

INOCULACIÓN DE BACTERIAS Y HONGOS PROMOTORES DEL CRECIMIENTO INICIAL DEL MAÍZ CRIOLLO AZUL^a

INOCULATION OF BACTERIA AND FUNGI THAT PROMOTE THE INITIAL GROWTH OF BLUE CREOLE CORN

Mena-Bahena, A.; Ayvar-Serna, S.*; Díaz-Nájera, J.F.; Arizmendi-Dorantes, J. P.

Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Guerrero 81. Primer piso. Col. Centro. CP. 40000, Iguala de la Independencia, Guerrero.

* E-mail: sergio.ayvar@csaegro.edu.mx

Fecha de envío: 30, mayo, 2025

Fecha de publicación: 20, septiembre, 2025

Resumen:

En México, lograr la autosuficiencia alimentaria sigue representando un desafío, particularmente en el cultivo de maíces nativos pigmentados, de alto valor nutricional y cultural. La dependencia de insumos agroquímicos ha generado efectos adversos sobre la salud humana y el ambiente, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas sustentables, incluyendo el uso de microorganismos rizosféricos con potencial como desestresantes, biofertilizantes y bioplaguicidas. En esta investigación se comparó el efecto de bacterias y hongos aplicados de forma individual frente a la fertilización con N-P-K, sobre variables de crecimiento y peso de plántulas de los maíces criollos azules: Las Mesas, Colima y Tecoaapa, en interacción con cinco tratamientos: testigo, fertilizante químico (120_N-90_P-00_K), Grow Depot[®], *Bacillus subtilis* Biojal[®] y *Trichoderma* spp. (consorcio de cepas nativas de Guerrero) distribuidos en bloques al azar con cinco repeticiones en invernadero. La unidad experimental fue una bolsa de polietileno con 5 kg de sustrato. Los tratamientos se aplicaron en la siembra y a los 7 y 15 días después de la siembra (d.d.s.). Se midieron semanalmente la altura, diámetro del cuello, número de hojas y cobertura foliar, a los 15 días de la emergencia (seis evaluaciones) y a los 49 d.d.s. se pesó la biomasa acumulada en follaje y raíz (materias fresca y seca). Los datos se analizaron mediante análisis de varianza, regresión, correlación y prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Se comprobó que la fertilización química favoreció significativamente la altura, diámetro del cuello y peso de biomasa en las plantas de criollos Las Mesas y Tecoaapa, sin mostrar diferencias en el número de hojas entre tratamientos. Además, se registraron correlaciones positivas y altamente significativas entre las variables evaluadas. Se concluye que la respuesta a los bioinsumos depende del genotipo, recomendando considerar esta interacción en programas de nutrición sustentable.

Palabras clave: maíz azul, biofertilizante, *Bacillus*, *Trichoderma*, risósfera.

^a El presente trabajo es parte de proyecto de tesis de Ing. Agr. Fitotecnista en el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero.

Abstract:

In Mexico, achieving food self-sufficiency continues to represent a challenge, particularly in the cultivation of native pigmented maize, which has high nutritional and cultural value. The dependence on agrochemical inputs has generated adverse effects on human health and the environment, which has driven the search for sustainable alternatives, including the use of rhizospheric microorganisms with potential as destressing, biofertilizers and biopesticides. In this research, the effect of individually applied rhizospheric bacteria and fungi was compared against chemical fertilization with N-P-K on growth and weight variables of blue maize seedlings under greenhouse conditions. Three native genotypes were used: *Las Mesas*, *Colima*, and *Tecoanapa*, in interaction with five treatments: control, chemical fertilizer (120_N-90_P-00_K), Grow Depot[®], *Bacillus subtilis* Biojal[®], and a consortium of *Trichoderma* spp., distributed in a randomized complete block design with five replications. Each experimental unit consisted of a polyethylene bag containing 5 kg of soil. The treatments were applied at the time of sowing and subsequently at 7 and 15 days after sowing (d.a.s.). Growth variables (height, stem diameter, number of leaves, and foliar coverage) were measured weekly starting at 15 days after emergence (six evaluations), and at 49 d.a.s., the biomass weight (fresh and dry matter) of foliage and roots was quantified. Data were analyzed using analysis of variance, regression, correlation, and Tukey's test ($\alpha \leq 0.05$). It was confirmed that chemical fertilization significantly favored plant height, stem diameter, and biomass weight in *Las Mesas* and *Tecoanapa*, with no differences in the number of leaves per plant between treatments. Additionally, positive and highly significant correlations were recorded between the evaluated variables. It is concluded that the response to bio-inputs depends on the maize genotype, recommending that this interaction be considered in sustainable biofertilization programs.

