

Efecto de hormonas de crecimiento en el desarrollo del maíz (*Zea mays*) en cultivo controlado

Effect of growth hormones on the development of corn (*Zea mays*) in controlled cultivation

Marco Omar Vizuite-Montero¹ (marco.vizuite@esepoch.edu.ec) (<https://orcid.org/0000-0001-8272-419X>)

Kevin Joel Columba-Simba² (kevin.columba@esepoch.edu.ec) (<https://orcid.org/0009-0002-4888-3001>)

Robinson Jair Salazar-Noa³ (robinson.salazar@esepoch.edu.ec) (<https://orcid.org/0009-0008-4419-1992>)

Jairo Jhonatan Guadalupe-Janeta⁴ (jairo.guadalupe@esepoch.edu.ec) (<https://orcid.org/0009-0006-9585-5846>)

Resumen

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es fundamental para la seguridad alimentaria y para la economía agrícola en el Ecuador. La aplicación de hormonas de crecimiento ha demostrado mejorar aspectos fisiológicos en cultivos de ciclo corto; sin embargo, su efecto sobre el maíz, particularmente en suelos tropicales, ha sido poco estudiado. Este artículo tuvo como objetivo analizar comparativamente el efecto de diferentes combinaciones de hormonas de crecimiento en el cultivo de maíz en la finca experimental “la Belleza” evaluando variables como la altura de la planta, grosor del tallo y la calidad de la mazorca. Se utilizó un diseño experimental de bloques aleatorios con tres tratamientos hormonales (T1) Citoquina + Giberelina, (T2) Giberelina + Auxinas, (T3) control sin hormonas. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones. Se midieron las siguientes variables: altura de la planta, diámetro del tallo, largo y estado fisiológico de la mazorca. Los resultados indicaron que la aplicación de estas hormonas de crecimiento fortaleció el diámetro del tallo ($r=0.98$); sin embargo, no se observaron efectos significativos en la altura de la planta ($p=0.55$) ni en el largo de la mazorca ($p=0.95$). Por tanto, se concluyó que las hormonas de crecimiento pueden mejorar la estabilidad estructural del maíz, aunque esto no garantiza un rendimiento adecuado. Se recomendó evaluar su interacción con otros factores agronómicos.

¹ Doctor en Agroecología (PhD.) Investigador principal/Docente ocasional. Líder del programa de IVR de calidad de suelo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Recursos Naturales, Sede Orellana. Ecuador.

² Estudiante de PAO 8 de la carrera Agronomía. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Recursos Naturales, Sede Orellana. Ecuador.

³ Estudiante de PAO 8 de la carrera Agronomía. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Recursos Naturales, Sede Orellana. Ecuador.

⁴ Estudiante de PAO 8 de la carrera Agronomía. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Recursos Naturales, Sede Orellana. Ecuador.

Palabras clave: Hormonas de crecimiento, *Zea mays*, fisiología vegetal, producción agrícola, fitohormonas.

Abstract

Corn (*Zea mays* L.) farming is essential for food security and the agricultural economy in Ecuador. Applying growth hormones has been shown to improve physiological aspects in short-cycle crops; however, their effect on corn, particularly in tropical soils, has been little studied. This article aimed to comparatively analyze the effect of different combinations of growth hormones on corn cultivation at the “La Belleza” experimental farm, evaluating variables such as plant height, stem thickness, and cob quality. A randomized block experimental design was used with three hormonal treatments (T1) Cytokine + Gibberellin, (T2) Gibberellin + Auxins, (T3) control without hormones. Each treatment had three repetitions. The following variables were measured: plant height, stem diameter, ear length, and physiological condition. The results indicated that applying these growth hormones strengthened stem diameter ($r=0.98$); however, no significant effects were observed on plant height ($p=0.55$) or ear length ($p=0.95$). Therefore, it was concluded that growth hormones can improve the structural stability of corn, although this does not guarantee adequate yield. It was recommended to evaluate their interaction with other agronomic factors.

Key words: Growth hormones, *Zea mays*, plant physiology, agricultural production, phytohormones.

Introducción

Uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial es el maíz (*Zea mays* L.). Este producto forma parte de la alimentación humana y su forraje es aprovechado debido a la demanda en la agroindustria, principalmente (Hernández, 2022). En Ecuador, su cultivo es esencial para la seguridad alimentaria, así como para el sustento económico de cientos de miles de familias del área rural (Hasang et al., 2021).

