

DOI: <https://doi.org/10.56124/allpa.v7i13.0069>

Efectos del calentamiento global sobre el comportamiento del cultivo de maíz

Effects of global warming on maize crop performance

Montilla-Pacheco Argenis de Jesús ^{1*}; Pastrán-Calles Félix Reinaldo ²;
De La Torre-Burgos Humboldt Adán ¹

¹ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador.

² Carrera de Turismo, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Extensión Pedernales, Ecuador.

*Correo de correspondencia: argenismontilla@hotmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo fue analizar por medio del modelo de simulación Sistema de Soporte de Decisiones para la Transferencia de Agrotecnología (DSSAT) los potenciales efectos del calentamiento global sobre el comportamiento del cultivo de maíz (*Zea mays*). Específicamente, se estudió el efecto que supone el incremento de la temperatura sobre la duración del ciclo del cultivo, el rendimiento, y la producción de biomasa. Dicho modelo se calibró para simular el comportamiento del cereal utilizando datos climáticos y edáficos de literatura local (Lodana, Manabí, Ecuador). Se ajustaron variables como la pluviometría, temperatura y humedad relativa, así como el tipo de suelo. Se realizaron simulaciones considerando condiciones climáticas actuales y proyecciones futuras de cambio, basadas en información de la FAO que sugiere un aumento de temperatura promedio de hasta 2,25°C para el año 2080 en tierras bajas del trópico. Se identificaron posibles efectos en el cultivo de la variedad ADVANTA, adaptada a las condiciones específicas del área de estudio. Se encontró que el cambio climático influye significativamente en aquellas variables. La disminución de rendimiento en las cosechas pudiera estar asociado al acortamiento en el ciclo de desarrollo del cultivo y del gasto energético adicional, producto del proceso respiratorio. Se concluye que este es sensible a los escenarios climáticos planteados, y su productividad es afectada.

Palabras clave: calentamiento global, maíz, rendimiento agrícola, variabilidad climática.

Abstract

The objective of this work was to analyze the potential effects of global warming on the behavior of maize cultivation (*Zea mays*) by means of the simulation model of the Decision Support System for the Transfer of Agrotechnology (DSSAT). Specifically, the effect of the increase in temperature on the length of the crop cycle, yield, and biomass production was studied. This model was calibrated to simulate the behavior of the cereal using climatic and edaphic data from local literature (Lodana, Manabí, Ecuador). Variables such as rainfall, temperature and relative humidity, as well as soil type, were adjusted. Simulations were carried out considering current climatic conditions and future projections of change, based on FAO information suggesting an average temperature increase of up to 2.25°C by 2080 in lowlands of the tropics. Possible effects were identified in the cultivation of the ADVANTA variety, adapted to the specific conditions of the study area. Climate change was found to significantly influence those variables. The decrease in crop yields could be associated with the shortening of the crop development cycle and the additional energy expenditure resulting from the respiratory process. It is concluded that it is sensitive to the proposed climate scenarios, and its productivity is affected.

Keywords: global warming, maize, agricultural yield, climate variability.

1. Introducción

El cambio climático es resultado de la actividad humana y los ciclos naturales, es un fenómeno global que ha despertado una atención sin precedentes en la comunidad científica y la sociedad en su conjunto. Este fenómeno se manifiesta a través de diversos impactos, incluyendo el aumento de la temperatura promedio global, cambios en los patrones de precipitación y la frecuencia de eventos climáticos extremos. Estos cambios representan una amenaza significativa para la seguridad alimentaria y la estabilidad de los sistemas agrícolas en todo el mundo. (Báez et al., 2018; Viglizzo, 2018)

Entre los cultivos afectados por el calentamiento global se encuentra el maíz (Granados y Sarabia, 2013; Cervantes et al., 2014), un alimento básico y un componente fundamental de numerosas cadenas alimentarias. El maíz es especialmente sensible a las variaciones en las condiciones climáticas (Minetti et al., 2007; Reyes et al., 2018), lo que lo hace susceptible a los efectos del aumento de las condiciones térmicas. Ante este hecho, es imperativo comprender en detalle cómo el cambio

climático podría influir en el comportamiento de este cultivo, con el fin de desarrollar estrategias de adaptación y mitigación que aseguren la disponibilidad de este producto para las generaciones futuras.