Keywords: blue maize, biofertilizer, *bacillus*, *trichoderma*, rhizosphere.

INTRODUCCIÓN

En México, el maíz de grano blanco constituye el cereal de mayor relevancia social, alimentaria, cultural y económica; el país es el centro de origen y diversidad genética de 59 razas descritas, caracterizadas por su variabilidad en formas y colores, incluyendo blanco, amarillo, rojo, morado y azul (Kato et al., 2009). Este cereal es la base alimentaria de la población mexicana, principalmente a través de su transformación en tortilla, consumida por el 94 % de la población, con un promedio per cápita de 335 g diarios, equivalente a 122 kg anuales (FAO, 2016; SADER, 2020). Aunque la mayor parte de la producción actual se obtiene de híbridos y variedades de grano blanco mejoradas, los genotipos criollos continúan cultivándose para autoconsumo en comunidades rurales marginadas (Díaz Coronel et al., 2009; Jiménez-Juárez et al., 2012). En 2023, la producción nacional superó los 24 millones de toneladas, de las cuales, el 88.0 % correspondió a grano blanco

y únicamente 0.04 % a maíz azul (Martínez, 2021; SIAP, 2024). En años recientes, las tortillas elaboradas con maíz azul han despertado interés científico por su contenido de antocianinas, pigmentos con propiedades antioxidantes, anticancerígenas y asociadas a mayor longevidad (Kong et al., 2003; López-Martínez et al., 2014; Salinas-Moreno, 2012; Wang y Stoner, 2008). Sin embargo, persiste la limitada disponibilidad de variedades mejoradas y producción suficiente para satisfacer la demanda de maíz azul (Morales, 2022).

Entre los factores que determinan el rendimiento de maíz, destacan el material genético y la fertilización mineral, principalmente nitrógeno y fósforo, cuya aplicación debe ser equilibrada, suficiente y oportuna para maximizar el rendimiento y la concentración proteica en grano (Andrade et al., 1996; Below, 2015; Borrás, 2001; Mondal et al., 2010; Ros et al., 2023). No obstante, el uso intensivo y recurrente de fertilizantes químicos genera impactos negativos ambientales y económicos, tales como contaminación de suelos y aguas, salinización, pérdida de biodiversidad microbiana edáfica y reducción de la productividad agrícola a largo plazo (Bebber et al., 2022; Farfán et al., 2021; Litskas et al., 2023; Vera-Rodríguez et al., 2020). En respuesta, se ha incrementado la investigación sobre biofertilizantes elaborados con microorganismos rizosféricos benéficos, como bacterias y hongos, que son agentes naturales y renovables con capacidad de promover el crecimiento vegetal sin efectos adversos para el ambiente ni otros organismos útiles (Arslan y Bulut, 2023; Cakmakci et al., 2007a, 2007b; Joshi et al., 2006).

