

Introducción

El cultivo de maíz es una de las actividades agrícolas más importantes en el territorio nacional, especialmente, por su vínculo con la seguridad alimentaria y nutricional de Guatemala. Según ICTA (2021), el consumo per cápita/año para Guatemala se estima en 114 kg (250 libras). Dado la importancia del maíz y su sensibilidad ante fenómenos meteorológicos/climáticos, tal como lo confirma el IPCC (2021) y Vogel *et al.* (2019) que los eventos de olas de calor y sequías podrían afectar negativamente el rendimiento de los cultivos y en el caso del maíz pérdidas de cosechas que pondría en riesgo la seguridad alimentaria de hogares y comunidades. Por tales razones resulta necesario la búsqueda de tecnologías (técnicas, semillas, conocimiento, entre otros) que permitan reducir los impactos de cambios en el clima. De acuerdo con Noriega (2019), el 52% de las tierras cultivables en comunidades de Nahualá son empleadas para la producción de maíz, por lo tanto, debe ser imperativo la búsqueda de alternativas de adaptación. Dai (2012) citado en Reyer, C., *et al.* (2017) encuentran estadísticamente significativo un incremento de condiciones de sequía para Centro América y el Caribe para el período de 1950–2010. Que se intensificaría al momento de un incremento de 4°C de temperatura mundial.

La investigación se desarrolló bajo la premisa de identificar si existe efecto de la aplicación de una lámina de agua en fase de canícula sobre el rendimiento del cultivo de maíz en condiciones climáticas y ambientales de Nahualá, Sololá. La precipitación tiene un impacto significativo en el rendimiento del maíz en los países productores de maíz, es decir, a mayor precipitación provoca un mayor rendimiento, excepto en ciertos países cerca del Ecuador (Ban, Y., Leng, G., & Tang, Q., 2022). El fenómeno conocido como “canícula” es una disminución parcial o total de la precipitación que ocurre a mediados de la época lluviosa, durante julio y agosto.

Un aporte acumulado de agua de 7.14 mm/día (riego por goteo) durante 12 días del periodo de canícula, mostró un incremento en el rendimiento del grano de maíz en un 13.12% respecto al tratamiento sin riego.

Objetivos:

Objetivo general:

Identificar el efecto de la aplicación de riego en el periodo de canícula sobre maíces nativos rendidores de las localidades de Tzamjuyup, Nahualá, Sololá.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la aplicación de riego en el rendimiento en grano kg/ha sobre cinco materiales (germoplasma) nativos rendidores.
2. Identificar el material nativo de maíz con mayor rendimiento en grano kg/ha bajo condiciones de secano.
3. Deducir las dificultades u oportunidades existente en la aplicación de riego localizado para la fase canícula en el cultivo de maíz.

Metodología



Figura 1. Metodología y sus fases empleadas para la presente investigación.

Resultados

El estudio se desarrolló bajo un diseño bifactorial con arreglo en franjas y tuvo una duración de 289 días contabilizados desde la siembra hasta la cosecha. Para el territorio de Nahualá (altiplano) el ciclo de cultivo usualmente presenta 277 días o 9.23 a 10 meses. En algunos casos, este periodo se prolonga en condiciones de temperaturas más bajas (frías), como registra ASOCUCH(2019) para las condiciones de Huehuetenango. Los materiales empleados provienen de cuatro distintas localidades y orígenes altitudinales (cuadro uno) y se utilizó la densidad de siembra tradicional de Tzamjuyup de 62,500 plantas/ha y con un rendimiento promedio estimado de 2,002.1 kg/ha (Noriega, K. 2019).

La precipitación acumulada durante la investigación fue de 1,320.4 milímetros y con una fase/período de canícula durante el 16 al 28 de julio de 2021. En la figura dos se observa los días (13) consecutivos sin precipitación (lluvia), superando el acumulado de 12 días consecutivos sin lluvia en el año 2015 (uno de los años más secos). Además, se registra el comportamiento de la humedad en el suelo durante dicha fase bajo irrigación (barras en azul) y sin irrigación (barra en amarillo). Un detalle llamativo fue la humedad identificada en los tratamientos sin riego, que probablemente, sea aporte por capilaridad del suelo y el fenómeno del rocío. Se aplicó una lámina de riego de 14.28 mm (por goteo) con una frecuencia de aplicación en intervalos de 2 días para un total de 6 aplicaciones en la fase de la canícula.