Actualmente se cuenta con modelos de simulación aplicados en la agricultura, basados en procesos biofísicos que ayudan a comprender el comportamiento de variables geoecológicas (García y García, 2018). En este contexto, el presente artículo se enfoca en proporcionar un análisis científico sobre los potenciales efectos del calentamiento global en el rendimiento del cultivo de maíz. Para este propósito, se empleó el Sistema de Soporte de Decisiones para la Transferencia de Agrotecnología (DSSAT), una herramienta ampliamente reconocida y validada para la simulación de sistemas agrícolas y la evaluación de escenarios climáticos futuros. Integrando datos climáticos, información sobre suelos y prácticas de manejo agronómico, el DSSAT permite modelar el crecimiento y desarrollo del maíz en diferentes condiciones ambientales, ofreciendo una perspectiva

precisa de los posibles impactos del calentamiento global en este cultivo.

2. Metodología (materiales y métodos)

Para simular los potenciales efectos del calentamiento global sobre el comportamiento del cultivo de maíz se requirió el software Sistema de Soporte de Decisiones para la Transferencia de Agrotecnología (DSSAT). De esta manera, la simulación de dicho comportamiento se calibró en atención a las condiciones de la localidad de Lodana, Manabí, Ecuador.

En esta calibración se ajustó la base de datos del modelo de acuerdo a lo que sugiere Rodríguez et al. (2021), es decir, mediante varios escenarios de simulación hasta obtener un ajuste aceptable entre valores simulados y observados en experimentos de campo, y también partiendo de datos experimentales reportados en la literatura para la zona de estudio, de esa manera se introdujeron en este los datos de variables climáticas y edáficas tomados de Ostaiza et al. (2020), quien reporta para la localidad una pluviometría media anual de 550 mm y 24,6°C de temperatura media, una humedad relativa promedio de 82%;

mientras que los suelos son de tipo vertic ustropets.

Adicionalmente se simularon escenarios ambientales en atención a las condiciones climáticas actuales y proyecciones futuras de cambio, estas últimas a partir de la información publicada por la FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations] (2016), que sobre la base de proyecciones y modelos climáticos en el trópico dan a entender que el aumento de temperatura promedio podría alcanzar en las tierras bajas hasta 2,25°C para el año 2080; en tal sentido, tomando en cuenta aquellos datos se identificaron potenciales efectos en el cultivo en referencia, específicamente de la variedad ADVANTA, una de las que mejor se adaptada a las condiciones climáticas y edáficas específicas del área de estudio. (Delgado et al., 2024)

3. Resultados y discusión

El maíz Advanta, también conocido como híbrido Advanta, ha sido especialmente desarrollado para ofrecer una serie de ventajas agronómicas y de rendimiento. Esta variedad es el resultado de años de investigación y mejoramiento genético para adaptarse a

la necesidades de los agricultores y tiene como ventaja importante su adaptabilidad a diferentes condiciones de suelo y clima (Varón de Agudelo, 2022). Ha sido desarrollada para crecer de manera óptima en una amplia gama de entornos, desde regiones tropicales hasta áreas con climas más templados, dando a los productores del campo de diversas regiones geográficas la posibilidad de aprovechar sus bondades.

Una de las características más destacadas del Advanta es su alta resistencia a enfermedades y plagas comunes, lo que reduce la necesidad de utilizar productos químicos para su control y protección (Limonés, 2023), esta resistencia contribuye a una producción más sostenible y amigable con el medio ambiente al disminuir el impacto de los agroquímicos en el ecosistema circundante.

Aparte de ello, este maíz tiene un alto rendimiento de tal manera que, los agricultores pueden esperar cosechas con mayor rentabilidad y seguridad en sus operaciones. Sin embargo, ante escenarios de calentamiento global, es probable que su comportamiento se vea afectado desde diferentes puntos de vista, conllevando consecuencias en la

disponibilidad de alimentos para la población. A ese respecto, García (2022, p169) explica que "En el transcurso, del siglo XXI los efectos del cambio climático reducirán el crecimiento económico, complicarán los esfuerzos por reducir la pobreza y afectarán la seguridad alimentaria.

Los resultados de la simulación con DSSAT indican que el calentamiento global generaría efectos sobre la duración del ciclo del cultivo, el rendimiento y la producción de biomasa.