Dentro de estos microorganismos destacan *Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Trichoderma* y *Glomus*, los cuales actúan de forma sinérgica mediante la solubilización de nutrientes minerales, producción de fitohormonas, incremento de absorción de agua y nutrientes, inducción de tolerancia a estrés y control de fitopatógenos (Doran, 2000; Ehrlich, 1990; Liu et al., 2020; Tseng et al., 2020). Particularmente, la inoculación de *Bacillus* spp. ha mejorado significativamente los parámetros de crecimiento y rendimiento en maíz (Arslan y Bulut, 2023), mientras que *Trichoderma* ha favorecido la germinación y productividad en este cultivo (Chagas et al., 2023; Oliveira et al., 2012; Silva et al., 2012). Asimismo, *Glomus* spp. ha demostrado incrementar la disponibilidad de nutrientes como fósforo, nitrógeno y potasio en maíz, soya, chile, cebolla y trigo (Faboodi et al., 2011; Subramanian y Charest, 1997).

Considerando estos antecedentes y, ante la necesidad de generar información que contribuya a mejorar la producción sustentable de maíz azul criollo en México, la presente investigación se planteó como objetivo evaluar el efecto de biofertilizantes formulados con bacterias y hongos rizosféricos, comparados con fertilización química, sobre el crecimiento vegetativo inicial y biomasa acumulada en plántulas de tres genotipos de maíz azul criollo bajo condiciones de invernadero, con la finalidad de identificar tratamientos promisorios que puedan integrarse en sistemas productivos ecológicos de maíces pigmentados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el invernadero del Centro de Estudios Profesionales (CEP) del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), ubicado en el kilómetro 14.5 de la carretera Iguala-Cocula, a 640 msnm, bajo clima cálido subhúmedo Awo (w)(i) g, con precipitación media anual de 900 mm y temperatura promedio de 20.9 °C (Ayvar *et al.*, 2021). Se emplearon tres genotipos de maíz criollo azul: Colima, Las Mesas (San Marcos, Gro.) y Tecoaapa (Tecoanapa, Gro.) (CONAHCYT, 2019), combinados con los tipos de fertilizante descritos en el Cuadro 1. El experimento factorial se integró mediante bloques completos al azar con cinco repeticiones, conformando 75 unidades experimentales. Cada unidad consistió de una bolsa de polietileno negro con 5 kg de sustrato (mezcla de arena y tierra lama en proporción 1:2, v/v). Se sembraron tres semillas por bolsa, en disposición triangular a 2 cm de profundidad y cubiertas con sustrato. El riego se mantuvo con 250 mL de agua cada dos días durante 49 días. Se aclareo a una planta por maceta a los 15 días después de la siembra (d.d.s.). El tratamiento con *Trichoderma* spp. se aplicó al momento de la siembra, disolviendo la dosis en 250 mL de agua y depositó en el cuello de la planta. Se evaluaron variables de crecimiento a los 15 d.d.s. y posteriormente cada siete días (seis evaluaciones). El experimento finalizó a los 49 d.d.s., entonces se determinó el peso de biomasa fresca y seca de follaje y raíz, incluyendo las variables altura, diámetro del cuello, número de hojas y peso de follaje y raíz en estado fresco y seco. El análisis estadístico de los datos consistió en análisis de varianza, regresión lineal y correlación; además, comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), utilizando el programa SAS (SASInstitute®, 2015).

Cuadro 1. Tratamientos de fertilizantes biológicos y químico aplicados en interacción con los genotipos de maíces azules Colima, Las Mesas (San Marcos, Gro.) y Tecoaanapa en invernadero. CEP-CSAEGRO. Campus Cocula, Gro. 2023.

Table 1. Biological and chemical fertilizer treatments applied in interaction with blue maize genotypes from Colima, Las Mesas (San Marcos, Gro.), and Tecoaanapa in greenhouse conditions. CEP-CSAEGRO. Cocula Campus, Gro. 2023.

