

Mapeo de temperatura y precipitación para evaluar forrajes alternativos ante el cambio climático en el sur de Honduras

Temperature and precipitation mapping to evaluate alternative forages in the face of climate change in Southern Honduras

Emma S. Navarro-Roque* , Mayra K. Atehortua 

Maestría en Agricultura Tropical Sostenible, Universidad Zamorano, Tegucigalpa, Honduras

Resumen / Introducción. El cambio climático tiene un efecto notable en los patrones de temperatura y precipitación a nivel global, lo que representa desafíos para la agricultura y la ganadería. Por consiguiente, son necesarias estrategias de adaptación que contribuyan a mejorar los rendimientos de los cultivos y la producción ganadera. El presente estudio mostró el análisis de proyecciones futuras de las variables de precipitación y temperatura en el municipio de San Marcos de Colón, Choluteca, Honduras. **Métodos.** Se realizó el análisis de variables climáticas en el programa de RStudio, con datos de las plataformas WorldClim y Agua de Honduras. Asimismo, se analizó los histogramas de precipitación acumulada de la plataforma ClimateCharts, así como proyecciones de los escenarios Representative Concentration Pathways (RCP) 8.5 en el período de los años 2030, 2050 y 2080. **Resultados.** Para el 2070, se anticipa una reducción en la precipitación, estimada entre 10 y 40 mm, durante los meses de julio y agosto, así como un aumento de la temperatura de hasta 4 °C, según el escenario RCP 8.5. **Conclusión.** La necesidad de adaptarse al cambio climático en Choluteca se refleja en proyecciones de menor precipitación y mayor temperatura para 2070. Ante estos resultados, se recomienda evaluar forrajes alternativos como King Grass y otros. **Palabras Clave** Ciencias del espacio, Ganado, Sequía, Tierra de pastoreo

Abstract / Introduction. Climate change has a noticeable effect on global temperature and precipitation patterns, posing challenges for agriculture and livestock production. Consequently, adaptation strategies are needed to help improve crop yields and livestock production. This study showed the analysis of future projections of precipitation and temperature variables in the municipality of San Marcos de Colón, Choluteca, Honduras. **Methods.** The analysis of climate variables was carried out in the RStudio program, using data from the WorldClim and Agua de Honduras platforms. Likewise, accumulated precipitation histograms were analyzed from the ClimateCharts platform, as well as projections of the Representative Concentration Pathways (RCP) 8.5 scenarios for the years 2030, 2050 and 2080. **Results.** In 2070, a reduction in precipitation is estimated between 10 and 40 mm and expected during the months of July and August, in addition to an increase in temperature of up to 4 °C according to the RCP 8.5 scenario. **Conclusion.** The need to adapt to climate change in Choluteca is reflected in lower precipitation and higher temperature projections for 2070. Considering these results, it is recommended to evaluate alternative forages such as King Grass and others.

Keywords Climate change, Drought, Grazing land, Livestock, Space sciences

Recepción: 13 febrero 2024 / Aceptación: 24 abril 2024 / Publicación: 30 junio 2024

Cita: Navarro-Roque, E. S., & Atehortua, M. K. (2024). Mapeo de temperatura y precipitación para evaluar forrajes alternativos ante el cambio climático en el sur de Honduras. *Innovare Revista de ciencia y tecnología*, 13(1), 8–14.

<https://doi.org/10.69845/innovare.v13i1.333>

INTRODUCCIÓN

El análisis climático es el proceso de estudiar los cambios, tendencias y patrones de las condiciones atmosféricas y climáticas a lo largo del tiempo en diferentes regiones geográficas. Implica la recolección, procesamiento e interpretación de diversas variables climáticas como temperatura, precipitación y otros fenómenos atmosféricos para detectar cambios significativos y predecir posibles escenarios futuros, contribuyendo a la toma de decisiones en

el sector agrícola la, recursos naturales, planificación urbana y gestión del riesgo climático (Arteaga N. y Burbano N., 2018; Siclari Bravo, 2021). Dentro de este marco, los modelos climáticos muestran un aumento continuo de las temperaturas globales, lo que tendrá múltiples efectos en los sistemas climáticos regionales, incluidos cambios en los patrones de precipitación, con la espera que estos cambios continúen y se intensifiquen en las próximas décadas (Mendoza de Armas y Jiménez Narváez, 2017; Siclari Bravo, 2021). Uno de los impactos más evidentes del cambio climático es el aumento de las temperaturas promedio en

*Correspondencia: nemmasarahi8@gmail.com



muchas partes del mundo, lo cual provoca fenómenos como olas de calor más frecuentes e intensas, así como cambios en los ciclos estacionales. Estos cambios en la temperatura pueden afectar directamente a los ecosistemas agrícolas, con alteración en los ciclos de crecimiento de las plantas y aumento de la incidencia de plagas y enfermedades (Tobón Ramírez, 2019; Vanegas Ruiz y Codero-Ahiman, 2019).

