



SOCIENCYTEC

FERTILIZACIÓN INTEGRAL DE MAÍZ (Zea mayz L.) A PARTIR DE BIOINSUMOS

COMPREHENSIVE FERTILIZATION OF CORN (Zea mayz L.) FROM BIOINPUTS

FERTILIZAÇÃO INTEGRAL DE MILHO (Zea mays L.) A PARTIR DE BIOINSUMOS

Duilio Torres¹

duiliogtorres@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5920-138X>

Ingrid Acevedo²

ingridacevedo713@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-1812-9314>

Recibido: 18/10/23

Aceptado: 15/11/23

Publicado: 29/12/23

Correspondencia: duiliogtorres@gmail.com

1. Ing. Agrónomo, MsC., Profesor Asociado, Investigador Suelos, Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Lisandro Alvarado Barquisimeto, Venezuela.
2. Dpto. de Tecnología Agropecuaria, Decanato de Cs. Veterinarias, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.



RESUMEN

Los planes de fertilización actuales se basan en el uso de fertilizantes inorgánicos, sin considerar otras opciones como: abonos orgánicos y biofertilizantes. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de abonos inorgánicos, orgánicos (compost) y biofertilizantes (bacterias solubilizadoras de fósforo (SF) y fijadoras de nitrógeno de vida libre (FNVL), sobre el desarrollo del híbrido de maíz DANAC 255. Se evaluaron 5 opciones de fertilización: convencional, convencional + abono orgánico + biofertilizantes, abono orgánico + SF+FNVL y abono orgánico + SF, el diseño experimental fue completamente al azar, con 6 repeticiones para un total de 30 unidades experimentales. Durante el ensayo se determinaron los cambios en los contenidos de MO, P y K en el suelo y de N y P a nivel foliar, así como las variables biométricas del cultivo. Los resultados muestran que el tratamiento T3, logró incrementar los niveles de MO, N y P y en el suelo, al combinar 50 % de fertilización convencional con los abonos orgánicos y biofertilizantes, con valores superiores a los reportados en la fertilización convencional, por lo que el manejo integral de la fertilidad, es factible para mantener los rendimientos y disminuir los costos de producción.

Palabras claves: seguridad alimentaria, maíz, manejo integral, fertilidad, sustentabilidad, calidad de suelos.

ABSTRACT

Current fertilization plans are based on inorganic fertilizers use of, but considering other options such as: organic fertilizers and bio-fertilizers. The objective of this research was to evaluate the effect of inorganic fertilizers, organic (compost) and bio-fertilizers (dissolving phosphorus (SF) and fixing nitrogen-free life bacteria (FNVL), on the DANAC 255 corn hybrid development. Five fertilizing options were assessed: conventional, conventional + organic fertilizer + biofertilizers, organic fertilizer + SF+FNVL and organic fertilizer + SF. The experimental design was completely randomized, with 6 replications for a total of 30 experimental units. Changes of OM, P and K contents in the soil and in N and P at foliar level, as well as biometric variables of the crop were determined during the test. Results show that the T3 treatment, increased levels of OM, N, and P and on the soil, by combining 50% of conventional fertilization with organic fertilizers and with bio-fertilizers, with values higher than those reported in the conventional fertilization, therefore, the integrated fertility management is feasible to maintain yields and lower production costs.

Key words: food security, corn, integrated management, fertility, sustainability, soil quality.



RESUMO

Os planos de fertilização atuais baseiam-se no uso de fertilizantes inorgânicos, sem considerar outras opções como adubos orgânicos e biofertilizantes. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito de adubos inorgânicos, orgânicos (composto) e biofertilizantes (bactérias solubilizadoras de fósforo (SF) e fixadoras de nitrogênio de vida livre (FNVL)) no desenvolvimento do híbrido de milho DANAC 255. Foram avaliadas cinco opções de fertilização: convencional, convencional + adubo orgânico + biofertilizantes, adubo orgânico + SF + FNVL e adubo orgânico + SF. O delineamento experimental foi completamente ao acaso, com 6 repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Durante o ensaio, foram determinadas as mudanças nos teores de MO, P e K no solo e de N e P a nível foliar, bem como as variáveis biométricas da cultura. Os resultados mostram que o tratamento T3 conseguiu aumentar os níveis de MO, N e P no solo, combinando 50% de fertilização convencional com adubos orgânicos e biofertilizantes, com valores superiores aos relatados na fertilização convencional. Portanto, a gestão integrada da fertilidade é viável para manter os rendimentos e reduzir os custos de produção.