N°	Fertilizante	Ingrediente y composición	ha ⁻¹	Maceta
T1	Testigo	Testigo		
T2	Fertilizante 120 _N -90 _P -00 _K	Urea (46-00-00) y DAP (18-46-00)	120-90-00	6 g
T3	Grow Depot®	Micorrizas 50 millones UFC/g	1 kg [§]	1 g
T4	Bacillus subtilis Biojal®	Bacillus subtilis (1x10 ¹⁰ UFC/mL)	2 L [§]	0.03 mL
T5	Trichoderma spp.	Consorcio de cepas de <i>Trichoderma</i> spp. nativas de Cocula, Tecoaanapa, Ayutla, Atoyac y San Luis San Pedro, Guerrero, en concentración de 15.1x10 ⁷ UFC/mL	1 L	0.05 mL

[§]Se utilizó la dosis recomendada por el fabricante del producto comercial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las variables evaluadas presentaron diferencias altamente significativas por efecto de los tratamientos, en las evaluaciones realizadas al finalizar el experimento (Cuadro 2).

En los criollos Las mesas, Colima y Teconapa se encontró que el tratamiento con fertilización química 120_N-90_P-00_K fue el más efectivo para favorecer significativamente el incremento de todos los parámetros de crecimiento y acumulación de biomasa evaluados. En la altura y diámetro de la planta, el agroquímico causó el mayor efecto en el criollo de Teconapa seguido por Las Mesas; no obstante, el impacto positivo inducido por el tratamiento indicado no fue estadísticamente diferente de la respuesta obtenida en los biofertilizantes, en el número de hojas. Los tratamientos con microorganismos rizosféricos presentaron efectos que variaron en función del genotipo de planta; así, por ejemplo, se determinó que la aplicación de *Trichoderma* spp. en consorcio, tendió a favorecer el incremento de las variables de respuesta (excepto peso de follaje fresco) en Teconapa; mientras que, el efecto también fue positivo, pero solo en los parámetros de acumulación de biomasa en el criollo Colima; aunque los promedios obtenidos en estos tratamientos no fueron significativamente diferentes a los de otros tratamientos con biofertilizantes (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de los valores promedios de las variables de crecimiento y peso registradas en los tres criollos de maíz azul al final del experimento. CEP-CSAEGRO. Campus Cocula, Gro. 2023.

Table 2. Comparison of the average values of growth and weight variables recorded in the three blue maize landraces at the end of the experiment. CEP-CSAEGRO. Cocula Campus, Gro. 2023.

N°	Tratamiento	Variables medidas a los 49 d.d.s.						
		AP cm	DC cm	NH	PFF g	PFS g	PRF g	PRS g
Las Mesas								
T1	Testigo	22.00 ^{bc}	0.810 ^b	8 ^{ab}	7 ^c	3.4 ^{cd}	1.14 ^c	0.72 ^b
T2	Fertilizante 120 _N -90 _P 00 _K	36.00 ^a	1.536 ^a	9 ^a	72 ^a	11.8 ^{ab}	50 ^a	23 ^a
T3	Grow Depot®	19.25 ^{bc}	0.770 ^b	8.5 ^{ab}	5.78 ^c	3 ^d	0.94 ^c	0.74 ^b
T4	<i>Bacillus subtilis</i> Biojal®	19.60 ^{bc}	0.730 ^b	8.2 ^{ab}	4.6 ^c	1.6 ^d	1 ^c	0.46 ^b
T5	Consortio cepas nativas de <i>Trichoderma</i> spp.	23.40 ^{bc}	0.757 ^b	8.2 ^{ab}	5 ^c	3.4 ^{cd}	2 ^c	0.58 ^b
Colima								
T6	Testigo	16.80 ^c	0.587 ^b	8 ^{ab}	5.4 ^c	2.4 ^d	1.38 ^c	0.6 ^b
T7	Fertilizante 120 _N -90 _P -00 _K	25.00 ^b	0.851 ^b	8.6 ^{ab}	31 ^b	8.6 ^{bc}	16 ^b	6.2 ^b
T8	Grow Depot®	17.00 ^{bc}	0.660 ^b	7.6 ^b	6.6 ^c	3 ^d	2.9 ^c	0.8 ^b
T9	<i>Bacillus subtilis</i> Biojal®	16.80 ^{bc}	0.606 ^b	7.6 ^b	6.4 ^c	3 ^d	1.9 ^c	0.56 ^b
T10	Consortio cepas nativas de <i>Trichoderma</i> spp.	16.40 ^{bc}	0.625 ^b	7.6 ^b	10.2 ^c	4.2 ^{cd}	6.2 ^{bc}	1.6 ^b
Tecoanapa								
T11	Testigo	21.20 ^{bc}	0.799 ^b	8.2 ^{ab}	12.6 ^{bc}	3 ^d	1.2 ^c	0.56 ^b
T12	Fertilizante 120 _N -90 _P -00 _K	43.00 ^a	1.383 ^a	8.8 ^a	64 ^a	15 ^a	7.8 ^{bc}	3.98 ^b
T13	Grow Depot®	21.60 ^{bc}	0.793 ^b	8.8 ^a	9 ^c	1.7 ^d	1.2 ^c	0.46 ^b
T14	<i>Bacillus subtilis</i> Biojal®	19.00 ^{bc}	0.667 ^b	8 ^{ab}	3.6 ^c	2.4 ^d	1 ^c	0.42 ^b
T15	Consortio cepas nativas de <i>Trichoderma</i> spp.	21.40 ^{bc}	0.828 ^b	8.8 ^a	12.4 ^{bc}	3.6 ^d	6.8 ^{bc}	0.76 ^b
Prob.(F)		<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**
DMS		9.05	3.20	1.075	20.26	5.20	10.99	9.20

