores con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales, * (*P≤ 0.05*); DMSh, diferencia significativa honesta y CV, Coeficiente de variación.

Igualmente, las temperaturas diurnas por encima del umbral para el cultivo de maíz, por mucho tiempo, provocan el acortamiento del tiempo entre la emergencia de la seda y la madurez del grano, reduciendo el número de días que la planta de maíz está involucrada en la fotosíntesis durante el relleno del grano, disminuyendo la cantidad de energía que la planta de maíz puede convertir en rendimiento del grano (Mayer, *et al*., 2020; Reyes-González *et al*., 2025).

La información del cuadro 3, nos muestra, que para los dos grupos de GDE, la correlación de Pearson (r), son correlaciones positivas y fuertes, o sea a medida que el estrés térmico expresado mediante GDE aumentan, los porcientos de mazorcas anómalas es mayor, llegando al 100 % para las fechas de siembra de los tratamientos 1 y 2. Por su parte el coeficiente de determinación, nos expresa que entre el 89 y 86 % de las mazorcas anómalas se explican por la acumulación de temperaturas extremas superiores a los umbrales nocturnos y diurnos respectivamente. La calidad de la mazorca se ve severamente afectada cuando los grados días extremos (GDE) son mayores durante la etapa R1 (floración emergencia de los estigmas) (Wang, *et al*., 2021; Cruz-González, *et al*., 2024). Mientras que la ecuación de regresión nos expresa, que por cada unidad que aumenta el GDE> 24 °C, el porcentaje de mazorcas anómalas se incrementa en 1.77 % y por cada unidad que aumenta el GDE> 35 ^{0}C, el porcentaje de mazorcas anómalas se incrementa en 0.725 %.

Cuadro 3. Los grados día extremos (GDE), para las temperaturas umbrales mayores a 24 y 35 °C, la correlación de Pearson, con sus correspondientes coeficientes de correlación (R^2) y significancia, así como la ecuación de regresión lineal durante la fenofase R1. Los por cientos (%) de mazorcas anómalas para el material de maíz nativo "San Pableño.

Fechas de siembras	GDE> 24 °C	Correlación de Pearson (r) GDE> 24^{0}C	GDE> 35 °C	Correlación de Pearson (r) GDE> 35°C	Mazorcas anómalas (%)
T1: 20/03/2024	79	r= 0.9485	185	r= 0.930	100^{a}
T2: 27/03/2024	66	R^2= 0.8997	150	R^2= 0.8649	100^{a}
T3: 31/03/2024	60	p^*= 0.0139<0.05	134	p^*= 0.0220<0.05	85.58^{b}
T4: 04/04/2024	47	y= 1.7704x-21.116	85	y= -8.28+0.75x	76.82^{c}
T5: 11/04/2024	23		29		18.88^{d}
CV (%)	-		-		4.92

Valores con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales; DSMh (Diferencia significativa honesta) y Coeficiente de variación, y *p*(value)

Los resultados del cuadro 4, reflejan que la correlación entre el estrés térmico por la noche, acumulación de GDE mayores a 24 °C y diurna GDE mayores a 35 °C, son negativas y fuertes, o sea a medida que aumentan los grados extremos de temperatura el rendimiento disminuye. Los coeficientes de determinación, explican que las variaciones del rendimiento para las distintas fechas se deben en un 96.5 y 86.8 % respectivamente a los cambios en los GDE acumulados, con diferencias significativa, por tanto, los GDE es un factor crítico y determinante en la caída del rendimiento para fechas de siembra.

La ecuación de regresión, por su parte, nos expresa, que por cada unidad que aumentan el GDE>24 °C, en la etapa R1, el rendimiento del cultivo disminuye en promedio 81.28 kg ha^{-1}. Mientras que las temperaturas diurnas por cada unidad que aumentan los GDE por encima de 35 °C, el rendimiento del cultivo se reduce en promedio 28.11 kg ha^{-1}. Si el cultivo no tuviera ningún grado de estrés térmico el rendimiento potencial del material evaluado oscilaría entre 5180.75 y 6310.20 kg ha^{-1}. Tal estimación concuerda con lo reportado por Ku-Pech, *et al*., (2023), los que expresan que estos maíces nativos o locales poseen una amplia diversidad genética, con maíces que van desde las 1.5 t ha en condiciones de milpa tradicional hasta materiales que, en condiciones óptimas de evaluación, superan las 4-6 t/ha.

Cuadro 4. Los grados día extremos (GDE), para las temperaturas umbrales mayores a 24 °C (nocturnas) y 35 °C (diurnas), la correlación de Pearson, con sus correspondientes coeficientes de correlación (R^2) y significancia, durante la fenofase R1. Los valores de rendimiento (kg ha^{-1}) para el material de maíz nativo "San Pableño, sembrado en cinco fechas de siembra diferentes.