No obstante, los rendimientos del maíz pueden ser afectados por los distintos factores ambientales, la disponibilidad de nutrientes, el régimen hídrico y el manejo agronómico. Como resultado, se han generado diversas estrategias para optimizar su producción (Pérez y Carmona, 2017; Cortés et al., 2023). Entre las estrategias utilizadas se encuentra el uso de hormonas de crecimiento vegetal. Este mecanismo ha mostrado una alta eficacia en el mejoramiento de la fisiología del cultivo y, por ende, en su rendimiento productivo (Guamán et al., 2020).

A pesar de los avances técnicos - científicos de los últimos diez años en el uso de hormonas de crecimiento en cultivos de ciclo corto, como el arroz o el trigo (Borjas et al., 2020; Martínez y Zamudio, 2022). La investigación de maíz cultivado en suelos tropicales sigue siendo limitada, especialmente bajo condiciones agroclimáticas particulares, como las que se presenta en la región Amazónica norte del Ecuador.

Es importante destacar estudios que han demostrado que la aplicación de hormonas de crecimiento, como las giberelinas y citoquininas, han podido promover la división celular y la elongación de los tejidos vegetales, provocando un incremento considerable en la biomasa aérea del maíz (Johan et al., 2019; Rodríguez et al., 2023a). No obstante, diversos investigadores han manifestado que la efectividad de estos productos (hormonas de crecimiento) dependen, en muchos casos, de factores como la variedad genética del cultivo y la disponibilidad de nutrientes minerales en el suelo (Rengel et al., 2011).

Hasta la fecha, se han desarrollado avances significativos relacionados con el uso de reguladores de crecimiento en cultivos de gramíneas. Llanes et al. (2019) y Morales et al. (2023), afirman que en la aplicación combinada de giberelinas y auxinas favorece el desarrollo radicular y mejora la absorción de macro y micronutrientes.

De igual forma, el estudio desarrollado por Moreno (2017) demostró que la utilización de giberelinas estimula el crecimiento vegetativo, aunque su efecto en la producción del grano no es significativo. Ardisana et al. (2020) y Zabala et al. (2022), afirman que las citoquininas mejoran la uniformidad de la maduración bajo condiciones de estrés hídrico controlado.

Considerando la importancia que tiene la producción agrícola, en especial el maíz, es ahí donde hay la necesidad de mejorar el rendimiento de este producto que forma parte de la seguridad alimentaria familiar ecuatoriano, es por ello que esta investigación busca contribuir al conocimiento sobre la aplicación de reguladores de crecimiento, en zonas donde el suelo es ácido, con una alta lixiviación, característica de la región Amazónica ecuatoriana (Tigrero et al., 2022; Rivas et al., 2021).

Aunque hasta la fecha son escasas las investigaciones que se han desarrollado en este sector de la Amazonía ecuatoriana (provincia de Orellana) sobre las interacciones de hormonas de crecimiento para cultivos de maíz y similares, el entorno agroecológico particular hace que esta investigación sea especialmente relevante para el desarrollo de prácticas agrícolas resilientes.

La presente investigación tiene como objetivo analizar comparativamente el efecto de diferentes combinaciones de hormonas de crecimiento en el cultivo de maíz en la finca experimental "la Belleza" evaluando variables como la altura de la planta, grosor del tallo y la calidad de la mazorca. Mediante un diseño experimental que incluye la aplicación de giberelinas, auxinas y citoquininas, se busca generar información científica que contribuya a optimizar el uso de hormonas de crecimiento en sistemas agrícolas tropicales.

Materiales y métodos

Diseño y lugar de estudio

Se llevó a cabo una investigación experimental en la finca “La Belleza” de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, situada en la provincia de Orellana, en la región norte de la Amazonía ecuatoriana. El experimento se desarrolló en parcelas de 30 por 30 metros, con el objeto de realizar un análisis comparativo de los efectos generados por la aplicación de distintas hormonas de crecimiento en el cultivo de maíz (*Zea mays*).

Se aplicó un diseño de bloques completamente aleatorizados, con tres tratamientos hormonales: (1) citoquinina y giberelina, (2) giberelina y auxinas, y (3) un grupo control sin aplicación hormonal. Cada tratamiento se replicó tres veces y distribuido aleatoriamente en los bloques experimentales.

Es importante destacar que la finca experimental “La Belleza” se encuentra en una región con clima subtropical, su pH es ácido, con baja fertilidad natural y alta lixiviación debido a elevadas precipitaciones naturales, el suelo que predomina es el franco arcilloso, con un alto contenido de materia orgánica en la superficie (Martín et al., 2024).