Palavras-chave: segurança alimentar, milho, gestão integrada, fertilidade, sustentabilidade, qualidade do solo.

1. INTRODUCCIÓN

En Venezuela la producción de maíz logra aprovechar solo el 53 % del potencial genético de las plantas (García *et al.*, 2020), lo que se traduce en una amplia brecha de rendimiento (De la Casa *et al.*, 2019). Uno de los factores mas críticos en el cultivo es la fertilización, dado que posee altas demandas nutricionales, la mayoría de los cultivares requieren de una adecuada relación entre los diferentes elementos nutritivos disponibles en el suelo para su desarrollo y producción (Herrera y Rotondaro, 2019).

El manejo combinado de fertilizantes orgánicos y “químicos”, constituyen una alternativa económicamente viable y técnicamente confiable para mejorar y potenciar las propiedades biológicas, bioquímicas, químicas y físicas del suelo a corto y mediano plazo sin afectar el rendimiento de los cultivos (Enene y Babalola., 2020), lo cual hace necesario su racionalidad y la incorporación de otras fuentes locales orgánicas y biológicas que promuevan la sustentabilidad de los agroecosistemas y mitigar el impacto que ellos pueden ejercer sobre el entorno biofísico.

Los rendimientos de este cultivo son muy bajos, ubicándose la productividad media de 6.000 Kg /ha mientras que en muchas plantaciones mejoradas se han conseguido rendimiento que superan los 8000 Kg/ha (Flores *et al.*, 2021). Los



rendimientos de maíz se ven afectados a deficiencias de nutrientes o disponibilidad de los mismo, a los excesos de problemas de suelo como erosión, pH, esto puede llegar a constituir severos impedimentos a cultivos prósperos en ciertas áreas.

Ortiz *et al.*, (2023) el cafeto como la mayoría de los cultivos de cereales requieren de cierta relación entre los diferentes elementos nutritivos (N-P-K) disponibles en el suelo para su desarrollo y producción. En la medida de que esta relación se encuentre en cantidades suficientes y adecuada, de la misma manera se garantiza mejores plantas de maíz y mayores rendimientos. En la actualidad la mayoría de los productores de maíz implementan la fertilización química con el objetivo de aumentar la producción (García *et al.*, 2021). Entre estos fertilizantes químicos se encuentran los fosfatados, potásicos y nitrogenados, entre otros; en este caso la idea es el aporte de nutrientes inmediato en un momento puntual a plantas que están ya en proceso de crecimiento, es por lo tanto un procedimiento a muy corto plazo, los fertilizantes químicos liberan los nutrientes de forma instantánea o en pocos días (Restrepo *et al.*, 2021).

Las practica de fertilización química trae como consecuencias negativas, la reducción de la biodiversidad, erosión del suelo, aumento en el impacto ambiental, modificación del pH del suelo y contaminación de los acuíferos subterráneos (Moradell y Renau, 2019). Asi mismo En el país la aplicación de fertilizantes químicos a encarecido los precios de producción de maíz, Debido a esto se hace de la imperiosa necesidad establecer alternativas de fertilización que nos permitan obtener altos resultados en cuanto a la productividad y así mismo la reducción del impacto ambiental, económico y costos de producción (Pérez *et al.*, 2019).

En este sentido el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), con el objetivo de ofrecer tecnologías apropiables que conduzcan a la sustentabilidad de los Agrosistemas del país, reduciendo el impacto ambiental ocasionado por el uso inadecuado de agrotóxicos y de fertilizantes inorgánicos (Polo, 2022), lleva una línea de investigación en biofertilizantes, estudiando microorganismo autóctono de las diferentes zonas del país

Los biofertilizantes están basado en microorganismo que promueven y beneficia la nutrición y el crecimiento de las plantas. se trata de microorganismo del suelo generalmente hongos y bacterias que se asocian de manera natural a las raíces de las plantas de una forma más o menos intima. Los microorganismos promotores del crecimiento y nutrición vegetal facilitando de manera directa la disponibilidad de determinados nutrientes en las plantas, tales como nitrógeno(N), fosforo(P) y potasio(K), aunque también los hay que producen sustancias (Fitohormonas) promotoras del crecimiento vegetal (Aviles *et al.*, 2022).