Fechas de siembras	GDE> 24 °C	Correlación de Pearson (r) GDE> 24°C	GDE> 35 °C	Correlación de Pearson (r) GDE> 35°C	Red. kg ha^{-1}
T1: 20/03/2024	79	r = - 0.983 R^2= 0.965 p^*= 0.0026<0.05 y= 6310.2-81.28x	185	r = - 0.932 R^2= 0.868 p^*= 0.021<0.05 y= 5180.75-28.11x	466.55 c
T2: 27/03/2024	66		150		590.86 c
T3: 31/03/2024	60		134		782.59 c
T4: 04/04/2024	47		85		2983.04 b
T5: 11/04/2024	23		29		4691.11 a
DMSh	-		-		384.74
CV (%)					13.12

Valores con la misma letra, dentro de columnas, son estadísticamente iguales, *(*P≤ 0.05*); DSMh (Diferencia significativa honesta) y Coeficiente de variación, *p* (value).

Además, de la información analizada en los cuadros 3 y 4, igualmente presentan el análisis de varianza para el por ciento de mazorcas anómalas y el rendimiento del cultivo, con diferencias significativas (*p≤ 0.05*), para ambas variables. Destacando que la fecha de siembra con mayor valor de rendimiento y menores por ciento de mazorcas deformes es la 5 (11/04/2024), siendo esta la que menos GDE presentó tanto en las temperaturas diurnas, como nocturnas. El aumento de las temperaturas diurnas, como nocturnas durante la fenofase R1,

afecta drásticamente el desarrollo de la mazorca, principalmente al alterar el balance de energía de la planta y acelerar su ciclo de vida, lo que se traduce en mazorcas con menos granos o de menor peso, disminuyendo considerablemente el rendimiento del cultivo (Guan *et al*., 2024); (Reyes-González, *et al*., 2025).

CONCLUSIONES

Las temperaturas históricas de los meses de mayo y junio difieren significativamente de las temperaturas diarias para los mismos meses del año 2024, siendo al alza la diferencia. Las altas temperaturas, previas a la etapa de floración del maíz, y durante la misma, tanto para las máximas, como las mínimas, provocaron un estrés abiótico, para la etapa del cultivo, provocando mayores porcentajes de anomalías en mazorcas cosechadas. Además, los atributos de las mazorcas se vieron afectados negativamente, Por tales razones, los mayores valores de rendimiento se presentaron en las fechas de siembras, donde se afectó menos los días de floración y los previos a esta, por temperaturas máximas y mínimas por encima de los umbrales para el cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Accuwather, (2024). Calkiní, Campeche. Disponible en: https://www.accuweather.com/es/mx/calkin%C3%AD/231868/may-weather/231868, (consultado, 1/07/2024).

Agrojaf, (2022). Cultivos de primavera-verano en México. Disponible en: https://agrojaf.com/cultivos-de-primavera-verano-en-mexico/ (consultado, 26/02/2026).

Andrade, F., Neiff, N., y Andrade, F. (2023). Crecimiento del cultivo. *Ecofisiología y manejo del cultivo de maíz. Andrade, F., Otegui, ME, Cirilo, A., Uhart, S.(Eds.). Asociación Civil MAIZAR. Balcarce, Argentina*, 73-105.

Ciampitti, I. (2018). Espigas Anormales en Maíz. K-State Research. Research and Extension, 15 p.

Crafts, S.J. y Salvucci, M.E. (2002). Sensitivity of photosynthesis in a C4 plant, maize, to heat stress. *Plant Physiol*. 129:1773-1780.

Cruz-González, A., Arteaga-Ramírez, R., Sánchez-Cohen, I., Soria-Ruiz, J. y Monterroso-Rivas, A. I. (2024). Impactos del cambio climático en la producción de maíz en México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc*, 15 (1): 1-15, https://doi.org/10.29312/remexca.v15i1.3327.

Cruz-González, A., Arteaga-Ramírez, R., Sánchez-Cohen, I., Soria-Ruiz, J., y Monterroso-Rivas, A. I. (2024). Impacts of climate change on corn production in Mexico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *15* (1). **DOI:** https://doi.org/10.29312/remexca.v15i1.3327.

FAO (Food and Agriculture Organization). (2024). FAOSTAT, Cultivos y productos de ganadería. Disponible en: https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize. (consultado, 27/02/2026).

Fassio A., Carriquiry A., Yojo C, Romero A. 1998. Maíz: aspectos sobre fenología. INIA. Montevideo, Uruguay.

González-Valdivia, N. A., Cetzal-Ix, W. R., Martínez-Puc, J. F., Soria-Fregoso, M. J., Burgos-Campos, M. A. y Arcocha-Gómez, E. (2017). Razas y variedades nativas de maíz (*Zea mays* L.) en la península de Yucatán, México. Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche, México. pp. 29. ISBN: 978-607-96575-7-4.