Población

La población objeto de estudio fue el cultivo de maíz Trueno, con un total de 600 plantas. El muestreo se realizó mediante un muestreo aleatoria estratificado, seleccionándose plantas representativas dentro de cada tratamiento.

Los criterios de inclusión fueron la homogeneidad en el tamaño y las condiciones iniciales de las plantas. Por otro lado, se excluyeron aquellas que presentaban signos de plagas, enfermedades y/o defectos genéticos.

El tamaño de la muestra fue de 150 plantas, distribuidas de forma equitativa entre los tratamientos. El periodo de muestreo (toma de datos) abarcó todo el ciclo fenológico del maíz, desde la siembra hasta su cosecha. Los datos sobre el crecimiento y rendimiento de las plantas se registraron en intervalos semanales.

Dentro de las actividades culturales agrícolas, se realizó la preparación del suelo. Las parcelas fueron sometidas a labores de labranza, lo que permitió airear el suelo y retención del agua. Se aplicó materia orgánica (excretas de cuy) con el objetivo de mejorar la estructura al suelo y fertilidad del suelo.

Posteriormente, se realizó la siembra por esquepe de 600 semillas de maíz Trueno en línea, con un distanciamiento de 30 centímetros por planta, a fin de permitir un crecimiento óptimo.

En cuanto a la aplicación de hormonas, se realizó combinaciones en dos fases del ciclo de crecimiento: prefloración y formación de granos. Los tratamientos fueron los siguientes:

- Tratamiento 1: Citoquinina y Giberelina (100 ppm de cada hormona).

- Tratamiento 2: Giberelina y Auxinas (100 ppm de cada hormona).
- Tratamiento 3: Control (sin aplicación hormonal).

Las aplicaciones fueron realizadas con rociadores manuales en la base de cada planta para asegurar una absorción efectiva. El manejo agronómico del cultivo fue riguroso, con especial atención al control de malezas (arvenses) y al monitoreo constante de plagas y enfermedades. Las plantas fueron fertilizadas con fertilizantes balanceados, según las necesidades del cultivo.

Instrumento y variables

Dentro de las variables dependientes de esta investigación se consideraron el crecimiento vegetativo, evaluado a través de la altura de la planta, grosor del tallo, el largo de la mazorca y el estado de la mazorca.

Por otro lado, las variables independientes fueron los tipos y concentraciones de hormonas aplicadas. Asimismo, las variables de control incluyeron las condiciones climáticas (temperatura y humedad), el tipo de suelo, la técnica de siembra y manejo agronómico (incluida la fertilización).

En cuanto a los aspectos éticos, la investigación se desarrolló respetando las normas éticas aplicables a la agroecológica, esto garantizó que todo procedimiento no sea afectado al ambiente, tampoco a las prácticas agrícolas locales. Esta investigación fue realizada bajo supervisión de los profesores de agronomía en colaboración permanente de los estudiantes del Periodo Académico Ordinario (PAO 5) de la carrera de Agronomía.

Análisis de los datos

Todos los datos generados en esta investigación fueron analizados en el software InFostat versión 2020e. Para ello, se aplicaron técnicas estadísticas de análisis de varianza (ANOVA), lo que permitió evaluar las diferencias significativas entre los tratamientos. Se calculó el (valor p) para determinar la significancia estadística, y se aplicaron pruebas post-hoc para realizar comparaciones múltiples entre tratamientos. Además, se efectuó un análisis de regresión con el fin de estudiar la relación entre las variables dependientes y las concentraciones hormonales aplicadas al cultivo de maíz trueno.

Resultados

Esta investigación se evaluó el efecto de la aplicación de diferentes combinaciones de hormonas de crecimiento en el cultivo de maíz (variedad Trueno), mediante un diseño experimental con tres tratamientos (1) control sin aplicación hormonal, (2) giberelina + auxina, y (3) citoquinina + giberelina. Se analizaron variables morfofisiológicas como altura de la planta, diámetro del tallo, largo de la mazorca y estado fisiológico de la mazorca.

