

The Biologist (Lima), 2021, vol. 19 (1), 13-18.



The Biologist (Lima)



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

FERTILIZATION AS A STRATEGY FOR MITIGATION AND ADAPTATION OF CORN CULTURE FOR FUTURE CLIMATE CHANGES


FERTILIZACIÓN COMO ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ PARA FUTUROS CAMBIOS CLIMÁTICOS

Emerson Jaime-Huaman^{1*}

¹Universidad Científica del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales. Escuela de Ingeniería Ambiental. Panamericana Sur km 19. Lima 42.

180000291@ucientifica.edu.pe

*Corresponding author: 180000291@ucientifica.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0002-3832-5391>

ABSTRACT

A modeling equation was carried out for climate changes in 2080 and 2099 under the fourth climate scenario proposed by the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) where a very high level of greenhouse gas emissions is assumed (RCP “Representative Concentration Pathway” 8.5); to predict the yield of corn production with low or no fertilization and high fertilization as a technique for adaptation and mitigation of the adverse effects of climate change. The percentage reduction in corn yield by 2080 with low or no fertilizer application is 30 to 55%, and with high fertilizer application it is 10 to 20%. Climate change would have negative impacts on future agricultural production and food security. Fertilization is one of the mitigation and adaptation strategies for corn cultivation in the face of climate change.

Keywords: Adaptation strategies – climate change – fertilizer

RESUMEN

Se realizó una ecuación de modelación para cambios climáticos del año 2080 y 2099 bajo el cuarto escenario climático planteado por la IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) donde se asume un nivel muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero (RCP “trayectoria de concentración representativa” 8,5); para predecir el rendimiento de la producción de maíz con baja o nula fertilización y alta fertilización como técnica de adaptación y mitigación de los efectos adversos del cambio climático. El porcentaje de reducción del rendimiento de maíz para el año 2080 con baja o ninguna aplicación de fertilizante es de 30 a 55%, y con alta aplicación de fertilizantes es de 10 a 20%. El cambio climático causaría impactos negativos en la producción agrícola futura y la seguridad alimentaria. La fertilización es uno de las estrategias de mitigación y adaptación del cultivo de maíz frente cambio climático.

Palabras clave: Cambio climático – estrategias de adaptación – fertilizante

doi:10.24039/rtb2021191877

INTRODUCCIÓN

El Cambio Climático (CC) causado por el calentamiento global se ha convertido en una de las mayores preocupaciones en el ámbito internacional. Las concentraciones atmosféricas mundiales de los gases de efecto invernadero (GEI) han aumentado notablemente por la actividad humana (Al-Ghussain, 2018).

Las actividades afectadas por el CC se extienden a diversos ámbitos productivos y económicos, el sector agropecuario, hídrico, la biodiversidad y bosques, el turismo, salud de la población, entre otros. Con riesgos desde la disminución de la producción y calidad de los alimentos, ingresos más bajos y alza de precios, sequías en muchas regiones por falta de precipitaciones y en otras, mucha disponibilidad de agua debido al derretimiento de los glaciales e inundaciones en áreas urbanas relacionadas con precipitación extrema (Yi *et al.*, 2020).

El cambio climático y el aumento de la población mundial son dos fuerzas convergentes que desafiarán conjuntamente a los investigadores. El cambio climático potencialmente reduce la productividad, mientras que un aumento de la población mundial requerirá más alimentos. Si la productividad no mejora para el futuro condiciones climáticas, la inseguridad alimentaria puede fomentar una gran incertidumbre económica y política (van Beek *et al.*, 2010).

En el sector agricultura, los cultivos son sensibles a las variaciones de las temperaturas y a las precipitaciones, específicamente, en zonas donde la producción se desarrolla por secano (lluvias precipitadas) y se cuenta con un nivel de tecnología tradicional. Estos efectos en la agricultura no serán homogéneos en todas las regiones del planeta (Eck *et al.*, 2020).

En el Perú el impacto del CC es heterogéneo dependiendo de la zona geográfica, ya que está compuesto por muchos microclimas constituyendo 84 zonas de vida de las 114 a nivel mundial y 28 tipos de clima de los 34 existentes en el planeta. Entonces, Perú tendrá diversos efectos dependiendo de la zona y climas existentes, lo que hará que las manifestaciones climáticas en unas

regiones sean beneficiosas y en otras seas perjudiciales (Carrasco, 2016). Y tendrá diversos efectos dependiendo de la zona y climas existentes, lo que hará que las manifestaciones climáticas en unas regiones sean beneficiosas y en otras seas perjudiciales (Eck *et al.*, 2020).