Los patrones de precipitación son otro ejemplo de las alteraciones ocasionadas por el cambio climático. Se espera que algunas regiones experimenten un aumento en la frecuencia e intensidad de las lluvias, mientras que otras enfrentarán sequías más prolongadas y severas (Hernández, 2020). Estos cambios en la precipitación pueden tener consecuencias devastadoras para la agricultura como ser baja disponibilidad de agua para riego, erosión de suelo y reducción en los rendimientos de los cultivos (Nelson et al., 2009). Los agricultores y ganaderos de las áreas rurales son los más perjudicados por el cambio climático (FAO, 2016).

A nivel mundial, el sector ganadero se ha visto perjudicado por la falta de disponibilidad de biomasa forrajera en los períodos de sequía en los últimos 10 años, es decir; no hay pastos suficientes para suplir la demanda alimenticia de los animales rumiantes (García et al., 2014; Motta-Delgado et al., 2019). Esto provoca pérdidas en rendimientos de ganancia de peso, con una reducción en la productividad por kilogramo de carne y leche (Calvo-Solano et al., 2018). En el contexto de Honduras, la producción ganadera se centra en los departamentos que pertenecen a la franja de El Corredor Seco Centroamericano, la cual ha sido una de las áreas más afectadas por diversos impactos hidrometeorológicos extremos, principalmente por los largos períodos de sequía (fenómeno del Niño), lo que obliga a trazar estrategias para obtener una mayor rentabilidad por parte de los productores ganaderos (Assessment Capacities Project [ACAPS], 2015; Calvo-Solano et al., 2018).

Una forma de planeación eficiente es la elaboración de silos, en donde se aprovechan los insumos locales y permite a los productores contar con alimento en épocas de verano y así no incurrir en la compra de suministros costosos y de baja calidad, como ocurre actualmente por la falta de planeación (Fernández-Paredes et al., 2017; Tobón Ramírez, 2019). Los silos forrajeros preservan la calidad y el valor nutricional de los pastos, mejoran la ingestión y la digestibilidad de forrajes de menor calidad, y aseguran una gestión eficaz de la alimentación del ganado durante períodos de sequía (Vanegas Ruiz y Codero-Ahiman, 2019). Además, permiten mantener la misma capacidad de carga de animales en la finca por hectárea en la época de verano (Ortega Ojeda, 2021).

Por otro lado, es una manera de reducir la vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático (Calvo-Solano et al., 2018). El manejo adecuado de los pastos forrajeros en la elaboración de los silos contribuye a la mitigación de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) porque posee la capacidad de secuestrar carbono (COS). Esto se debe a que tiene un sistema de raíz grande y profunda que logra movilizar los nutrientes y el agua hacia las capas profundas del suelo (McKenzie Soil Management, 2010). Las tasas de secuestro de carbono pueden variar entre 0.1 a 3.1 Mg C ha⁻¹ año (Tessem et al., 2020).

Para considerar alternativas para siembra de forrajes en la región, es necesario conocer las características medioambientales. Es de especial interés de las autoras conocer si hay condiciones para proponer la siembra de King Grass, una estrategia prometedoras en el contexto de San Marcos de Colón, Choluteca, por su notable ajuste a condiciones climáticas adversas como altas temperaturas y baja precipitación (SAG, 2021). Su rápido crecimiento y alto rendimiento de biomasa lo posiciona como una alternativa valiosa para contrarrestar los efectos del cambio climático en la producción ganadera. De ser necesario, en los meses de lluvia, los productores pueden gestionar la adaptación de estrategias de almacenamiento de agua mediante la construcción de reservorios y así tener a disposición sistemas de riego y afrontar la temporada de sequía.

Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo analizar el cambio de las variables de precipitación y temperatura en el municipio de San Marcos de Colón, Choluteca, Honduras, para justificar una propuesta de establecimiento de silos forrajeros de King Grass, como alternativa de adaptación y mitigación ante el cambio climático.

MÉTODOS

Área geográfica de estudio

San Marcos de Colón está ubicado en el departamento de Choluteca, Honduras y se encuentra a una altitud media de 998 msnm, con una precipitación media anual de 1,080 msnm. Las temperaturas no suelen superar los 35 °C y su temperatura media anual identificada es de 23.4 °C. La precipitación y temperatura promedio mensual de San Marcos de Colón se extrajo de las plataformas ClimateCharts y la Red Global de Climatología Histórica (GHCN, por sus siglas en inglés). ClimateCharts es una plataforma web que utiliza gráficos y mapas espaciales para el monitoreo y análisis del clima.