El análisis de varianza (tabla 1) mostró diferencias estadísticamente significativas únicamente en las variables dosis hormonal, con un valor ($p < 0,001$), indicando que las concentraciones aplicadas influyeron en ciertos parámetros del cultivo. Mientras tanto, los tratamientos giberelina y auxinas, y con citoquinina y giberelina, ambos con 100 ppm, fueron superiores respecto al tratamiento sin aplicación hormonal.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la variable altura de planta ($p = 0,5524$), diámetro del tallo ($p = 0,9332$), largo de la mazorca ($p = 0,9539$), y en el estado fisiológico de la mazorca ($p = 0,9356$), lo que sugiere que las hormonas aplicadas no generaron efectos diferenciados en estas variables bajo las condiciones experimentales.

Tabla 1.

Resultados del Análisis de Varianza

Variable Analizada	R ²	p-valor (Tratamiento)	Diferencias Significativas	Tratamiento con Mayor Valor
Crecimiento de la Planta	0,00	>0,9999	No	No aplica
Dosis (ppm)	1,00	<0,0001	Sí	Giberelina y Auxinas (100 ppm)
Altura de la Planta	0,02	0,5524	No	Sin aplicación hormonal
Diámetro del Tallo	0,0019	0,9332	No	Giberelina y Auxinas
Largo de Mazorca	0,0027	0,9539	No	Sin aplicación hormonal
Estado Fisiológico de la Mazorca	0,01	0,9356	No	Sin aplicación hormonal

Fuente: Elaboración propia basada en el análisis de varianza realizado por los investigadores.

El análisis de correlación de Pearson (tabla 2) reveló una correlación positiva fuerte entre la dosis hormonal y el diámetro del tallo ($r = 0,98$), así como una alta correlación entre el largo de la mazorca y su estado fisiológico ($r = 0,53$) indico una influencia parcial. En contraste, se identificó una correlación nula o negativa entre las dosis y el largo de la mazorca ($r = -0,02$), lo que refleja una alta respuesta significativa en esa variable.

Tabla 2.

Matriz de Correlación de Pearson

Variable	Dosis (ppm)	Largo de Mazorca	Estado de la Mazorca	Altura de la Planta	Diámetro del Tallo	Número de Plantas
Dosis (ppm)	1.00	0.82	0.74	0.53	0.98	1.00
Largo de Mazorca	-0.02	1.00	0.93	0.58	0.90	0.98
Estado de la Mazorca	-0.04	0.93	1.00	0.58	0.80	0.92
Altura de la Planta	-0.07	0.58	0.58	1.00	0.46	0.57
Diámetro del Tallo	-0.0027	0.90	0.80	0.46	1.00	0.91
Número de Plantas	1.00	0.98	0.92	0.57	0.91	1.00

Fuente: Elaboración propia basada en los resultados obtenidos.

Discusión

Los resultados obtenidos permiten afirmar que la aplicación de combinaciones hormonales en el cultivo de maíz (variedad Trueno) no generó efectos significativos en la mayoría de las variables agronómicas evaluadas, lo cual podría deberse a diferentes factores bióticos y abióticos.

La significancia estadística en la variable dosis hormonal respalda la importancia de la concentración utilizada, pero no necesariamente garantiza respuestas positivas en todos los parámetros del crecimiento. La correlación positiva entre la dosis hormonal y el diámetro del tallo ($r = 0,98$) coincide con lo señalado por Moreno y Oropeza (2017) y Porta y Jiménez (2019), quienes atribuyen al engrosamiento del tallo a la estimulación de la división celular en los tejidos vasculares por acción hormonal.

En cuanto a la altura de la planta, el efecto moderado ($r=0,53$) y la falta de significancia ($p=0,5524$) podría estar relacionado con interacciones con factores ambientales no controlados, como la disponibilidad de nutrientes, competencia por la luz solar o el sembrado de árboles circundantes, tal como sugiere Reyes et al. (2019) y Han et al. (2018). De igual forma, la falta de respuesta en el largo y estado fisiológico de la mazorca puede deberse a que el efecto de las hormonas depende del genotipo y de las

condiciones específicas como el estrés hídrico, según afirman Luna y Sánchez (2022); Rodríguez et al. (2023b).

La correlación negativa entre la dosis y el largo de la mazorca ($r = -0,02$) indica que un mayor nivel de hormonas no implica un mayor tamaño del fruto. Este resultado concuerda con Terry et al. (2024) y Blanco et al. (2022), quienes sostiene que factores genéticos y ambientales tiene un mayor peso en el desarrollo del grano que la sola aplicación hormonal.

En conjunto, los datos sugieren que el éxito de los reguladores de crecimiento depende de una interacción compleja entre factores genéticos, fenológicos, ambientales y de manejo agronómico, por lo que se recomienda continuar evaluaciones con diferentes dosis, variedades y condiciones agroecológicas.