‡Valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). **= Altamente significativo ($\alpha \leq 0.01$). DMS= Diferencia Mínima Significativa.

La inoculación del producto Grow Depot® favoreció el aumento del diámetro del cuello, número de hojas y peso de raíz seca solo en plantas de Las Mesas, pero no se diferenciaron estadísticamente de los promedios registrados en los demás tratamientos biológicos. Aunque en la presente investigación no se logró el beneficio esperado con la aplicación de rizobacterias, los efectos benéficos de *Bacillus* spp.

sobre el hospedante se ha señalado en diversas publicaciones; así, por ejemplo, Li et al. (2019) encontraron que, en condiciones de riego abundante, el tratamiento por inmersión de semilla de maíz, con suspensión de *Bacillus* sp. HX-2, aumentó 23.6 % el peso del follaje, en comparación con las plantas no tratadas. Este hallazgo es diferente del obtenido con esta bacteria en la presente investigación. Asimismo, Moreno et al. (2020) reportaron que, la inoculación con *Bacillus* sp., incrementó 31.0, 36.0 y 40.0 % el peso del follaje seco en comparación con las plantas no inoculadas, en el cultivo de maíz. En otro experimento con bacterias rizosféricas, Gutiérrez (2019) observó que, la inoculación de las cepas *B. subtilis* GBO3 y IN937b, en concentraciones correspondientes de 108 y 107 UFC mL⁻¹, influyó significativamente en el incremento en el desarrollo y peso del sistema radical, con promedios respectivos de 7.3 y 6.67 g, en comparación con 3.54 g del testigo. Estos valores son mayores a los obtenidos en el tratamiento con la bacteria aplicado en esta investigación.

Con respecto a los beneficios de la utilización de *Trichoderma*, se ha demostrado que favorece el crecimiento, la calidad del rendimiento y la productividad del cultivo. Recientemente, las investigaciones han revelado que produce múltiples metabolitos secundarios que, crean un ambiente favorable para la planta hospedante (Hyakumachi y Kubota, 2003). Se ha utilizado ampliamente como inoculante microbiano en la agricultura como promotor de crecimiento, agente biocontrolador de enfermedades, descomposición de materia orgánica y biorremediación en el suelo (Garnica-Vergara et al., 2016; Zafra et al., 2015). Es una alternativa tecnológica compatible con el medio ambiente para aplicarla en sistemas de producción agrícola sostenible (Zin y Badaluddin, 2020). Al respecto, Moreno et al. (2022) mencionaron que, la inoculación en semillas de maíz variedad ICA V305, con suspensión de 105 conidios mL⁻¹, de *Trichoderma* spp. tuvo efecto positivo en el incremento del número de hojas verdaderas, con promedio de 3.83. Estos hallazgos difieren de los obtenidos en esta investigación, donde el tratamiento con consorcio de *Trichoderma* no causó impacto significativo sobre la producción de hojas por planta. Por otro lado, en el análisis de regresión efectuado, se determinó que la dinámica de incremento en el tiempo tanto del crecimiento como de acumulación de biomasa en las plantas de los tres criollos se ajustó al modelo de regresión lineal simple