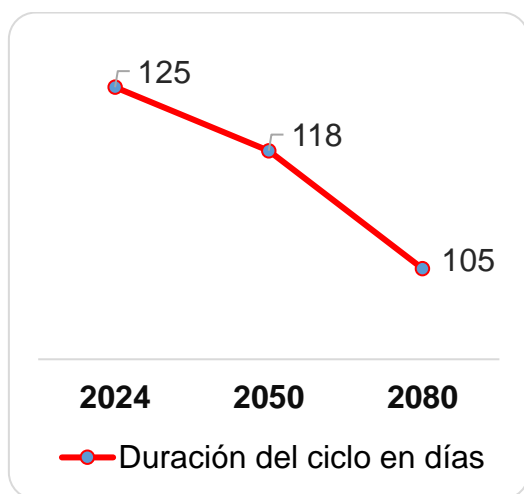
Efectos sobre la duración del ciclo del cultivo

En las condiciones ecológicas actuales, la variedad de maíz Advanta, en promedio, para la región costera ecuatoriana tiene un ciclo de duración de 125 días (Roca, 2019). No obstante, dado que este es sensible a los cambios de temperatura (Granados y Sarabia, 2013), y su ciclo de crecimiento está influenciado por factores ambientales, es probable que un aumento en las condiciones térmicas afecte su duración.

En un escenario de aumento proyectado de temperatura de 2,25°C por encima de la media, las simulaciones con DSSAT predicen una disminución en la duración

del ciclo de cultivo, pasando de los actuales 125 días a 118 días para 2050, y a 105 días para el año 2080 (figura 1), siempre y cuando se mantengan las prácticas y manejos actuales.

Figura 1. Duración del ciclo de cultivo de maíz en los años 2024, 2050* y 2080* (*cifras obtenidas del modelo de simulación DSSAT).



Esta reducción de la fenología del cultivo podría tener varias consecuencias, entre las que se incluye un bajo rendimiento de la cosecha, puesto que, implica menos tiempo para el crecimiento y desarrollo de la planta, lo cual supondría en un menor rendimiento de esta. De igual modo, se esperaría entre sus efectos, un mayor riesgo de estrés hídrico, por cuanto, un ciclo mas corto significa para las plantas menos tiempo para absorber agua del suelo, especialmente en áreas donde la disponibilidad de este recurso ya es

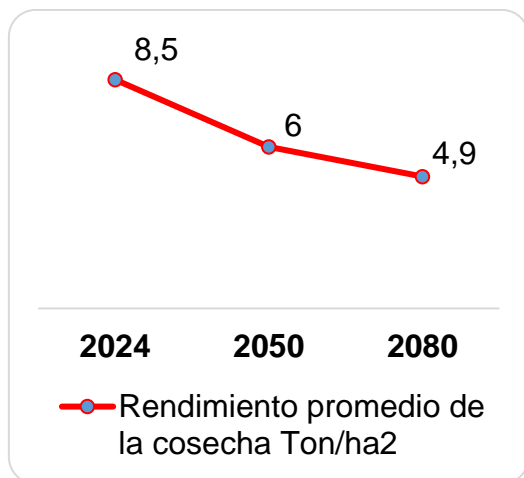
limitada; pero además, dicha reducción dejaría abierta la posibilidad de sincronización con otros eventos agrícolas importantes, como la siembra y la cosecha, que de ser así, necesariamente requerirían ajustes en las prácticas agrícolas y en los calendarios de cultivo.

Efectos sobre el rendimiento

El rendimiento del maíz en la región costera ecuatoriana puede ir de 7 t/ha (Jurado, 2022) hasta 10 t/ha (Montúfar et al., 2021; Gavilánez y Gómez, 2022). No obstante, considerando el aumento proyectado de temperatura, es probable que el rendimiento se vea afectado de manera negativa en la región costera ecuatoriana para el año 2080.