El comportamiento de la producción (kg/ha) para cada uno de los materiales en condiciones de irrigación y sin irrigación se observa en la figura tres. En el bloque cuatro se destaca ligeramente el rendimiento de todos los materiales sobre los primeros bloques. Así mismo, destacan en la citada franja los materiales locales (Tzamjuyup y Pacachelaj).

El comportamiento de las medias de producción para los materiales en estudio, muestra que, el tratamiento de aplicación de una lámina de riego en el periodo de canícula

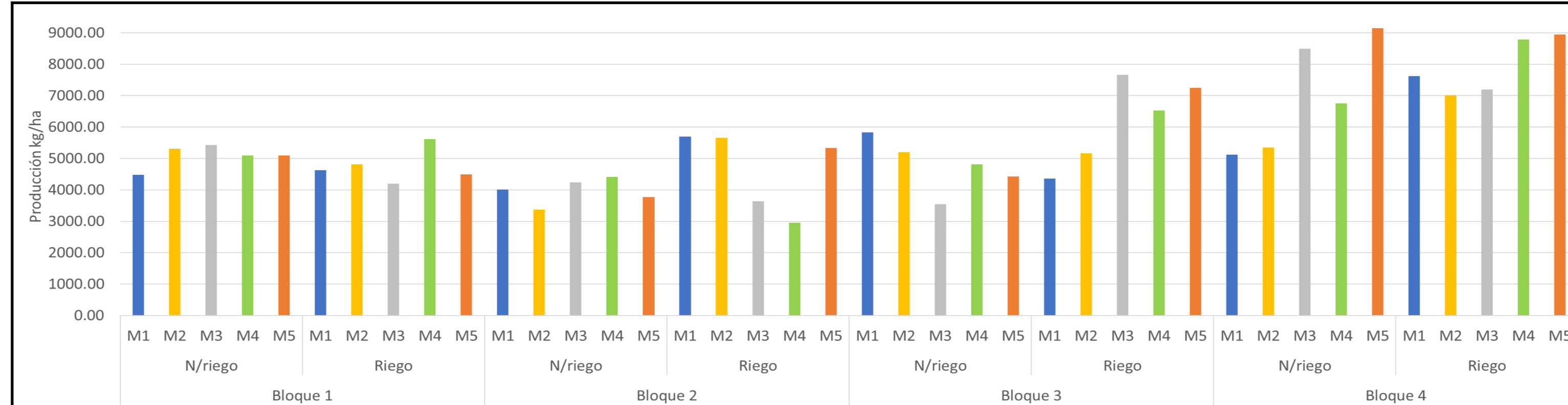


Figura 3. Comportamiento de la producción kg/ha de los materiales evaluados por bloque e irrigación y no irrigación

generó un incremento en el rendimiento estimado en 13 %. En otras condiciones y con otros materiales de maíz Intagri (2016) afirma que la aplicación de riego por goteo puede incrementar el rendimiento del maíz hasta un 50%. Los materiales que presentaron un mayor rendimiento (kg/ha) fue el procedente de Pakim (M5) y el cuatro procedente de Tzamjuyup (M4). Bajo condiciones de no riego, el material Pakim (M5) de un piso altitudinal más cálido y el material local de Pacachelaj (M3) que está adaptado a las condiciones del sitio de estudio presentaron los rendimientos más altos.

El análisis de varianza de los rendimientos medios, cuadro dos, indica que estadísticamente no existe diferencia significativa entre los rendimientos de los materiales de maíz evaluados en combinación con aplicación y sin aplicación de riego durante el período de canícula. La figura dos muestra las condiciones de una reducción total de lluvias durante 13 días, sin embargo, otros factores ambientales y físicos se combinaron para la existencia de la humedad en el suelo tales como: el material orgánico en el suelo, la propiedad de aporte de humedad por capilaridad en el suelo, el rocío y otros posibles mecanismos de entrada de humedad. Dichos resultados confirman la baja importancia por parte de los agricultores con relación al periodo de canícula como una amenaza. Sin embargo, en futuro cercano, podría agravarse o extenderse dicho período.



Figura 4. Tratamiento empleando riego localizado o por goteo.