Estos gráficos se basan en una variedad de conjuntos de datos interpolados que muestran información detallada sobre el clima de una región específica, incluyendo la variación de la temperatura y la precipitación a lo largo del año, así como las tendencias climáticas a lo largo de varias décadas. La GHCN es una red internacional de estaciones meteorológicas que recopilan datos climáticos históricos del mundo. Estos datos incluyen mediciones de temperatura, precipitación, presión atmosférica y otros parámetros climáticos.

La GHCN es mantenida por el Centro Nacional de Información Ambiental de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA, sigla en inglés) de los Estados Unidos que permite acceder y descargar datos climáticos globales mediante aplicaciones de código abierto. Incluye un visor en <https://www.globalclimatemonitor.org/>, donde se puede explorar datos normales climáticos, anomalías, promedios, totales anuales, índices de estacionalidad de la precipitación y tendencias climáticas. La importancia de la GHCN y la plataforma ClimateCharts radica en su contribución a la comprensión del clima pasado y presente. Estos recursos son fundamentales para los estudios climáticos y la investigación

sobre el cambio climático, ya que proporcionan datos históricos y actuales que permiten analizar las tendencias climáticas a largo plazo

Análisis de precipitación y temperatura: mapa base

Para obtener el mapa de línea base de precipitación y temperatura, se utilizaron los datos descargados de la plataforma WorldClim (<https://www.worldclim.org/data/index.html>). Seguidamente, se utilizó el programa de RStudio, una herramienta de código abierto utilizada por científicos para el análisis de datos y su organización en forma bidimensional. Esto permitió graficar datos geoespaciales a través del marco de datos. Para ello, primero, se llevó a cabo la selección del departamento de Choluteca mediante el corte raster en RStudio.

A continuación, se calculó el centroide del departamento y se determinó su ubicación geográfica central, con el cálculo del punto medio del departamento. Posteriormente, se extrajeron los valores de precipitación promedio correspondientes al centroide de Choluteca. Finalmente, se presentó visualmente los resultados obtenidos y se generaron gráficos con la variación de la precipitación y la temperatura a lo largo del tiempo en el departamento de Choluteca. Para este análisis, se utilizaron las librerías raster, rgdal, rgeos, glue, stringr, sf, tidyverse, gtools, fs en RStudio.

Análisis para el cambio de precipitación 2070

El análisis de cambio de precipitación utilizó datos mundiales obtenidos de la plataforma de RStudio. Se utilizó el comando `prec.cam <- ((prec.70-prec)/prec)*100` `plot(prec.cam, addfun=add_limite)`, para identificar el

porcentaje de cambio de la precipitación en la línea base. Para este análisis, se utilizaron las siguientes librerías de RStudio: raster, sp, rgeos, rgdal, sf y rasterVis.

Análisis climático según escenarios de Representative Concentration Pathways (RCP)

La plataforma Agua de Honduras fue utilizada para obtener proyecciones de los escenarios de RCP en términos de las variables de temperatura y precipitación. Para ello, se identificó el código de identificación de la microcuenca que abastece agua a la comunidad de San Marcos de Colon (Código: 1801009 de la microcuenca R13, Golfo de Fonseca, Coco/Segovia, Comalí). Se seleccionó el escenario RCP 8.5 para los análisis.

RESULTADOS

Análisis climático según líneas base climáticas de 1981-2010

Los datos extraídos del mapa de línea base climática para precipitación mostraron un comportamiento monomodal, el cual hizo referencia a que existe un período donde la lluvia es intensa y el resto del tiempo es árido. Por tanto, la línea confirmó que la temporada de lluvia es en los meses de mayo a octubre (mayo 184.9 mm, junio 269.9 mm, julio 146.3 mm, agosto 183.9 mm, septiembre 269.9 mm, octubre 256 mm), mientras que la temporada de sequía es de enero a abril y noviembre a diciembre (enero 13.4 mm, febrero 5.4 mm, marzo 8.3mm, abril 32.5 mm, noviembre 51.1 mm, diciembre 11.1 mm).