Los cultivos corren un gran riesgo debido a los cambios en el uso de la tierra y el cambio climático (Cerde-Hurtado *et al.*, 2018). El cambio climático causaría impactos negativos en la producción agrícola futura y la seguridad alimentaria. Se deben tomar medidas de adaptación para mitigar los efectos adversos (Lin *et al.*, 2014; Rurinda *et al.*, 2015).

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) diseñó cuatro diferentes escenarios climáticos tomando diferentes niveles de esfuerzo de reducción de emisiones de GEI a nivel global a 2100. El primer escenario es el de mitigación estricto (RCP “trayectoria de concentración representativa” 2.6) donde se asume que la temperatura probablemente no excede los 2°C; el segundo (RCP 4.5) y el tercero (RCP 6.0) son escenarios intermedios, en ambos se asumen que se exceden los 2°C de temperatura, con diferencia de que el tercer escenario se aplica varias tecnologías y estrategias de reducción de GEI; y el cuarto escenario con un nivel muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero (RCP 8.5) se asume que la temperatura probablemente no excede los 4°C (IPCC, 2014).

El objetivo principal de la investigación fue predecir el rendimiento de la producción de maíz para cambios climáticos del año 2080 y 2099 bajo el cuarto escenario climático planteado por la IPCC donde se asume un nivel muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero (RCP 8.5), conocer la resiliencia del cultivo de maíz frente cambio climático, generar conocimiento de técnicas de adaptación y mitigación del cambio climático mediante aplicación de fertilizantes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se recopiló información disponible en Science Direct y Wiley, acerca predicciones y modelos del

rendimiento de la producción de maíz (*Zea mays* L.) para cambios climáticos del año 2080 y 2099 bajo RCP 8.5. Se utilizó diferentes combinaciones de términos relevantes sin restricción en el año de publicación. Primero realizamos dos búsquedas generales con los siguientes términos (1) "Maize model-based simulation of climate change impacts on maize yields", (2) "Model to estimate climate change impact on global maize yield" y (3) "Maize production under future climate change". Luego realizamos búsquedas adicionales con múltiples

combinaciones entre "Vulnerability of maize production", "Adaptation strategies", "Potential adaptation" y "Maize production". Luego verificamos que toda información sean artículos científicos para corroborar que son pertinentes e información confiable. Se excluyeron los artículos que no presentaron rendimiento de maíz en porcentaje (%). En total se evaluaron ocho artículos científicos (Obs), los cuales fueron solicitados al autor principal para utilizar los porcentajes del rendimiento de maíz (Tabla 1).

Tabla 1. Base de datos de la revisión bibliográfica (porcentaje de reducción de rendimiento para los dos años de estudio con fertilización alta y baja).