Varios son los cultivos en los cuales la aplicación de *Azotobacter* como biofertilizante ha resultado satisfactoriamente positiva. Arrieta et al.,(2019) realizaron un trabajo experimental en maíz (*Zea mays*), demostrando que con el uso de *Azotobacter* hay una mejor uniformidad en las posturas de este cultivo, así como un mayor vigor de las mismas, las cuales en el momento de la extracción del vivero hacia el campo presentaban un color uniforme en su sistema radicular, características de posturas sanas, vigorosas y con alto valor ecológico.

Desde el punto de vista de una agricultura sostenible, el uso de biofertilizante representa una importante alternativa para limitar el uso de abonos químicos, reduciendo su negativo impacto ambiental y económico y mejorar la productividad de los cultivos (Macik et al., 2020). Otra ventaja de los biofertilizantes, respecto a los fertilizantes tradicionales, es su capacidad para sustituir hasta el 50% del nitrógeno de origen industrial y el aprovechamiento de la tierra para que la planta asimile mejor los nutrientes, se prevé que su costo es 90% menor a los químicos (Roy, 2021).

Considerando la importancia de estas tecnologías, esta investigación se orienta en la validación de un plan de fertilización en el cultivo maíz (*Zea mays*) con la utilización de bioinsumos nativos a base de solubilizadores de fósforo (SF) y fijadores de nitrógeno (FNVL) en la localidad del Valle Medio del Río Yaracuy.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Ubicación del experimento

Los suelos fueron tomados de la estación experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) ubicada en las coordenadas 10° 02' 38" latitud norte y 69° 05' 20" longitud oeste, con una altitud de 336 msnm. La zona se caracteriza por tener una temperatura máxima 31.3 y mínima de 21.71, humedad relativa 82.24%, con una precipitación mensual de 767.5mm. El suelo recolectado está clasificado taxonómicamente como un Oxic Haplustals familia arcillosa fina con pH de 6.7, contenido de materia orgánica 1.6% y valores de fósforo y potasio de 3 y 120 mg kg respectivamente. El experimento fue conducido en condiciones de invernadero en el departamento de suelos del Decanato de Agronomía, Núcleo Héctor Ocho Zuleta, de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado".

2.2. Diseño de experimento

Se aplicó un diseño completamente al azar, se evaluaron 5 tratamientos: T1:



dosis convencional, T2: 50 % dosis convencional + Abono orgánico y biofertilizantes (SF+FNVL). T3: Abono orgánico + biofertilizantes (SF+FNVL). T4: abono orgánico + biofertilizante (FNVL) y T5: abono orgánico + biofertilizante (SF), estos fueron replicados 6 veces para un total de 30 unidades experimentales. Los abonos inorgánicos aplicados fueron Urea, (46 % de N); fosfato diamónico (46% P₂O₅ – 18 N%), cloruro de potasio (60 % K₂O), el abono orgánico fue humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), los biofertilizantes empleados fueron fabricadas a partir de las mejores cepas fijadoras de libres de nitrógeno (FN 188.1) y solubilizadoras de fósforo (SF 188.1), la dosis aplicada fue de 2 Lts/ha López *et al.*, (2008).

2.3. Variables Evaluadas

En suelo

Al finalizar el ensayo se determinaron los contenidos de materia orgánica, fósforo (P), pH y CE. Los análisis se realizaron según los siguientes métodos (Gilabert *et al.*, 1990): pH (relación suelo agua: 1:2,5); fósforo (Olsen); materia orgánica (combustión humedad, Walkey and Black modificado); y CE (ms/cm 25 conductímetro).