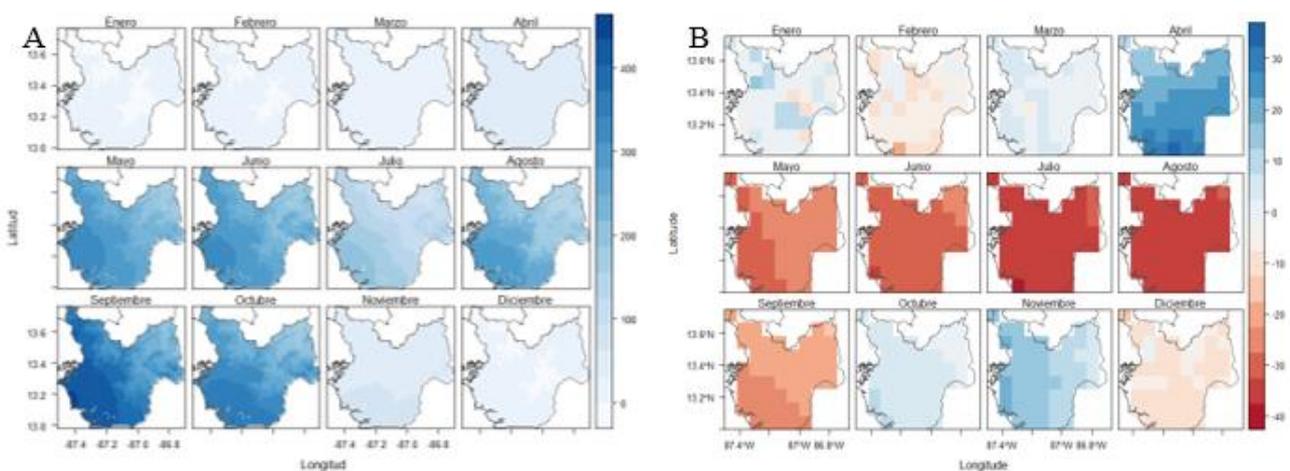


Figura 1. Diferencia en la precipitación mensual (mm) al 2070 en el departamento de Choluteca, Honduras, en comparación con la línea base. A. Línea base de precipitación, B. Diferencia en la precipitación 2070.

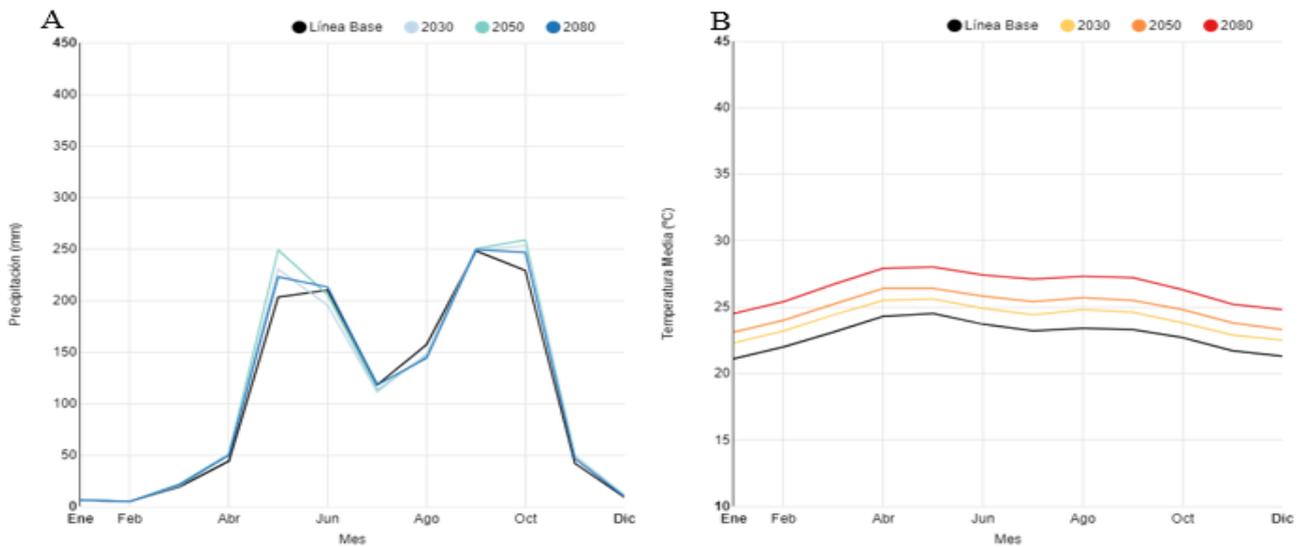


Figura 2. Proyección escenario RCP 8.5 para la microcuenca R13, Golfo de Fonseca, Coco/Segovia, Comalí. A. Precipitación B. Temperatura.