Guan L, Chen Y, Dong X (2024) Impacts of high temperature and vapor pressure deficit on the maize opened spikelet ratio and pollen viability. *Agronomy* 14(11): 2510. https://doi.org/10.3390/agronomy14112510 .

Guzmán-Anaya, L. y Lugo-Sánchez, M. G. (2024). Análisis Regional de la Producción de maíz en México. Eseconomía, 19, (62): 9-27.

Hernández, V., R. Zetina y I. Meneses. 2014. Extracciones nutrimentales en tres cultivos básicos en Veracruz, México. Biológico Agropecuaria Tuxpan, 2 (1): 229-235, ISSN: 2007-6940. https://doi.org/10.29312/remexca.v15i1.3327.

INEGI, 2023. Censo Agropecuario 2022. Comunicado de prensa número 667/23, disponible en: CA_Def2022.pdf.

Ku-Pech, E. M., Mijangos-Cortés, J. O., Islas-Flores, I., Sauri-Duch, E., Latournerie-Moreno, L., Rodríguez-Llanes, Y. y Simá-Gómez, J. L. Diversidad del Maíz en Tres Zonas Geomorfológicas de Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 26: #078, http://doi.org/10.56369/tsaes.4853.

Lino, A., Apolinar, M. y Bolón, J. A., 2023. Tipos de Fertilización en Maíz Nativo (*Zea mays* l.) X-Mejen Nal, Bajo Riego por Goteo. (comp.). Ciencia y tecnología para un campo productivo y sustentable. INIFAT, SADER y CIRGC, 2585 p.

Lobell, D. B., & Field, C. B. (2007). Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environmental research letters*, *2*(1): 1-7, 014002. doi:10.1088/1748-9326/2/1/014002.

Mayer, L. I., Cirilo, A. G., y Maddonni, G. A. (2020). La calidad industrial y los golpes de calor durante el llenado de los granos de maíz. Capítulo 4: (Eds), Lucas Borrás. Maíz Flint: Producción sustentable y calidad de grano, 35.

Palma, D. J., J. Zavala, F. Bautista, M. A. Morales, A. López, *et al*., 2017. Clasificación y Cartografía de Suelos del Estado de Campeche, México. Agroproductividad. 10 (12): 71-78.

Reyes-González A, Reta-Sánchez DG, Sánchez-Duarte JI, Servín-Palestina M, Cueto-Wong JA (2025) Temperatura alta durante la polinización y su efecto en el rendimiento de maíz grano. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 12(2): e4253. DOI: 10.19136/era.a12n2.4253.

Reyes-González, A., Reta-Sánchez, D. G., Sánchez-Duarte, J. I., Servín-Palestina, M., & Cueto-Wong, J. A. (2025). Temperatura alta durante la polinización y su efecto en el rendimiento de maíz grano. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, *12*(2): 1-9, https://doi.org/10.19136/era.a12n2.4253.

Ruiz, J.A., H.E. Flores, J.L. Ramírez, y D.R. González. (2002). Temperaturas cardinales y duración del ciclo de madurez del híbrido de maíz H-311 en condiciones de temporal. *Agrociencia* 36:569-577.

Santana, F. E. (7 de junio de 2024). Yucatán vive la peor sequía en 30 años, dice la Conagua. *Diario de Yucatán*. disponible en: Yucatán vive la peor sequía en 30 años, dice la Conagua. (consultado, 1/07/2024).

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), (2019). Producción Nacional de maíz grano. Anuario Estadístico de la Producción, desde 1980-2019. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/.

Sosa-Rodríguez, F. S. (2015). Política del cambio climático en México: avances, obstáculos y retos. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 6, (2): 4-23, ISSN 2007-2961.

Tinoco, O. (18 junio, 2024). Ya sabemos cuál es el mes más caluroso y seco en toda la historia de México. *Infobae*. Disponible en: Ya sabemos cuál es el mes más caluroso y seco en toda la historia de México - Infobae, (consultado, 2/03/2026).

Tucuch-Cauich, F. M., Naal, R. K., Estrada-Vivas, J. D., y Palacios-Pérez, A. (2007). Caracterización de la producción de maíz en la zona centro-norte del estado de Campeche, México. *Agronomía Mesoamericana*, *18*(2), 263-270.

Wahid, A., S. Gelani, M. Ahsraf, and M.R. Fooland. (2007). Heat tolerance in plants: an overview. *Environ. Exp*. Bot. 61:199-223.

Wang, Y., Wang, C., y Zhang, Q. (2021). Synergistic effects of climatic factors and drought on maize yield in the east of Northwest China against the background of climate change: W. Ying et al. *Theoretical and Applied Climatology*, *143*(3), 1017-1033. ISSN 0177-798X, doi:10.1007/s00704-020-03457-0.

Weather Spark, 2024. Climate and Average Weather Year Round in Calkiní, Campeche, México. Disponible en: Calkiní Climate, Weather By Month, Average Temperature (Mexico) - Weather Spark, (consultado, 1/07/2024).