en las plantas con y sin aplicación de los tratamientos evaluados. Asimismo, en el análisis de correlación se encontró que el incremento de la altura en la planta se asoció estrechamente con la acumulación de biomasa vegetal. Estos resultados coinciden con Vázquez (2016), quien reportó correlaciones positivas y significativas entre características de crecimiento, peso vegetal y rendimiento en maíz; mientras que Torres *et al.* (2003) observaron en 12 genotipos de maíz correlaciones positivas y significativas entre rendimiento, peso de olote, altura de planta y peso de grano en condiciones de riego.

CONCLUSIÓN

La fertilización química con $120\text{N}-90\text{P}-00\text{K}$ fue el tratamiento más eficaz para incrementar la altura, el diámetro del cuello, así como el peso de follaje y raíz, tanto en estado fresco como seco, principalmente en los criollos Las Mesas y Tecoaapa. La aplicación de microorganismos rizosféricos no influyó significativamente sobre estas variables, particularmente en el número de hojas por planta en ninguno de los tres genotipos. La tasa de incremento en el tiempo de: altura, diámetro del cuello y número de hojas se ajustó al modelo de regresión lineal simple, mientras que los parámetros relacionados con el crecimiento y el peso de la planta mostraron correlaciones positivas y altamente significativas en los tres genotipos evaluados.

Agradecimientos

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento al Laboratorio de Fitopatología del Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, en forma especial, reconocemos la labor y el apoyo a la Técnica Laboratorista C. Duvelsa Camacho Rodríguez por su valioso apoyo durante el desarrollo del experimento

LITERATURA CITADA

- Andrade, F. H., Cirilo, A. G., Uhart, S. A. y Otegui, M. E. (1996). *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Dekalb Press. Buenos Aires, Argentina. 292 pp.
- Arslan, M., & Bulut, S. (2023). Assessment of *Bacillus* strains on corn growth and yield under field condition. *Current Trends in Natural Sciences*, 12(23), 167-172 pp. Doi: 10.47068/ctns.2023.v12i23.018