Conclusiones

Es necesario resaltar los resultados alcanzados en esta investigación, producto de la aplicación de hormonas como reguladores de crecimiento en el cultivo de maíz “trueno”, este tiene un impacto significativo en variables estructurales, pero no en todas las características fenotípicas evaluadas. Se encontró una correlación fuerte y positiva entre las dosis de las hormonas y el diámetro del tallo ($r=0.98$) lo que da entender que los reguladores de crecimiento promueven el fortalecimiento de la estructura vegetal, logrando así una estabilidad mecánica y un mejor transporte de nutrientes.

Por otro lado, se determinó que el largo de la mazorca es altamente correlacionado con su estado fisiológico ($r=0.93$) lo que sugiere que un mayor tamaño de fruto está relacionado con la maduración más homogénea. No obstante, la correlación entre las dosis de hormonas y el largo de la mazorca fue nula ($-0,02$), lo que señala que el uso de hormonas no garantiza una mejora en el tamaño del fruto, confirmando la incidencia que tienen los factores genéticos y ambientales presentes en la zona de investigación.

Por otro lado, la variable altura de la planta tiene una correlación moderada con las dosis de hormonas aplicadas ($r= 0,53$), lo que afirma es que su crecimiento es menos sensible a la aplicación de estos compuestos. A lo destacado anteriormente, existe la necesidad de ajustar a las estrategias de aplicar hormonas de crecimiento vegetal, tomando en cuenta los principios agroecológicos y las necesidades del cultivo, esto permitirá maximizar el rendimiento productivo, por ende, la calidad del grano.

Agradecimientos

Los autores expresan su profundo agradecimiento a las autoridades, docentes y estudiantes de la carrera de Agronomía de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), sede Orellana, por su valioso apoyo en el desarrollo de esta investigación. En especial, extendemos nuestro reconocimiento a los integrantes del Periodo Académico Ordinario (PAO 5), cuya dedicación y compromiso fueron fundamentales para la ejecución del estudio en la finca experimental “La Belleza”.

Referencias bibliográficas

- Ardisana, E., Torres, A., & Fosado, O. (2020). Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador. *Inca*, 41(4). <https://www.redalyc.org/journal/1932/193266197002/html/>
- Blanco, Y., Cartaya, O. E. & Nápoles, M. (2022). Efecto de diferentes formas de aplicación del Quitomax® en el crecimiento del maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 33(3), 1 - 13. <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.47246>
- Borjas, V., Julca, O. & Alvarado, H. (2020). Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200150>
- Cortés, F., Alvarado, G. & Sánchez, G. (2023). Trichoderma spp., una alternativa para la agricultura sostenible: una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 25(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v25n2.111384>
- Guamán, R., Desiderio, T., Villavicencia, Á., Ulloa, S. & Romero, E. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>
- Han, X., Zeng, H., Bartocci, P., Fantozzi, F. & Yan, Y. (2018). Phytohormones and Effects on Growth and Metabolites of Microalgae: A Review. *Fermentation*, 4(25), 1 - 15. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3390/fermentation4020025>
- Hasang, E., García, S., Carrillo, M., Durango, W. & Cobos, F. (2021). Sustentabilidad del sistema de producción del maíz, en la provincia de Los Ríos (Ecuador), bajo la metodología multicriterio de Sarandón. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 9(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.36610/j.jsab.2021.090100026>
- Hernández, D. (2022). El papel de los cereales en la nutrición y en la salud en el marco de una alimentación sostenible. *Nutrición Hospitalaria*, 39(3). <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.20960/nh.04312>
- Johan, S., Alcántara, J., Acero, J. & Alcántara, J. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA*, 17(32), 109 - 129. <https://doi.org/10.25058/24629448.3639>
- Llanes, A., Iparraguirre, J., Masciarelli, J., Maria, O. & Luna, N. (2019). Foliar application of phytohormones enhances growth of maize and soybean seedlings. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45(1), 61-66. https://www.redalyc.org/pdf/864/Resumenes/Resumen_86458941005_1.pdf