La simulación realizada con el software DSSAT muestra una disminución significativa para el año 2050, la cual se ubicaría en 6 Ton/ha, mientras que para el año 2080 esta sería de 4.9 Ton/ha (figura 2)

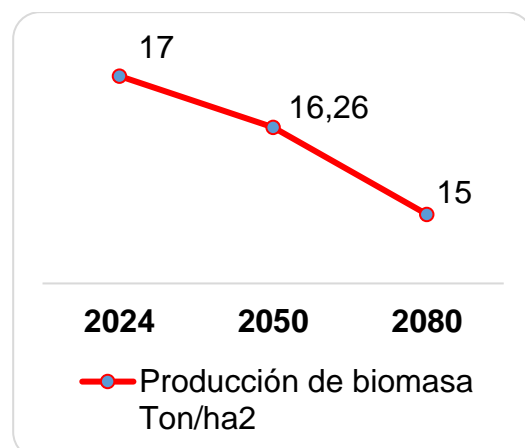
Figura 2. Rendimiento del cultivo de maíz en los años 2024, 2050* y 2080* (*cifras obtenidas del modelo de simulación DSSAT).



Debido a la sensibilidad del cultivo a los cambios señalados con anterioridad, un aumento de 2,25°C por encima de la media tendría un impacto significativo en su producción. Es posible que se reduzca su rendimiento, siendo inferiores a las actuales 7 t/ha hasta 10 t/ha. La simulación da como resultado una disminución del rendimiento de 30%, aunque se debe resaltar que estas proyecciones son conservadoras y están sujetas a variabilidad, porque pueden estar influenciados por otros factores ambientales y labranzas agrícolas. En todo caso, la variación va a depender de la magnitud del cambio climático, la adaptabilidad de la variedad de maíz y las medidas de mitigación implementadas por los agricultores.

Efectos sobre la producción de biomasa
El maíz es altamente eficiente en producción de biomasa, actualmente alcanza cerca de 17 ton/ha (Seiler, 2010). Empero, si se asume que para el año 2080 habrá un incremento de la temperatura, el modelo de simulación realizado muestra que esa producción experimentará una disminución de aproximadamente de 0.8 Ton/ha al año 2050, y de 2 Ton/ha en 2080. En ese contexto, las condiciones climáticas adversas proyectadas al futuro tendrían influencia en la composición nutricional y en otras características importantes del grano, lo que también comprometería su utilidad para diversos fines, como la alimentación humana, animal o la producción de biocombustibles.

Figura 3. Producción de biomasa del cultivo de maíz en los años 2024, 2050* y 2080* (*cifras obtenidas del modelo de simulación DSSAT).



Ante este escenario, resulta imperativo que los agricultores y científicos trabajen en conjunto para desarrollar variedades de maíz más resistentes al calor y acoger prácticas agrícolas adaptativas. Estas medidas, sin duda, serán necesarias para mitigar los efectos del cambio climático sobre el comportamiento de las diferentes fases fenológicas del cultivo, y consecuentemente contribuir con la seguridad alimentaria y la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura.

Igualmente, la mencionada disminución tendría un impacto negativo en el cambio climático, ya que sería menor el carbono que absorbe de la atmósfera mediante la fotosíntesis, y por tanto, menor la cantidad de este CO₂ almacenada en los residuos de las plantas y en los restos orgánicos que vuelven al suelo en el proceso de secuestro de carbono, lo cual, a su vez, tiene el potencial de exacerbar el problema del aumento de CO₂ atmosférico, pues al ser menor la absorción de este compuesto por parte del suelo, también será menor la mitigación del calentamiento global.

Discusión

La proyección de un declive en la producción de maíz para los años

posteriores en Sudamérica, especialmente en la región costera ecuatoriana, plantea desafíos significativos para los productores. Esta situación se deriva de varios factores, como el aumento proyectado de la temperatura y sus efectos directos en el ciclo del cultivo, rendimiento y producción de biomasa.

Actualmente, los rendimientos oscilan entre 7 y 10 Ton/ha, lo que refleja la influencia de diversos factores ambientales y de manejo agrícola. Sin embargo, con el aumento proyectado de la temperatura, se prevé una disminución del rendimiento del maíz cercana al 30%, lo que impactará negativamente en la productividad de los cultivos, tal como lo resaltan las investigaciones realizadas por Jurado (2022) y Gavilánez y Gómez (2022), mismas que permiten entender la variabilidad del rendimiento del maíz en la región costera del Ecuador. En ese mismo contexto, Montilla (2006) resalta como un hecho los efectos del calentamiento global sobre los cultivos, al tiempo que García (2022) sostiene que para el año 2055 se proyecta que muchos productores en América del sur sufrirán una baja en la producción de

maíz, calculada entre un 10-20%, en promedio, Incluso se sugiere que habría zonas como el piedemonte en Venezuela, donde el rendimiento del maíz se reduciría hasta en un 100%, obligando a trasladar su cultivo a zonas más altas.