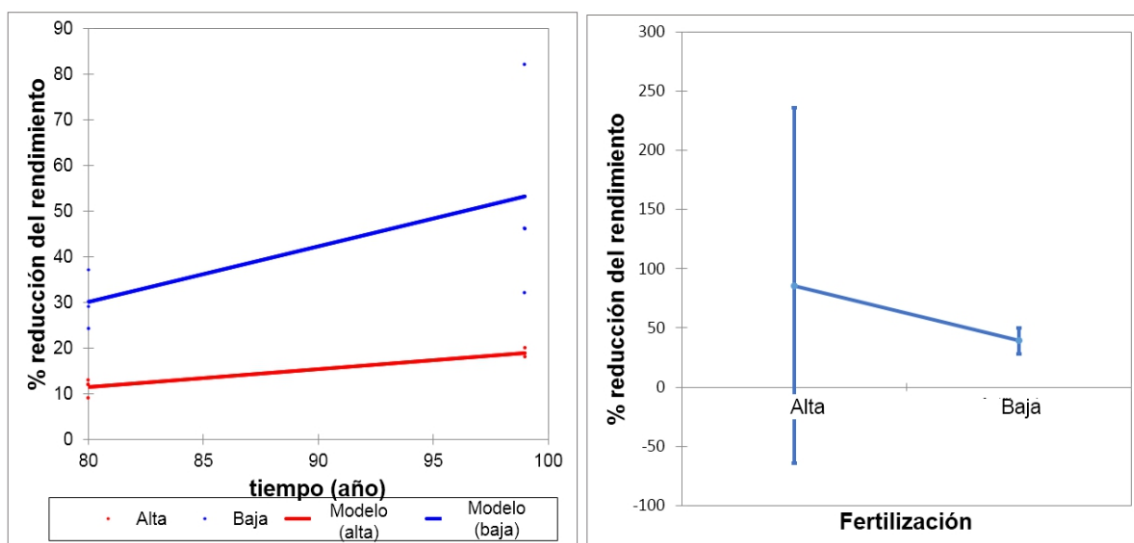
N° de Artículos	Fertilizante	Tiempo (años)	% reducción del rendimiento	Fuente
Obs1	Bajo	99,000	46,000	(Lin <i>et al.</i> , 2014)
Obs2	Bajo	80,000	30,000	(Xiong <i>et al.</i> , 2016)
Obs3	Bajo	99,000	82,000	(Bannayan <i>et al.</i> , 2016)
Obs4	Bajo	99,000	32,000	(Rurinda <i>et al.</i> , 2015)
Obs5	Bajo	80,000	29,000	(Ahmad <i>et al.</i> , 2020)
Obs6	Bajo	80,000	24,160	(Chen <i>et al.</i> , 2020)
Obs7	Bajo	80,000	37,000	(Araya <i>et al.</i> , 2017)
Obs8	Alto	99,000	20,000	(Rurinda <i>et al.</i> , 2015)
Obs9	Alto	80,000	13,000	(Rurinda <i>et al.</i> , 2015)
Obs10	Alto	80,000	9,000	(Muluneh, 2020)
Obs11	Alto	99,000	18,000	(Muluneh, 2020)
Obs12	Alto	80,000	12,000	(Ahmad <i>et al.</i> , 2020)
Obs13	Alto	80,000	12,000	(Araya <i>et al.</i> , 2017)

Finalmente, con el porcentaje de reducción del rendimiento se realizó una ecuación de modelación para el rendimiento de maíz a los futuros cambios

climáticos con fertilización alta y baja con el software estadístico XLSTAT (Tabla 2).

Tabla 2. Ecuación de modelación para el rendimiento de maíz a los futuros cambios climáticos con fertilización alta y baja.

Fertilizante	Ecuación de modelación
Bajo	% reducción del rendimiento = $-68,03719 + [1,22596 * \text{tiempo (año)}] + [47,95825 * \text{fertilización baja}] - [0,83123 * \text{tiempo (año)} * \text{fertilización baja}]$
Alto	% reducción del rendimiento = $-68,03719 + [1,22596 * \text{tiempo (año)}] + [47,95825 * \text{fertilización alta}] - [0,83123 * \text{tiempo (año)} * \text{fertilización alta}]$



A. Regresión del % de reducción del rendimiento por tiempo (años) ($R^2 = 0,69$)

B. Uso de fertilizante (alta y baja)

Figura 1. Regresión del porcentaje de reducción del rendimiento de maíz entre los años 2080 y 2099, con fertilización alta y baja. A. Regresión del porcentaje de reducción del rendimiento por tiempo. B. Uso de fertilizantes (alta y baja).

La figura 1 nos muestra la regresión del porcentaje de reducción del rendimiento de maíz entre los años 2080 y 2099, con fertilización alta y baja.

DISCUSIÓN

El cambio climático causaría impactos negativos en la producción agrícola futura y la seguridad alimentaria, los impactos proyectados del cambio climático en la producción mundial de maíz son consistentemente negativos (Niaz *et al.*, 2020). El porcentaje de reducción del rendimiento de maíz para el año 2080 con baja o ninguna aplicación de fertilizante es de 30 a 55%, y con alta aplicación de fertilizantes es de 10 a 20% bajo el RCP 8.5. Rurinda *et al.* (2015) determinaron que al sembrar con una alta tasa de fertilización, el rendimiento de grano promedio simulado para cultivo de maíz disminuyó en un 13% para los períodos 2010–2039 y 2040–2069 y en un 20% para 2070–2099, y cultivo con poca fertilización se pronosticaron disminuciones más grandes en el rendimiento de hasta el 32% para 2070-2099 (Ahmed *et al.*, 2018).