En planta

Se determinó el diámetro y altura del tallo, y área foliar. Para determinar la materia seca de parte aérea y raíces por planta, la cual consistió en la extracción de la planta del contenedor, separar la parte aérea de la raíces y se colocaron en estufa a 60 °C por un lapso de 72 horas. Posteriormente se pesó en balanza electrónica.

Análisis estadísticos

Los resultados se evaluaron mediante análisis de varianza utilizando el paquete estadístico Infostat versión 1.1, además, se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, con un nivel de probabilidad del 5%.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores más altos de nitrógeno fueron encontrados en los tratamientos T4, T5 y T3, donde se aplicó abonamiento orgánico, conjuntamente con biofertilizantes, mientras que los valores más altos de P correspondieron a los tratamientos T3, T4, T5. (Tabla 1).



Tabla 1. Cambio en los contenidos de nutrientes en el suelo en función del plan de fertilización empleados en suelos del Valle Medio del Rio Yaracuy.

Tratamiento	FQ	FQ+B	50% Q+FO+B	FO+FNVL	FO+SF	Valor inicial suelo
Nitrógeno (%)	0,15 a	0,17 a	0,22 b	0,20 b	0,20 b	0,12
MO (mg /kg)	22,5 a	21,3 a	28,7 b	30,3 b	31,5 b	36
P (mg/kg)	40,67 ab	13,33 a	81 ab	107,33 b	117,17 b	12

Leyenda: FQ: fertilización química, FQ+B: 50 % fertilización química + biofertilizantes. 50 % Q+FO+B: 50 % fertilización química+ abono orgánico + biofertilizantes. FO+FNVL: abono orgánico + bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre. FO+SF: abono orgánico+ bacterias solubilizadoras de fósforo.

Estos resultados concuerdan con los reportados por Manu et al. (2021) quienes encontraron incrementos en los niveles de nitrógeno en el suelo, luego de la aplicación del compost. Los abonos orgánicos aportan nitrógeno (Hoang et al., 2022); sin embargo, el contenido de N de las compostas es solo 1-3 % y la tasa de mineralización del nitrógeno es cercana al 10 % (Elris et al., 2021), por lo cual sólo una fracción del N y otros nutrimentos está disponible, por lo cual se requieren altas cantidades de abonos, para satisfacer las necesidades nutricionales de cultivos como maíz (Sainz et al., 2019).

Mientras que el aumento de los valores de fósforo puede ser explicado por la incorporación de compost en cada uno de estos tratamientos, Yan et al., 2021, observaron una alta relación entre el fósforo disponible y el rendimiento en maíz, Gao et al., (2020) en agroecosistemas bajo fertilización orgánica, han encontrado un considerable aumento en las cantidades de P total, orgánico y disponible, que eventualmente favorecen la producción vegetal, por tanto la dosis convencional es posible reducirla hasta en un 50 % cuando se aplique en conjunto con abonamiento orgánico.

Cambio en los contenidos de nitrógeno y fósforo a nivel de planta y raíz luego de la aplicación de los planes de fertilización

El mayor contenido P y N a nivel foliar se observó en los tratamientos T2 y T4, cuyos resultados se describen en la tabla 2.

**Tabla 2.** Cambio en el contenido de nitrógeno y fósforo a nivel foliar en plantas de maíz luego de 45 días después de la siembra.

Tratamiento	FQ	FQ+B	50 Q+FO+B	%	FO+FNVL	FO+SF
Nitrógeno Planta (%)	1,27 a	1,01 a	1,47 b		1,29 a	1,32 a
Nitrógeno raíz (%)	0,88 b	0,61 a	0,73 a		0,79 ab	0,89 b
Fosforo planta (%)	0,16 a	0,18 a	0,16 a		0,18 a	0,16 a
Fosforo raíz (%)	0,09 a	0,08 a	0,11 a		0,09 a	0,09 a

Leyenda: FQ: fertilización química, FQ+B: 50 % fertilización química + biofertilizantes. 50 % Q+FO+B: 50 % fertilización química+ abono orgánico + biofertilizantes. FO+FNVL: abono orgánico + bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre. FO+SF: abono orgánico+ bacterias solubilizadoras de fosforo.