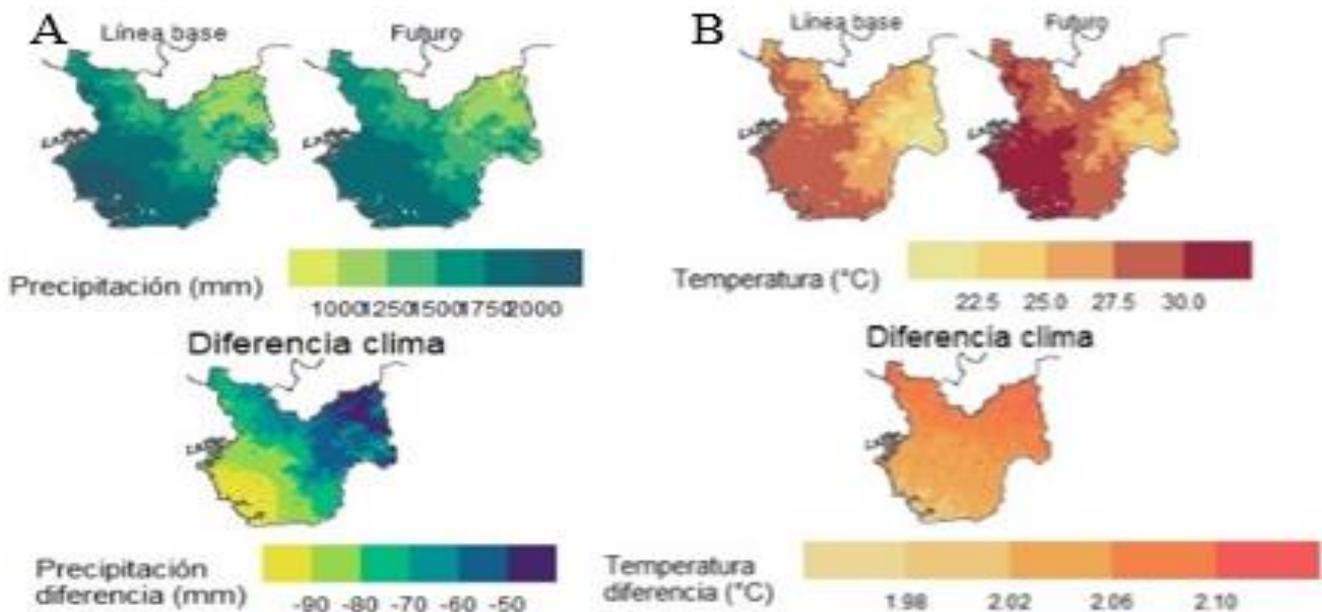


Figura 3. Comparación de variables climáticas actuales y futuras del departamento de Choluteca, Honduras. A. Precipitación B. Temperatura.

Análisis según cambio de precipitación 2070

Para el 2070, Choluteca presentará una clara disminución de 10 a 40 mm de precipitación, lo cual afectará grandemente el período de invierno comprendido históricamente de mayo a octubre. Los meses que mostrarán un mayor cambio en la precipitación serán julio y agosto, con una disminución de 40 mm, al compararse con la línea base (Figura 1). Adicionalmente, se identificó que los meses de abril y noviembre son los únicos que mostrarán un cambio positivo en la precipitación, con un aumento

aproximadamente de 30 mm y 10 mm respectivamente, en comparación con la línea base.

Análisis climático según escenarios de Rutas de Concentración Representativas (RCP)

Para los años 2030, 2050 y 2080, se proyecta un aumento en la precipitación para los meses de mayo y octubre, en comparación con la línea base. Este aumento se estima en 27 mm, 46 mm y 19 mm para mayo, y 24 mm, 29 mm y 17 mm para octubre, respectivamente. Sin embargo, para el mes de

julio existirá un decaimiento que oscila entre cada año. En cambio, las proyecciones de temperatura estiman que se presentará un incremento aproximadamente de 4 °C para el 2080, en relación con la línea base (Figura 2). El escenario RCP 8.5 reflejó que las variables de precipitación y temperatura tendrán un comportamiento negativo en comparación con la línea base. La precipitación disminuirá 90 mm y la temperatura tendrá un incremento de hasta 2.10 °C (Figura 3). Choluteca enfrentará temporadas de sequía más largas de lo habitual.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Nuestro estudio ha mostrado el nivel de vulnerabilidad en términos de cambios de precipitación y temperatura en el municipio de San Marcos de Colón en el departamento de Choluteca, Honduras en las próximas décadas. La precipitación y la temperatura afectan la humedad del suelo, con consecuencias de erosión, degradación de la tierra, sedimentación en cauces y reservorios (Therán Nieto y Rodríguez Potes, 2018). Esto afecta negativamente a los agricultores quienes dependen directamente del agua para sus cultivos, por lo que tienen escasas oportunidades de adaptación.