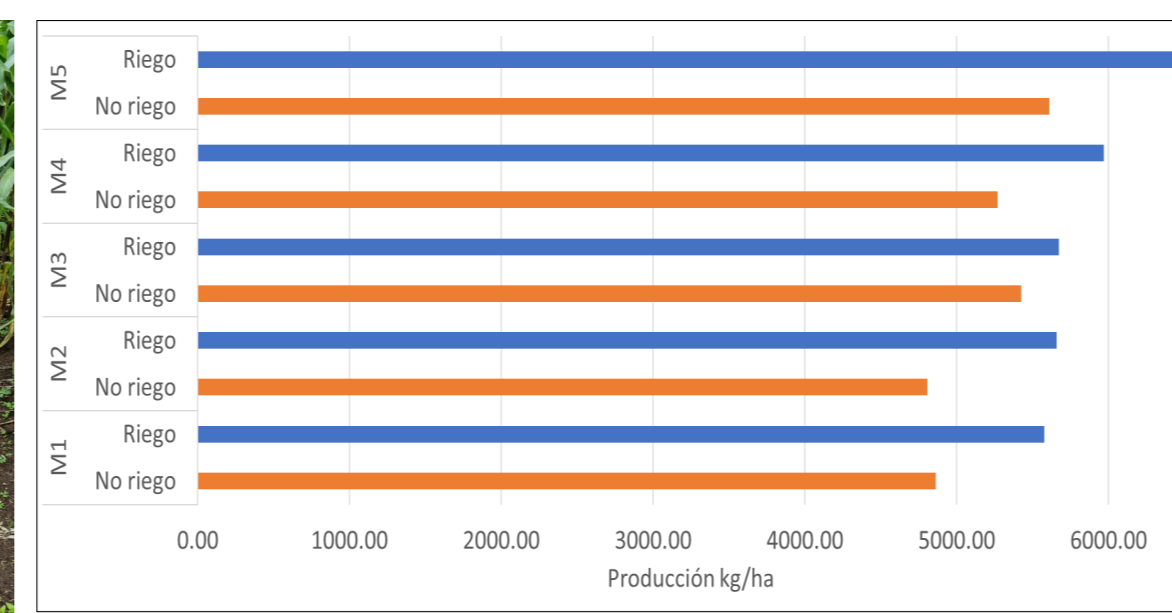


Figura 4. Producción promedio kg/ha de los materiales de maíz evaluados.

Cuadro 1. Descripción de materiales utilizados y origen altitudinal

Material utilizado	Origen altitudinal
M1 Sololá Tolerante	2,400 msnm
M2 Sololá rendidor	2,400 msnm
M3 Pacachelaj rendidor	2,750 msnm
M4 Tzamjuyub rendidor	2,700 msnm
M5 Pakim rendidor	2,200 msnm

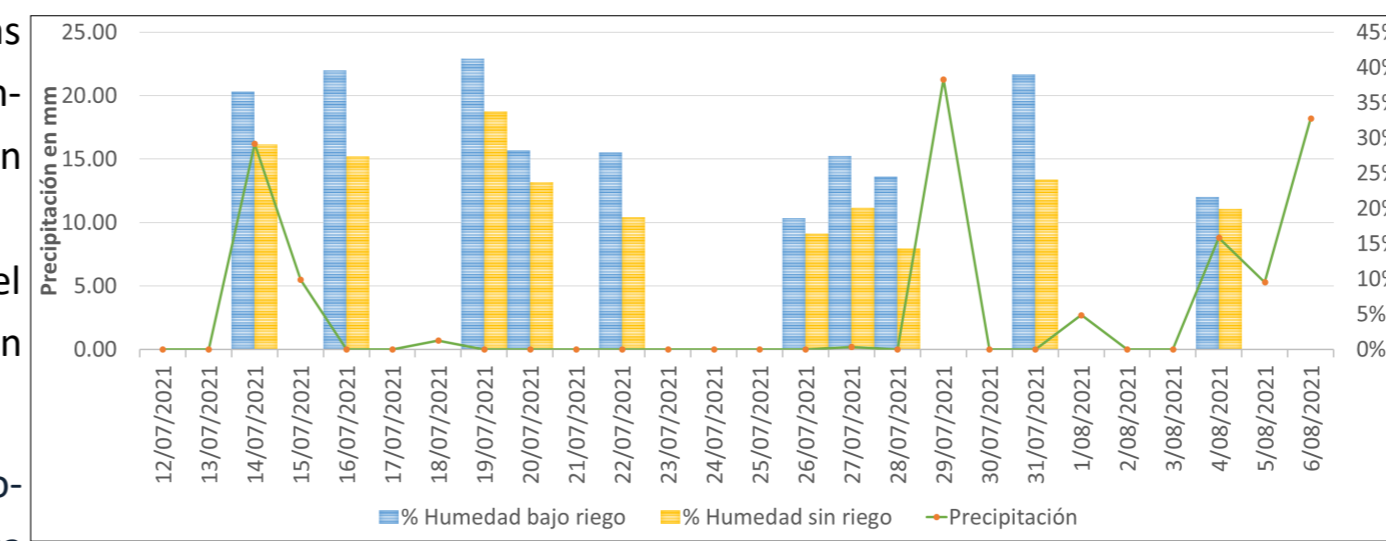


Figura 2. Lluvia diaria y humedad en el suelo durante la fase de canícula para los tratamientos.