- Ayvar, S. S., Díaz, N. J. F. Mena, B.A. y Ortiz, M. A. (2021). Actividad antifúngica de pesticidas biológicos, botánicos y químicos sobre el agente causal de la marchitez vascular del jitomate. *Rev. Fitotec. Mex.*, 44(4), 617-624 pp. Doi: <https://www.researchgate.net/publication/357504915>.
- Bebber, D. P., & Richards, V. R. (2022) A meta-analysis of the effect of organic and mineral fertilizers on soil microbial diversity. *Journal Applied Soil Ecology*, 175,104450. Doi: 10.1016/j.apsoil.2022.104450
- Borrás, L., & Otegui, M.E. (2001). Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. *Crop Science*, 49, 1816-1822.
- & Cakmakci, R., Erat, M., Erdoğan, Ü., & Dönmez, M.F. (2007b). The influence of plant growth-promoting rhizobacteria on growth and enzyme activities in wheat and spinach plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci*, 170, 288-295.
- & Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnología (CONAHCYT). (2019). *Maíz*. <https://conahcyt.mx/cibiogem/index.php/maiz>
- Díaz-Coronel, G. T., Sabando-Ávila, F. Q., Zambrano-Montes, S. y Vásquez-Montúfar, G.H. (2009). Evaluación productiva y calidad del grano de cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L) en dos Localidades de la Provincia de los Ríos. *Ciencia y Tecnología*. 2, 15-23.
- Doran J. W., & Zeiss, M. R. (2000). Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15, 3-11.
- Ehrlich, H. L. 1990. *Geomicrobiology*, 2nd ed. Dekker, New York, p 646.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).& Garnica-Vergara, A., Barrera-Ortiz, S., Muñoz-Parra, E., Raya-González, J., Méndez-Bravo, A., Macías-Rodríguez, L., & López-Bucio, J. (2016). The volatile 6-pentyl-2H-pyran-2 one from *Trichoderma atroviride* regulates *Arabidopsis thaliana* root morphogenesis via auxin signaling and ethylene insensitive 2 functioning. *New Phytol.*, 209,1496-1512.
- Gutiérrez-Calvo, A. E. (2019). Evaluación del efecto de *Bacillus subtilis* en la promoción del crecimiento en maíz (*Zea mays* L.). Instituto de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/448>
- Hyakumachi, M., & Kubota, M. 2003. Fungi as plant growth promoter and disease suppressor. In: Arora, D.K. (Ed.), *Fungal Biotechnology in Agricultural, Food and Environmental Application* (pp. 101–110). Marcel Dekker, New York.
- Jiménez-Juárez, J. A., Arámbula-Villa, G., De la Cruz-Lázaro, E. y Aparicio-Trapala, M. A. (2012). Característica del grano, masa y tortilla producida con diferentes genotipos de maíz del tropico mexicano. *Universidad y Ciencia*, 28, 145-152.
- Joshi, K. K., Kumar V., Dubey, R. C., & Maheswari, D. K. (2006). Effect of chemical fertilizer adaptive variants, *Pseudomonas aeruginosa* GRC2 and *Azotobacter chroococcum* AC1 on *Macrophomina phaseolina* causing charcoal rot *Brassica juncea*. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 25, 228-235.

- Kato, Y. T., Mapes, S. C., Mera, O. L., Serratos, H. J., & Bye, B. R. (2009). *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica*. UNAM-CONABIO editores. Distrito Federal, México. 119 pp.
- Kong, J. M., Chiam, S.L., Goh, N. K., Chia, T., & Brouillar, C. (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 64, 923-933.
- Li, H., Zhao, Y., & Jiang, X. (2019). Remojo de semillas con *Bacillus sp.* La cepa HX-2 alivia los efectos negativos del estrés por sequía en las plántulas de maíz. *Revista Chilena de Investigaciones Agropecuarias*, 79(3), 396-404. Doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392019000300396>.
- Liu, W., Ming, B., Xie, R., Liu G., Wang, K., Yang, Y., Guo, X., Hou, P., & Li, S. (2020). Change in number leaf end of corn and its effects on biomass and grain yield in China. *Agriculture Magazine*, 10(5), 411. Doi: 10.3390/agriculture10090411
- López-Martínez, L. X., Parkin, K. L., & Garcia, H. S. (2010) Antioxidant and quinone reductase inducing activities of ethanolic fractions from purple maize. *LWT-Food Sci Technol*, 59, 270-275.
- Martínez, M. (2021). *La importancia del emblemático maíz azul en México*. Culinaria México. <https://www.culinariamexicana.com.mx/maiz-azul/#:~:text=Sin%20embargo%2C%20uno%20de%20los,m%C3%A1s%20prote%C3%ADnas%20que%20otras%20variedades>.
- Mondal, M. M. A., Chowdhury, S., Mollah, M. L. R., & Reza, M. H. (2010). Effect of biofertilizer and urea on growth and yield of mungbean. *J. Agrofor. Environ*, 4 (2), 101-104.
- Morales, G. F. (2022). *Azul, que te quiero azul*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). <https://www.cimmyt.org/es/noticias/azul-que-te-quiero-azul/>
- Moreno, G. A., Romero, P. F. A., Estrada, B. G., Silvino, G. M. C. H. y Bonilla, R. R. (2020). *Bacillus spp.* del Caribe Seco. Las cepas mejoran el estrés por sequía en el maíz mediante una modulación de la respuesta antioxidante específica de la cepa. *Microorganismos*, 8(6), 823. <https://doi.org/10.3390/microorganismos8060823>
- Oliveira, A. G., Chagas Junior, A. F., Santos, G. R., Miller, L. O., & Chagas, L. F. B. (2012). Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA por *Trichoderma spp.* *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal*, 7(3),149-155.
- & Statistical Analysis System (SAS). (2015). SAS user's guide: Statistics Release 6.03. Ed. SAS Institute incorporation, Cary, N.C. USA. 1028 pp.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2019). *¿Qué es y para qué sirve el fertilizante?*. gov.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-es-y-para-que-sirve-el-fertilizante#:~:text=El%20uso%20de%20fertilizantes%20permite,desarrollo%20de%20los%20cultivos%20agr%C3%ADcolas>. Consultado: 13/05/2024.
- Salinas-Moreno, Y., Pérez-Alonso, J. J., Vázquez-Carrillo, G., Aragón-Cuevas, F., Velázquez-Cardelas, G. A. (2012) Antocianinas y actividad antioxidante en