Estos cambios en la precipitación y temperatura contribuyen a desfases en la ejecución de prácticas agrícolas como ser siembra, control de plagas y cosecha. Esto conlleva a la pérdida en el rendimiento de cultivos, producción de pastos y no permite ofrecer los requerimientos necesarios del ganado, con un desenlace de baja producción de leche y carne. Por tanto, repercute en la disponibilidad y distribución de alimentos (productos agrícolas-pecuarios), variación de precios y aumento en la vulnerabilidad de la población.

La lluvia influye en la variabilidad espacial y temporal de las fuentes de agua y sus alteraciones afectan la hidrología y la disponibilidad de agua (Buttafuoco et al., 2011). La importancia de identificar el régimen de precipitaciones ayuda en la planificación de actividades agrícolas (Sacchi et al., 2002). De igual manera, es importante llevar a cabo el análisis de la temperatura para evaluar el comportamiento de los cultivos y su impacto en la precipitación en zonas tropicales (Esperbent, 2017). En el contexto de San Marcos de Colón, julio fue el mes con mayor decaimiento de las precipitaciones. Esto puede afectar el crecimiento del pasto sembrado, para la elaboración del silo.

La temperatura en el departamento de Choluteca oscila de 22.1 °C a 33.58 °C. Sin embargo, el silo forrajero debe tener una temperatura interna menor de 30° C. Las temperaturas de Choluteca sobrepasan este valor y hay un riesgo de una fermentación butírica o alcohólica que puede provocar el deterioro del silo forrajero. Esto se debe a que no se logra obtener una fermentación láctica adecuada (Callejo Ramos, 2019). También, se requiere de un adecuado manejo en los silos, principalmente los domésticos. Se ha observado la presencia frecuente de mohos que tienen la capacidad de producir toxinas que son un problema para la salud animal (Alpizar Solís, 2015).

En este contexto, la propuesta de adaptación de King Grass adquiere una relevancia particular. De acuerdo con la

Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras, el King Grass (*Pennisetum purpureum*) es uno de los recursos forrajeros de uso frecuente en el trópico seco, ecosistema al cual pertenece San Marcos de Colón ubicado en el departamento de Choluteca en Honduras (SAG, 2021). El uso de King Grass es una alternativa de adaptación de cambio climático, ya que es una gramínea perenne de alto rendimiento (40-50 toneladas de materia seca/Ha/año) y de calidad nutricional (7-10% de proteína), con capacidad de tolerar diversas condiciones climáticas (Botero-Londoño et al., 2021). El King Grass puede considerarse como una alternativa de alimentación durante períodos de sequía y puede desempeñar un papel crucial en la mitigación de los impactos del cambio climático en el sector agrícola (Dahunsi, 2019).

En Guadalajara, México, se identificó que la alimentación de King Grass combinada con 15% y 30% de cerdaza en novillas aumenta el rendimiento por kg/MS/animal/día (Riascos-Vallejos et al., 2018). En Honduras, la elaboración de silos de King Grass se lleva a cabo en sacos pequeños. Esta mecánica permite una alternativa de bajo costo que se adapta a la economía de los pequeños productores, para almacenar alimento de calidad, suministrar el inventario ganadero, sin tener pérdidas en la producción (Reiber et al., 2009).

En Cuba, la elaboración de ensilaje es una estrategia de éxito que proporciona alimento de calidad a los rumiantes a un bajo costo (Rodríguez et al., 2017). Por otro lado, en Costa Rica y Panamá, se identificó que el ensilaje de King Grass aumenta el rendimiento, contenido de grasa y sólidos totales en la leche del ganado de doble propósito (Herrera Domínguez et al., 2021). En Manabí en Ecuador, se ha implementado el uso de ensilaje de King Grass durante la época seca, para cumplir con los requerimientos nutricionales de ganado bovino y evitar la pérdida de condición corporal en el animal durante esta temporada crítica (Fernández et al., 2017).

Una fortaleza de este estudio es que ofrece una propuesta práctica y sostenible de silos forrajeros de King Grass, como una medida de mitigación a los impactos del cambio climático en la producción ganadera en un contexto específico hondureño. La inclusión de información sobre características y ventajas del King Grass refuerza la viabilidad de esta propuesta. También, resalta la importancia de la planificación y gestión eficiente de los recursos forrajeros, como una estrategia fundamental, para adaptarse al cambio climático en el sector agrícola.

Nuestro estudio también tuvo limitaciones, sin embargo. En primer lugar, su enfoque en una ubicación geográfica específica limita la generalización de los hallazgos. Aunque nuestros hallazgos pueden generalizarse a regiones similares de Centro América, especialmente las ubicadas en el Corredor Seco. Para futuros estudios, se recomienda el uso de proyecciones de escenarios climáticos como Shared Socioeconomic Pathways (SSPs). Esta herramienta permite usar diversas variables socioeconómicas, para obtener una comprensión más profunda de desafíos y oportunidades que enfrentan los productores agrícolas y ganaderos en San Marcos de Colón, Choluteca, Honduras.