Conclusiones

1. La canícula en la zona de estudio tuvo una duración de 13 días consecutivos, del 16 al 28 de julio de 2021.
2. En base a los resultados obtenidos, la aplicación de riego localizado contribuyó en el incremento de la producción de los maíces evaluados en 13 %.
3. El material que se destacó en mayor rendimiento combinado con el tratamiento de aplicación de riego fueron los procedentes de Tzamjuyup con 6,504.06 kg/ha y Pakim 5,968.92 kg/ha.
4. Bajo condiciones de canícula y sin aplicación de riego los materiales que mejor respondieron en rendimiento fueron los procedentes de Tzamjuyup con 5,608.09 kg/ha y el material local Pacachelaj con 5,268.78 kg/ha.
5. El material con menor producción bajo aplicación de riego pertenece al maíz de Sololá con características de tolerancia a escasez hídrica con 5,575.30 kg/ha
6. Estadísticamente los materiales de maíz evaluados combinados con el tratamiento de aplicación y sin aplicación de riego, no presentaron diferencias significativas en sus rendimientos (kg/ha).

Recomendaciones

1. La canícula como un fenómeno que forma parte de la variabilidad climática, es irregular anualmente, por lo que, la intensidad de la misma es distinta año con año. Por ello se recomienda continuar investigando como afectaría los cultivos más importantes en la zona.
2. Se deben considerar estudios que evalúen la respuesta de los materiales de maíz locales bajo condiciones más severas de ausencia de lluvia (incremento 20–25 de días consecutivos sin lluvia).
3. Resulta necesario generar información puntual sobre la humedad del suelo a mayor profundidad y el aporte por rocío, entre otras variables.
4. Se debe establecer otras investigaciones complementarias para indagar sobre el proceso de aporte por capilaridad y el rocío y otros fenómenos meteorológicos y físicos que aportan agua durante el periodo seco y fase de canícula.

Literatura citada

ASOCUCH. (2019). Caracterización morfológica de 32 materiales de maíz en el municipio de Concepción Huista Huehuetenango. <https://weseedchange.org/wp-content/uploads/2020/05/Caracterizaci%C3%B3n-Morfol%C3%B3gica-de-32-Materiales-de-Maiz-en-Concepci%C3%B3n-Huista-ASOCUCH-2019.pdf>

Ban, Y., Leng, G., & Tang, Q. (2022). Compounding precipitation effect in modulating maize yield response to global warming. *International Journal of Climatology*, 42(14), 7397–7407. <https://doi.org/10.1002/joc.7652>

ICTA. (2021). Programa maíz. <https://www.icta.gob.gt/maiz>

Intagri. (2016). Introducción al Cultivo de Maíz en Riego por Goteo. Recuperado el 15 de diciembre de 2020, de <https://www.intagri.com/articulos/cereales/introduccion-al-cultivo-de-maiz-en-riego-por-goteo>

IPCC. 2022: Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33, doi:10.1017/978100925844.001.

CEPAL, SICA, & SECA. (2013). Impactos Potenciales del Cambio Climático sobre los granos Básicos en Centroamérica. México. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/27171>

Marín Choriego, A. R. (2018). Impacto del Cambio climático en el rendimiento del cultivo de Maíz (Zea mays) en El Salvador. Zamorano, 43. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/5f157ccb-bc4f-4865-a3ba-c522e0250e0/content>

Noriega, K. (2019). Evaluación de la tecnología agrícola en conservación de suelos para la adaptación al cambio climático, aldea Tzamjuyup, Nahualá, Sololá. Trabajo de graduación, Universidad de San Carlos de Guatemala, EPS, Mazatenango. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12256/1/>

Orrego León, E. A., González Batres N. C., Hernández Quevedo, M. P. (2022). La canícula y su comportamiento en Guatemala. *Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático-Yu'am*, 6(1): xxx-xx

Reyer, C., Adams, S., Albrecht, T. *et al.* Climate change impacts in Latin America and the Caribbean and their implications for development. *Reg Environ Change* 17, 1601–1621 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0854-6>

Vogel, E., Donat, M.G., Alexander, L.V., Meinshausen, M., Ray, D.K., Karoly, D., Meinshausen, N., Frieler, K., 2019. The effects of climate extremes on global agricultural yields. *Environ. Res. Lett.* 14, 054010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab154b>