Los valores obtenidos estuvieron por debajo de valores críticos de P para plantas de maíz, lo que parece indicar que no hubo suficiente P disponible para cubrir el requerimiento de P y por lo las SF aplicadas en el T2 no solubilizaron P-retenido en Ca. Liu et al., (2020) demostraron que algunos microorganismos que solubilizan fósforo no son capaces de hacerlo, debido a la capacidad buffer de los suelos alcalinos junto con la baja secreción de ácidos orgánicos que producen los microorganismos en esos ambientes

La mayor concentración de N en planta, correspondió a los tratamientos donde se aplicó fertilización inorgánica, Li et al., 221, señalan que cuando se usa urea, el nitrógeno aportado es de rápida disponibilidad por parte de las plantas, mientras que, el déficit de humedad en el suelo, pudo afectar el desarrollo de las bacterias fijadoras de N, así como la descomposición y mineralización de la materia orgánica, por lo tanto la absorción de estos elementos fue menor en los tratamientos bajo fertilización orgánica y biofertilización.

4. EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE VARIABLES DE PLANTA

Al evaluar los variables diámetro del tallo y altura del tallo (Tabla 3), se observó que los tratamientos (T1 y T2), presentaron valores superiores al resto de los tratamientos.

Tabla 3. Cambio en algunas variables biométricas del cultivo del maíz (Zea maíz) en función del plan de fertilización empleados en suelos del Valle Medio del Rio Yaracuy, una semana después de la siembra (VI) y 45 días después de la siembra (VF).



Tratamiento		FQ	FQ+B	50% Q+FO+B	FO+FNVL	FO+SF
Diámetro de tallo	VI	0,35	0,35	0,43	0,36	0,38
	VF	0,88	0,76	1,06 b	0,87	0,86
Altura de Tallo (cm)	VI	5,01	4,75	4,71	4,93	4,93
	VF	15,38	14,00 b	16,04 c	11,96 a	12,29 a
		c				
Area Foliar (cm²)	VI	10,34	10,65	10,02	10,32	11,73
	VF	94,43	73,46	83,11 c	57,41 b	22,71 a
		c	bc			
Biomasa aérea (gramos en base seca)		4,96 a	3,51 a	6,89 b	4,52 a	4,57 a
Biomasa de raíces (gramos en base seca)		4,50 a	4,45 a	8,26 a	4,13 a	3,6 a

Leyenda: FQ: fertilización química, FQ+B: 50 % fertilización química + biofertilizantes. 50 % Q+FO+B: 50 % fertilización química+ abono orgánico + biofertilizantes. FO+FNVL: abono orgánico + bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre. FO+SF: abono orgánico+ bacterias solubilizadoras de fosforo.

Estos resultados coinciden a los señalado por Wei et al., (2020) y He et al., (2022) quienes al usar un compost, logro reducir al 50% dosis recomendada y encontró incrementos en variables biométricas como la altura de tallo. En el caso de la variable área foliar, se observó que los tratamientos (T1 y T3) presentaron valores superiores al resto de los tratamientos. Aslam, y Ahmad (2020) encontraron valores de área foliar similares al comparar fertilización química con la fertilización biológica y orgánica logrando en esa investigación una reducción de la dosis convencional en un 30%.

Para las variables biomasa aérea y biomasa de raíces, el tratamiento el T3, presentó valores superiores al resto de los tratamientos, lo que ratifica que el uso de biofertilizantes, junto al abonamiento orgánico, permite la reducción del uso de fertilizantes químicos en un 50 %. Wi et al., (2020), observaron un mayor desarrollo en las plantas cuando se combinaron fertilizantes orgánicos, inorgánicos y biológicos en maíz.

5. CONCLUSIONES

La aplicación de materia orgánica y el uso de bacterias fijadores de nitrógeno y solubilizadores de P fue determinante en los incrementos de los contenidos de

Revista Sociencytec

<https://sociencytec.com/index.php/sct>

Volumen 1 Número 2. noviembre - diciembre (2023)

ISSN 3028-8517



nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo, con valores superiores a los logrados con la fertilización convencional, lo que permite reducir la aplicación de los mismos y por tanto los costos de producción.