maíces (*Zea mays* L.) de las razas chalqueño, elotes cónicos y bolita. *Agrociencia*, 46, 693–706.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Recuperado de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

Silva, J. C. D., Torres, D. B., Lustosa, D. C., & Filippi, M. C. C. S. (2012). Rice sheath blight biocontrol and growth promotion by *Trichoderma* isolates from the amazon. *Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, Belém*, 55(4), 243-250.

Subramanian, K. S., & Charest, C. (1997). Nutritional growth and reproductive responses of maize (*Zea mays* L.) to arbuscular mycorrhizal inoculation during and after drought stress at tasselling. *Mycorrhizal*, 7(1), 25-32.

Torres, R. V.; Dávila, H. J.; Mendoza, B. A.; Godina, R. F. 2003. Análisis de sendero en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo riego y temporal. *Agrofaz*.3(1):187-192 pp.

Tseng, Y. H., Rouina, H., Groten, K., Rajani, P., Furch, A. C. U., Reichelt, M., Baldwin, I. T., Nataraja, K. N., Uma, S. R., & Oelmüller, R. (2020). An endophytic *Trichoderma* strain promotes the growth of its hosts and defends against pathogen attack. *Forehead. plants Sci*, 11, 573670. Doi: 10.3389/fpls.2020.573670.

Vázquez-Videa, A. E., Bellorin, U. 2016. Variación fenotípica y correlación de rendimiento con características morfo-agronómicas en una población de maíz (*Zea mays* L.) variedad NB-6 en la época de primera. Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria. Sámana Grande, Managua, Nicaragua.

Vera-Rodríguez, J. H., Cepeda-Landin, W. E., Cárdenas-Carreño, D. A., Espejo-Galarza, F. A., Inga-Herrera, G. M., Balon-Cardenas, A. R., Granda-Correa, J. D., & Delgado-Orozco, J. C. 2020. Effect of 3 forms of fertilization in the cultivation of corn variety DASS 3383, Troncal-Ecuador. *Colombian journal of animal science Recia*, 12,1. Doi: 10.24188/recia.v12.n1.2020.750

Wang, L. S., & Stoner, G. D. 2008. Anthocyanins and their role in cancer prevention. *Cancer Lett*, 269, 281-290.

Zafra, G., Moreno-Montaña, A., Absalón, Á. E., & Cortés-Espinosa, D. V. 2015. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil by a tolerant strain of *Trichoderma asperellum*. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 22, 1034-1042.

Zin, N. A., & Badaluddin, N. A. 2020. Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2),168-178. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2020.09.003>