Conclusión

La aplicación de escenarios climáticos futuros resalta la importancia de desarrollar estrategias de adaptación robustas. Este tipo de proyecciones climáticas reflejó desafíos para Choluteca. Para el 2070, se espera una disminución de la precipitación en julio y agosto de 10 a 40 mm. Este cambio en precipitación puede afectar negativamente la disponibilidad de agua y el crecimiento de los cultivos. Estos cambios también se documentaron en el escenario RCP 8.5, con un aumento de la temperatura (hasta 4 °C), lo que indica preocupaciones adicionales de estrés por calor en los cultivos y el ganado.

En respuesta a estos cambios de precipitación y temperatura, se sugiere la siembra de pasto de King Grass para la elaboración de silo forrajero. El King Grass es un cultivo tolerante a la sequía, con bajos requerimientos de riego durante la época seca. Adicionalmente, es una fuente de alimento, fibra y energía para el ganado. Esta medida se puede convertir en una estrategia de adaptación y mitigación de cambio climático en la producción agrícola y ganadera en la región.

Contribución de las autoras

Las autoras declaran que las contribuciones fueron de forma equitativa en el diseño, ejecución y análisis del estudio, así como en la preparación y aprobación de la versión final de este manuscrito.

Conflictos de interés

Las autoras declaran no tener ningún conflicto de interés.

Aprobación ética

Exenta.

REFERENCIAS

- Alpízar Solís, C. (2015). Presencia de hongos y contaminación con micotoxinas en ensilajes para alimentación de rumiantes. Artículo de revisión. *Ciencias Veterinarias*, 33(1), 7-31. <https://dx.doi.org/10.15359/rev.33-1.1>
- Arteaga N., L. E. y Burbano N., J. E. (2018). Efectos del cambio climático: una mirada al Campo. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(2), 79-91. <https://dx.doi.org/10.22267/rcia.183502.93>
- Assessment Capacities Project [ACAPS]. (2015, 29 de septiembre). *Central America. Drought in El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua*. https://www.acaps.org/fileadmin/Data_Product/Main_media/central_america_drought.pdf
- Botero-Londoño, J. M., Celis-Celis, E. M. y Botero-Londoño, M. A. (2021). Nutritional quality, nutrient uptake and biomass production of Pennisetum purpureum cv. King grass. *Scientific Reports*, 11, 13799. <https://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-93301-w>
- Buttafuoco, G., Caloiero, T. y Coscarelli, R. (2011). Spatial patterns of variability for rain fields at different timescales: an application in southern Italy. *European Water*, 36, 3-13. https://www.ewra.net/ew/pdf/EW_2011_36_01.pdf
- Calvo-Solano, O. D., Quesada-Hernández, L. E., Hidalgo, H. y Gotlieb, Y. (2018). Impactos de las sequías en el sector agropecuario del Corredor Seco Centroamericano. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 695-709. <https://dx.doi.org/10.15517/ma.v29i3.30828>
- Dahunsi, S. O. (2019). Mechanical pretreatment of lignocelluloses for enhanced biogas production: methane yield prediction from biomass structural components. *Bioresource Technology*, 280, 18-26. <https://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2019.02.006>
- Esperbent, C. E. (2017). El cambio del clima deja su huella en la agricultura RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 43(2), 108-112. <https://repositorio.inta.gov.ar/handle/20.500.12123/1166>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2016). *Corredor Seco América Central. Informe de situación – Junio 2016*. <https://www.fao.org/emergencias/recursos/documentos/recursos-detalle/es/c/422100/>
- Fernández-Paredes, M. E., Zambrano-Sarabia, S. J., Zumba-Montes, L. C. y López Castillos, G. (2017). Consideraciones generales sobre el proceso de elaboración de silos. *Roca. Revista Científico-Educacional de la Provincia Granma*, 13(3), 1-9. <https://revistas.udg.co.cu/index.php/roca/article/view/346>
- García, L. M., Mesa, A. R. y Hernández, M. (2014). Potencial forrajero de cuatro cultivares de Pennisetum purpureum en un suelo Pardo de Las Tunas. *Pastos y Forrajes*, 37(4), 413-419. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=articulo&op=view&path%5B%5D=1817>
- Hernández, Y. (2020). Cambio climático: causas y consecuencias. *Renovat: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, Tecnología e Innovación*, 4(1), 38-53. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/rnt/article/view/3517>
- Herrera Domínguez, D., Guerrero Rojas, B., Ramos Batista, D. y Frías, J. (2021). Efecto de la sustitución del ensilaje de maíz por pasto de corte Pennisetum purpureum CT-22, para la producción de leche en fincas doble propósito durante la época seca. *Visión Antataura*, 5(1), 15-29. <https://www.revistas.up.ac.pa/index.php/antataura/article/view/2184>
- McKenzie Soil Management. (2010). *Soil carbon sequestration under pasture in southern Australia*. <https://www.saiplatform.org/uploads/Library/Dairy%20Australia%20Carbon%20Review%2011%202%2010%20%282%29.pdf>
- Mendoza de Armas, C. y Jiménez Narváez, G. (2017). Relación entre el efecto invernadero y el cambio climático desde la perspectiva del sector agrario. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 70(2). <https://dx.doi.org/10.15446/rfna.v70n2.64546>
- Motta-Delgado, P. A., Ocaña-Martínez, H. E. y Rojas-Vargas, E. P. (2019). Indicadores asociados a la sostenibilidad de pasturas: una revisión. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(2), 387-408. https://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art:1464
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., Ringler, C., Msangi, S., Palazzo, A., Batka, M., Magalhaes, M., Valmonte-Santos, R., Ewing, M. y Lee, D. (2009). *Cambio climático. El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. IFPRI. <https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/16526>
- Ortega Ojeda, M. E. (2021). Ensilaje de king grass con diferentes concentraciones de urea para la alimentación. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes*, 11(1), 45-51.