El mayor desarrollo de las plantas se observó en el tratamiento donde se combinó el uso de fertilizantes químicos, abonos orgánicos y biofertilizantes, encontrando que el uso de los mismos permite mantener el rendimiento del maíz, por lo que el manejo integral de la fertilidad, es factible para mantener los rendimientos y disminuir los costos de producción, lo que garantiza una producción agrícola sostenible.

La combinación de abonos orgánicos y biológicos, además de los beneficios económicos, se traduce en un menor impacto ambiental al reducir el uso de abonos químicos, lo cual garantiza la producción de alimentos inocuos y la reducción de los problemas de contaminación de suelos y agua, sin embargo, se requieren de altas cantidades de abonos orgánicos y de microorganismos adaptados a condiciones extremas de suelo, para que los mismos sean eficientes.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrieta, Y. R. H., Domínguez, J. T., & Palacio, D. D. (2019). Comportamiento morfológico del Maíz inoculado con *Azotobacter chroococcum* a dosis reducida de fertilizante nitrogenado. *Avances*, 21(2), 166-178.
- Aslam, Z., & Ahmad, A. (2020). Effects of vermicompost, vermi-tea and chemical fertilizer on morpho-physiological characteristics of maize (*Zea mays* L.) in Suleymanpasa District, Tekirdag of Turkey. *Journal of Innovative Sciences*, 6(1), 41-46.
- Aviles, C. F. A., Acosta, C. B. C., de los Santos Villalobos, S., Santoyo, G., & Cota, F. I. P. (2022). Caracterización de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV) nativas y su efecto en el desarrollo del maíz (*Zea mays* L.). *Biotecnia*, 24(1), 15-22.
- De la Casa, A., Ovando, G., Bressanini, L., Díaz, G., Díaz, P., & Miranda, C. (2019). Evaluación de la brecha de rendimiento para maíz tardío con distintas densidades de siembra en la región central de Córdoba, Argentina. *Agriscientia*, 36(2), 1-17.
- Elrys, A. S., Ali, A., Zhang, H., Cheng, Y., Zhang, J., Cai, Z. C., ... & Chang, S. X. (2021). Patterns and drivers of global gross nitrogen mineralization in soils. *Global Change Biology*, 27(22), 5950-5962.



- Enebe, M. C., & Babalola, O. O. (2020). Effects of inorganic and organic treatments on the microbial community of maize rhizosphere by a shotgun metagenomics approach. *Annals of Microbiology*, 70(1), 1-10.
- Flores, Y. E., Romero, A. J., Torres, A. M., Briceño, F. A., & García, A. J. (2021). Efecto de abonos biológicos y fertilizantes químicos en el cultivo de maíz, FLASA Cojedes Venezuela: Effect of biological fertilizers and chemical fertilizers in corn cultivation, FLASA Cojedes Venezuela. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 6(1), 21-27.
- Gao, C., El-Sawah, A. M., Ali, D. F. I., Alhaj Hamoud, Y., Shaghaleh, H., & Sheteiwy, M. S. (2020). The integration of bio and organic fertilizers improve plant growth, grain yield, quality and metabolism of hybrid maize (*Zea mays* L.). *Agronomy*, 10(3), 319.
- García, P., Pérez, A., & Alezones, J. (2020). Mejoramiento genético y producción de semilla de maíz en Venezuela. *Producción de Semillas en Venezuela*, 85.
- García Cabrera, J. M., Castro Piguave, C. A., & Moreno Mera, G. M. (2021). Estudio de la fertilización química y orgánica y su efecto en el cultivo de Maíz (*Zea mays*.), en una comuna. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5(14), 145-152.
- Gilabert De Brito J., I. López De Rojas Y R. Roberti. (1990). Análisis de suelo para diagnóstico de fertilidad. En: *Manual de métodos y procedimientos de referencia*. FONAIAP - CENIAP. Maracay. Serie D. N o 26, 164 p.
- He, H., Peng, M., Ru, S., Hou, Z., & Li, J. (2022). A suitable organic fertilizer substitution ratio could improve maize yield and soil fertility with low pollution risk. *Frontiers in Plant Science*, 13, 988663.
- Herrera, A., & Rotondaro, R. (2019). Relevamiento de fertilidad de los suelos pampeanos¿ Qué nos dicen los análisis de suelo. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 28, 24-27.
- Hoang, H. G., Thuy, B. T. P., Lin, C., Vo, D. V. N., Tran, H. T., Bahari, M. B., & Vu, C. T. (2022). The nitrogen cycle and mitigation strategies for nitrogen loss during organic waste composting: A review. *Chemosphere*, 300, 134514.
- Li, R., Gao, Y., Chen, Q., Li, Z., Gao, F., Meng, Q., ... & Zhang, M. (2021). Blended controlled-release nitrogen fertilizer with straw returning improved soil nitrogen availability, soil microbial community, and root morphology of