- Luna, L. & Sánchez, D. (2022). Optimización de medios de cultivos con fuentes agroindustriales para el crecimiento del ñame espino (*Dioscorea rotundata* Poir). *Fave. Sección ciencias agrarias*, 21(1).
https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1666-77192022000100067&script=sci_arttext
- Martín, J., da Silva, M., Calahorrano, O. & Caicedo, C. (2024). Mapa digital de fertilidad química de los suelos del Ecuador continental. *Siembra*, 11(3).
http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2477-88502024000200015
- Martínez, A. & Zamudio, B. (2022). Rendimiento de híbridos de maíz en respuesta a la fertilización foliar con bioestimulantes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2782>
- Morales, A., Rivas, A., Zapata, A. & García, E. (2023). Efecto de diferentes dosis de ácido giberélico en la germinación de papaya (carica papaya L.) variedad criolla. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 39(3).
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.29393/chjaa39-35edam60035>
- Moreno, M. (2017). Efecto de las hormonas vegetales y el fotoperiodo en la producción de microtubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Colombiana de Biotecnología*, XIX(2), 29-38. <https://www.redalyc.org/pdf/776/77654661004.pdf>
- Moreno, M. & Oropeza, M. (2017). Efecto de las hormonas vegetales y el fotoperiodo en la producción de microtubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Biotecnología*, IXX(2), 25-34.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v19n2.69499>
- Pérez, A. & Carmona, J. (2017). Estrategias de maíz de los hogares campesinos en el municipio de Atlangatepec, Tlaxcala. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 14(1).
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722017000100001
- Porta, H. & Jiménez, G. (2019). Papel de las hormonas vegetales en la regulación de la autofagia en plantas. TIP. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 22. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.160>
- Rengel, M., Gil, F. & Montañón, J. (2011). Efecto del tratamiento de semilla con zinc y ácido giberélico sobre la emergencia y el crecimiento inicial de las plantas de caña de azúcar. *Agronomía Tropical*, 61(1).
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2011000100004

- Reyes, J., Ramírez, M., Rodríguez, A., Lara, L. & Hernández, L. (2019). Effect of quitomax® on the indicators of growth, phenology and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *Biotecnia*, XXI(1), 109-112. <https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971082014.pdf>
- Rivas, T., González, L., Boicet, T., Jiménez, M. & Falcón, A. (2021). Respuesta agronómica de dos variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la aplicación del bioestimulante con quitosano. *Terra Latinoamericana*, 1 - 10. <https://doi.org/https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.796>
- Rodríguez, G., García, A., Cervantes, F. & Andrio, E. (2023a). Componentes genéticos bajo el diseño carolina del norte ii en maíz (*zea mays* L.) en el sur de sonora, México. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 39(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.29393/chjaa39-1cgge40001>
- Rodríguez, L., Salas, L., Hernández, V. & Campos, R. (2023b). Seed treatments with salicylic acid and *Azospirillum brasilense* enhance growth and yield of maize plants (*Zea mays* L.) under field conditions. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 55(1). https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-86652023000100017&script=sci_arttext
- Terry, E., Ruiz, J., Reyes, Y., & Morales, H. (2024). Algas marinas incrementan el crecimiento y rendimiento en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). *Avances*, 26(4), 457- 471. <https://avances.pinar.cu/index.php/publicaciones/article/view/850/2153>
- Tigrero, G., Váscquez, G., Sánchez, Y. & Cedeño, A. (2022). Identificación del potencial agrícola de suelos en la Amazonía Ecuatoriana, a partir de variables físico-químicas, microbiológicas y ambientales. *Tierra latinoamericana*, 40. <https://doi.org/https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1294>
- Zabala, F., Reyes, A., Álvarez, V. & Cano, P. (2022). Efecto de la tasa de evapotranspiración en área foliar, potencial hídrico y rendimiento de maíz forrajero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2294>

Universidad de Las Tunas en <https://ror.org/05fj29j73>

Declaración de conflictos de interés: El autor principal, Prof. Dr. Vizuite Montero Marco Omar, representando al equipo, certifica que este estudio es original e inédito. Los investigadores asumen la responsabilidad íntegra del contenido, aseguran la ausencia de plagios o faltas éticas y eximen a la institución editorial de obligaciones legales, ratificando la inexistencia de intereses que comprometan los resultados presentados.

Contribución de autoría.

Marco Vizuite-Montero lideró la conceptualización, investigación, metodología, redacción, revisión y edición. Kevin Joel Columba-Simba gestionó el análisis formal, investigación, metodología, verificación y visualización. Robinson Jair Salazar-Noa aplicó el análisis formal, la metodología y la validación. Jairo Guadalupe-Janeta desarrolló la investigación, supervisión y la validación técnica.