- http://revistasdigitales.utelvt.edu.ec/revista/index.php/investigacion_y_saberes/article/view/103
- Callejo Ramos, A. (2019). Conservación de forrajes (XIV): uso de aditivos en el ensilado. *Frisona Española*, 232, 92-100. <https://oa.upm.es/56898/>
- Reiber, C., Schultze-Kraft, R., Peters, M. y Hoffmann, V. (2009). Potential and constraints of little bag silage for smallholders- results and experiences from Honduras. *Experimental Agriculture*, 45(2), 209-220. <https://dx.doi.org/10.1017/s0014479709007522>
- Riascos-Vallejos, A. R., Apráez-Guerrero, J. E., Vargas M, D. P. y Londoño-Arcila, A. (2018). Efecto de la suplementación con ensilaje de estiércol porcino sobre los indicadores productivos en bovinos Hartón del Valle. *Orinoquia*, 22(1), 34-40. <https://dx.doi.org/10.22579/20112629.477>
- Rodríguez, R., Michelena, J. B., Torres, M., Elías A., Gutiérrez, D. y Iraola, J. (2017). *Ensilajes de calidad con forrajes tropicales. Alternativas para el ganadero en Cuba*.
- Sacchi, O., Dalla Marta, N., Costanzo, M. y Coronel, A. (2002). Caracterización de las precipitaciones en la localidad de Zavalla. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 2, 92-104. <http://hdl.handle.net/2133/649>
- Secretaría de Agricultura y Ganadería [SAG]. (2021). *Pastos tropicales, sus características y adaptación a las condiciones agroclimáticas de Honduras*. <http://www.dicta.gob.hn/files/2011,-Pastos-tropicales,-F.pdf>
- Siclari Bravo, P. G. (2021). *Amenazas de cambio climático, métricas de mitigación y adaptación en ciudades de América Latina y el Caribe*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/items/a992ceff-9e16-4ce5-bd91-6a1dc39e196a>
- Tessema, B., Sommer, R., Piikki, K., Söderström, M., Namirembe, S., Notenbaert, A., Tamene, L., Nyawira, S. y Paul, B. (2020). Potential for soil organic carbon sequestration in grasslands in East African countries: a review. *Grassland Science*, 66(3), 135-144. <https://dx.doi.org/10.1111/grs.12267>
- Therán Nieto, K. R. y Rodríguez Potes, L. (2018). Hábitat sostenible: adaptación y mitigación frente al cambio climático. Hacia los territorios resilientes. *Módulo Arquitectura - CUC*, 21(1), 63-96. <https://dx.doi.org/10.17981/moducuc.21.1.2018.03>
- Tobón Ramírez, C. A. (2019). *Evaluación del uso de forrajes conservados en vacas para la producción de leche en el municipio de Guatavita (Cundinamarca)*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75833>
- Vanegas Ruiz, J. L. y Codero-Ahiman, O. V. (2019). Ensilaje como fuente alterna de alimentación del ganado de bovino en la producción lechera. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 3(2), 129-162. <http://www.revistaecuatorianadecienciaanimal.com/index.php/RECA/article/view/125>