Este escenario se ve respaldado por las simulaciones realizadas con el modelo DSSAT, que predicen una reducción en la duración del ciclo del cultivo, pasando de los 125 días actuales a 105 días para la década de los 80 de este siglo. Esta disminución en la duración del ciclo del cultivo puede tener consecuencias significativas en la producción de maíz, ya que afectaría el desarrollo adecuado de las plantas y la formación de los granos.

Además, el impacto del cambio climático en la producción de biomasa también es un factor importante a considerar. Si bien el maíz es altamente eficiente en la producción de biomasa, con niveles cercanos a las 17 Ton/ha en condiciones actuales (Seiler, 2010), se proyecta una disminución de aproximadamente 2 Ton/ha para el año 2080 debido al aumento de la temperatura.

Estas proyecciones son alarmantes, especialmente para los pequeños

productores en Sudamérica, quienes enfrentarán desafíos adicionales debido a la falta de recursos y capacidad para adaptarse a los cambios climáticos. La necesidad de políticas y prácticas adaptativas se vuelve cada vez más urgente para mitigar los impactos negativos del alza de la temperatura en el sector agrícola, y consecuentemente en la seguridad alimentaria y el sustento de los agricultores en la región Costa, del Ecuador.

4. Conclusiones

Las conclusiones derivadas de la simulación con DSSAT arrojan importantes hallazgos sobre los posibles impactos del calentamiento global en el cultivo de maíz de la variedad Advanta. Los resultados sugieren que el cambio climático podría provocar alteraciones significativas en varios aspectos clave del ciclo de crecimiento y rendimiento del maíz.

En primer lugar, se observa que el calentamiento global afectaría la duración del ciclo del cultivo de maíz Advanta. Este hallazgo indica que las condiciones climáticas más cálidas podrían acelerar el desarrollo del cultivo, lo que podría tener implicaciones en la

gestión del mismo, como el momento óptimo para la siembra y la cosecha.

Además, se evidencia que el rendimiento de este rubro se vería influenciado por el calentamiento global. Es probable que las temperaturas más elevadas afecten la formación de los granos de maíz y, por lo tanto, la producción final. Esta disminución en el rendimiento podría tener repercusiones en la seguridad alimentaria y la economía de las regiones dependientes de este cereal.

La producción de biomasa del maíz Advanta también se vería afectada por el cambio climático. Las condiciones climáticas extremas, como sequías o inundaciones, podrían limitar el crecimiento y desarrollo de la planta, lo que resultaría en una reducción de la biomasa producida. Esto podría impactar la disponibilidad de forraje y otros usos de la biomasa en la agricultura.

En conjunto, estos resultados expresan lo valioso que resulta comprender y anticipar los efectos del cambio climático en la agricultura, especialmente en cultivos fundamentales como el maíz. La adopción de prácticas agrícolas resilientes y la búsqueda de variedades

de cultivos más adaptadas al cambio climático son esenciales para mitigar los posibles impactos negativos y garantizar la dieta nutricional en el marco de un porvenir cargado de incertidumbres.

Bibliografía

- Báez, J. C., Pascual-Alayón, P., Ramos, M., & Abascal, F. J. (2018). Túnidos tropicales: calentamiento global y seguridad alimentaria, una visión global. *Revista de biología marina y oceanografía*, 53(1), 1-8. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-19572018000100001&script=sci_arttext
- Cervantes, R. A., Angulo, G. V., Tavizón, E. F., & González, J. R. (2014). Impactos potenciales del cambio climático en la producción de maíz. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (61), 48-53. <https://revistas.uaa.mx/index.php/investycien/article/view/3655>
- Delgado Alcívar, R. Pacheco Gil, H. y Zamora-Ledezma, E. (2024). Respuesta espectral del cultivo del maíz aplicando dosis diferenciadas de fertilización. *Sapientiae*, 7(13). 60-70. <https://publicacionescd.uleadu.ec/index.php/sapientiae/article/view/591>