El fertilizante aumentó el rendimiento significativamente tanto para 2080 y 2099

(Ahmed *et al.*, 2018). La respuesta del maíz al nitrógeno mineral disminuye con el cambio climático progresivo, lo que implica una disminución en la tasa óptima de fertilizantes en el futuro (Rurinda *et al.*, 2015). Se sugiere que en el futuro cercano, el manejo mejorado de la fertilidad de los cultivos y del suelo seguirá siendo importante para mejorar el rendimiento del maíz (Saeed *et al.*, 2018). Por otro lado, Lin *et al.* (2014), mostraron que la duración de la floración y la duración de la madurez del maíz por falta de nutrientes se acortarían en el clima futuro y, por lo tanto, el rendimiento del maíz se reduciría en un 11-46% durante 2011-2099 en relación con 1981-2010. Asimismo, el rendimiento del maíz disminuiría durante el siglo XXI entre 2,6% a 82% (Bannayan *et al.*, 2016).

El índice de vulnerabilidad del cultivo está relacionada con la sequía, con el equilibrio hídrico y el aumento de fertilizantes. Muluneh (2020), observó una reducción del % del rendimiento del maíz en 10% durante los períodos de proyección climática 2021–2050 (Moradi *et al.*, 2013). El aumento proyectado de las temperaturas caliente / seca daría como resultado una reducción del 28% para el sistema de producción actual y una reducción del 29% para el futuro sistema de

producción de maíz a mediados de siglo (Ahmad *et al.*, 2020). El rendimiento de maíz se reduciría en 2,995% con un aumento de 1 °C en la temperatura media de la temporada de crecimiento, respectivamente (Kaye & Quemada, 2017). Por el contrario, el rendimiento de maíz aumentaría en aproximadamente 6,947% con un aumento de 1 MJ m⁻² en la radiación solar de onda corta descendente de la temporada media de crecimiento, respectivamente (Chen *et al.*, 2020).

Entonces, la evaluación de las opciones de manejo adaptativo es fundamental para enfrentar los impactos negativos del cambio climático (Munguía-Aldama *et al.*, 2015); y luego, tomar medidas de adaptación para mitigar los efectos adversos (Rosenzweig & Tubiello, 2007). Existen diferentes estrategias de adaptación, como por ejemplo la fecha de siembra, uso de fertilizantes y sustituir los cultivares locales por otros de maduración posterior (Rurinda *et al.*, 2015). Lin *et al.* (2014), indicaron que sustituir los cultivares locales por otros de maduración posterior y retrasar la fecha de siembra podría aumentar los rendimientos a medida que cambia el clima (Ramos & Terry, 2014). El uso de diferentes fechas de siembra como un enfoque de adaptación mostró que retrasar la fecha de siembra será ventajoso para obtener un mayor rendimiento en todas las ubicaciones de estudio en el futuro (Bannayan *et al.*, 2016).

Asimismo, los resultados mostraron que el rendimiento de maíz a mediados del siglo XXI disminuirá en promedio con respecto al presente en un 37-46% bajo RCP 8,5. (Araya *et al.*, 2017). La disminución del rendimiento puede deberse principalmente al acortamiento del período de crecimiento (disminución del 9-18% en días hasta la madurez), atribuido a temperaturas elevadas (Fodor *et al.*, 2017).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, I.; Ahmad, B.; Boote, K. & Hoogenboom, G. 2020. Adaptation strategies for maize production under climate change for semi-arid environments. *European Journal of Agronomy*, 115: 1161-0301.
- Ahmed, I.; Rahman, M.H.; Ahmed, S.; Hussain, J.; Ullah, A. & Judge, J. 2018. Assessing the impact of climate variability on maize using simulation modeling under semi-arid environment of Punjab, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 28413-28430.
- Al-Ghussain, L. 2018. Global warming: review on driving forces and mitigation. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38: 13-21.
- Araya, A.; Kisekka, I.; Lin, X.; Vara, P.V.; Gowda, P.H. Rice, C. & Andales, A. 2017. Evaluating the impact of future climate change on irrigated maize production in Kansas. *Climate Risk Management*, 17: 139-154.
- Bannayan, M.; Paymard, P. & Ashraf, B. 2016. Vulnerability of maize production under future climate change: possible adaptation strategies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96: 4465-4474.
- Carrasco, F. 2016. Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la maíz en el distrito de Juli, periodo 1997 – 2014. *Comuni@cción*, 7: 2219-7168.
- Cerda-Hurtado, I.M.; Mayek-Pérez, N.; Hernández-Delgado, S.; Muruaga-Martínez, J.S.; Reyes-Lara, M.A.; Reyes-Valdés, M.H. & González-Prieto, J.M. 2018. Climatic adaptation and ecological descriptors of wild beans from Mexico. *Ecology and Evolution*, 8: 6492-6504.
- Chen, X., Wang, L.; Niu, Z.; Zhang, M.; Li, C. & Li, J. 2020. The effects of projected climate change and extreme climate on maize and rice in the Yangtze River Basin, China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 15: 282-283.
- Eck, M.A.; Murray, A.R.; Ward, A.R. & Konrad, C.E. 2020. Influence of growing season temperature and precipitation anomalies on crop yield in the southeastern United States. *Agricultural and Forest Meteorology*, 291: 108053.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2014. *Cambio climático 2014*. Informe de síntesis Resumen para responsables de políticas. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo

- principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)). IPCC, Ginebra, Suiza.
- Kaye, J.P. & Quemada, M. 2017. Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. *Agronomy for Sustainable Development*, 108: 2527–2540.
- Lin, Y.; Wu, W. & Ge, Q. 2014. CERES-Maize model-based simulation of climate change impacts on maize yields and potential adaptive measures in Heilongjiang Province, China. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95: 2838-2849.
- Fodor, N.; Challinor, A.; Droutsas I.; Ramirez-Villegas, J.; Zabel, F.; Koehler, A.K. & Foyer, C.H. 2017. Integrating plant science and crop modeling: assessment of the impact of climate change on soybean and maize production. *Plant and Cell Physiology*, 58: 1833-1847.
- Moradi, R.; Koocheki, A.; Mahallati, M.N. & Mansoori, H. 2013. Adaptation strategies for maize cultivation under climate change in Iran: irrigation and planting date management. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 18: 265–284.
- Muluneh, A. 2020. Impact of climate change on soil water balance, maize production, and potential adaptation measures in the Rift Valley drylands of Ethiopia. *Journal of Arid Environments*, 179: 0140-1963.
- Munguía-Aldama, J.; Sánchez-Plata, F.; Vizcarra-Bordi, I. & Rivas-Guevara, M. 2015. Estrategias para la producción de maíz frente a los impactos del cambio climático. *Revista de Ciencias Sociales*, 21: 538-547.
- Niaz, Y.; Muhammad, S.A.; Waqas, M.; Hussain, S.H.; Khalid, U.; Waseem, M.; Ahmad, I. & Fahad, M. 2020. Evaluating the impact of climate change on water productivity of Maize in the Semi-arid environment of Punjab, Pakistan. *Sustainability*, 12: 3905.
- Ramos, D. & Terry, E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35: 52-59.
- Rosenzweig, C. & Tubiello, F.N. 2007. Adaptation and mitigation strategies in agriculture: an analysis of potential synergies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12: 855–873.
- Rurinda, J.; Wijk, M.T.; Mapfumo, P.; Descheemaeker, K.; Supit, I. & Giller, K.E. 2015. Climate change and maize yield in southern Africa: what can farm management do? *Global Change Biology*, 21: 4588-4601.
- Saeed, U.; Ahmad, I.; Fahad, M.; Ullah, A.; Rahman, M.H. Ahmad, A. & Judge, J. 2018. Yield forecasting of spring maize using remote sensing and crop modeling in Faisalabad-Punjab Pakistan. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 46: 1701-1711.
- van Beek, C.L.; Meerburg, B.G.; Schils, R.L.M.; Verhagen, J. & Kuikman, P.J. 2010. Feeding the world's increasing population while limiting climate change impacts: linking N₂O and CH₄ emissions from agriculture to population growth. *Environmental Science & Policy*, 13: 89-96.
- Xiong, W.; Skalský, R.; Porter, C.H.; Balkovič, J.; Jones, J.W. & Yang, D. 2016. Calibration-induced uncertainty of the EPIC model to estimate climate change impact on global maize yield. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 8: 1358-1375.
- Yi, Y.; Beibei, L.; Peng, W.; Wei-Qiang, C. & Timothy, M.S. 2020. Toward sustainable climate change adaptation. *Journal of Industrial Ecology*, 24: 318-330.

Received October 8, 2020.
Accepted December 18, 2020.