- wheat. Soil and Tillage Research, 212, 105045.
- Liu, J., Qi, W., Li, Q., Wang, S. G., Song, C., & Yuan, X. Z. (2020). Exogenous phosphorus-solubilizing bacteria changed the rhizosphere microbial community indirectly. 3 Biotech, 10, 1-11.
- López, M., Martínez V., Brossard Fabre, M. 2008. Efecto de Biofertilizantes Bacterianos Sobre El Crecimiento De Un Cultivar De Maíz En Dos Suelos Contrastantes Venezolanos. Agronomía Trop. [Online]. vol.58(4):391-401.
- Maçik, M., Gryta, A., & Frąc, M. (2020). Biofertilizers in agriculture: An overview on concepts, strategies and effects on soil microorganisms. Advances in agronomy, 162, 31-87.
- Manu, M. K., Li, D., Liwen, L., Jun, Z., Varjani, S., & Wong, J. W. (2021). A review on nitrogen dynamics and mitigation strategies of food waste digestate composting. Bioresource Technology, 334, 125032.
- Moradell, I., & Renau-Pruñonosa, A. (2019). Contaminación de aguas subterráneas. Algunos ejemplos. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 27(1), 3-3.
- Ortiz, A. A., Quintana, L. A., & Scholz, R. F. (2023). Fertilización del maíz (Zea mays L.) sembrado en época alternativa con diferentes fuentes de nitrógeno en el sur de Paraguay. Revista Científica de la UCSA, 10(3), 16-22.
- Pérez, R. D. A., Tenemaza, R. V. O., Brito, J. D., Medina, C. A. B., Roja, J. L. A., Guerra, Y. R., ... & Almeida, J. F. (2020). Desarrollo productivo de dos variedades locales de maíz (Zea mays L.) con la aplicación de fertilizante mineral y orgánico en la Amazonía Ecuatoriana. Revista Ciencia y Tecnología, 13(1), 9-16.
- Polo, R. F. (2022). "Biofertilizantes" una revisión sistemática de la literatura científica en los últimos 10 años. High Tech-Engineering Journal, 2(1), 90-97.
- Restrepo, K. T. C., Posada, E. A. E., Franco, L. A. R., & Hernández, J. F. R. (2021). Efecto de diferentes tipos de fertilizantes en el crecimiento del maíz criollo, Capachi morado, en el municipio de Andes, Antioquia. Temas Agrarios, 26(2), 140-151.
- Roy, A. (2021). Biofertilizers for agricultural sustainability: current status and future challenges. Current Trends in Microbial Biotechnology for



Sainz Rozas, H., Reussi Calvo, N. I., & Barbieri, P. A. (2019). Uso del índice de verdor para determinar la dosis óptima económica de nitrógeno en maíz. *Ciencia del suelo*, 37(2), 246-256.

Wei, Z., Ying, H., Guo, X., Zhuang, M., Cui, Z., & Zhang, F. (2020). Substitution of mineral fertilizer with organic fertilizer in maize systems: A meta-analysis of reduced nitrogen and carbon emissions. *Agronomy*, 10(8), 1149.

Yan, X., Chen, X., Ma, C., Cai, Y., Cui, Z., Chen, X., ... & Zhang, F. (2021). What are the key factors affecting maize yield response to and agronomic efficiency of phosphorus fertilizer in China?. *Field Crops Research*, 270, 108221.