- FAO (2016). Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe (Orientaciones de política). Santiago, Chile: FAO. <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1032311/>
- García Montero, P. (2023). El cambio climático: posibles impactos en la agricultura en el contexto de América Latina y Venezuela. *Agroalimentaria Journal-Revista Agroalimentaria*, 28(55), 167-189. <https://ageconsearch.umn.edu/record/338827/?v=pdf>
- García Montesinos, L. E., & García Montesinos, L. E. (2018). Aplicación del DSSAT para estimar rendimientos de maíz en la Mixteca Oaxaqueña [Tesis de maestría. Colegio de postgraduados, México]. Repositorio Institucional del COP. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/2946>
- Gavilánez-Luna, F. C., & Gómez-Vargas, M. J. (2022). Definición de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio para una máxima producción del maíz híbrido Advanta 9313 mediante el diseño central compuesto. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-87062022000100012&script=sci_arttext
- Granados Ramírez, R., & Sarabia Rodríguez, A. A. (2013). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(3), 435-446. https://www.scielo.org.mx/sciel o.php?pid=S2007-09342013000300008&script=sci_arttext
- Jurado Mora, J. R. (2022). Comportamiento agronómico y rentabilidad de progenies de maíz de variedades de maíz en el cantón Ventanas, Provincia Los Ríos, Ecuador (Bachelor's thesis, Ecuador: La Mana: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)). <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8643>
- Limonés Elizalde, K. G. (2023). Análisis de Calidad entre dos híbridos de Maíz (*Zea mays* L) ADV-9139 y Emblema en el Ecuador. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador]. Repositorio institucional de la UTB. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14091>
- Minetti, J. L., Vargas, W. M., Vega, B., & Costa, M. C. (2007). Las sequías en la pampa húmeda: impacto en la productividad del maíz. *Revista brasileira de meteorología*, 22, 218-232. <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/RKzWbJbmprbTgnQTfdQFW7p/>
- Montilla Pacheco, A. (2006). Efectos del incremento de la temperatura

- atmosférica en el cultivo de tomate. Revista EDUCARE - UPEL-IPB - Segunda Nueva Etapa 2.0, 10(1). Recuperado a partir de <https://revistas.investigacion-upelipb.com/index.php/educare/article/view/321>
- Montúfar, G. H. V., Caicedo, L., Zamora, D. V. V., & Mora, F. D. S. (2021). Producción de biomasa en cultivos de maíz: Zona central de la costa de Ecuador. *Revista de ciencias sociales*, 27(3), 417-431. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8081781>
- Reyes Anistro, G. I., Adame Martínez, S., & Cadena Vargas, E. (2018). Vulnerabilidad ante la variabilidad climática en los cultivos de maíz *Zea mays*. *Sociedad y ambiente*, (17), 93-113. https://www.scielo.org.mx/scieloo.php?pid=S2007-65762018000200093&script=sci_arttext
- Roca Mendoza, C. O. (2019). Respuesta agronómica de tres híbridos de maíz sembrados a dos distancias en la parroquia La Esperanza del Cantón Quevedo. [Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador]. Repositorio institucional de la UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/8fb1312a-3628-4bb0-9751-d1c9fdb5b0f0/content>
- Rodríguez González, O. Florido Bacallao, R., Hernández Córdova, N., Soto Carreño, F., Jeréz Mompié, E., González Viera, D. y Vázquez Montenegro, R. (2021). Simulación de estrategias de manejo a partir del modelo DSSAT para incrementar los rendimientos de un cultivar de maíz. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 55(2): 1-10. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802021000200008&lng=es&nr=iso&tlng=es
- Seiler, J. (2010). Producción de biomasa, rendimiento y competencia entre plantas de maíz-*Zea Mays* L.-según su variabilidad temporal en la emergencia.. https://www.produccionvegetalunrc.org/images/fotos/839_89_SEILER-Tesis.pdf
- Varón de Agudelo, F., Rodríguez-Chalarca, J., Villalobos-Saa, J. C., & Parody-Restrepo, J. (2022). Manual de enfermedades y plagas del maíz. http://www.scielo.org.co/scieloo.php?pid=S0122-87062022000100012&script=sci_arttext
- Viglizzo, E. F. (2018). Cambio climático y seguridad alimentaria global: Oportunidades y amenazas para el sector rural argentino. *Anales de la ANAV*, 69. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66925>