




TITULO: Determinación de la dosis más efectiva de nitrato de amonio en el cultivo del maíz.

TITTLE: Determination of the most effective dose of ammonium nitrate in corn cultivation

AUTORES

Yoandy Lazo  <https://orcid.org/0000-0002-6243-2445>¹. Ingeniero Agrónomo. Departamento Agronomía, Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”. Sancti Spíritus. Cuba.

Marcos Tulio García González²  <https://orcid.org/0000-0002-1115-9311>.² Doctor en Ciencias. Profesor Titular. Departamento Agronomía, Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, Sancti Spíritus. Cuba.

Liuder Isidoro Rodríguez Coca  <https://orcid.org/0000-0002-4404-5601>.³ Ingeniero Agrónomo. Profesor Instructor. E-mail:liuder@uniss.edu.cu, liuder.rodriquez@nauta.cu. Departamento Agronomía, Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, Sancti Spíritus. Cuba.

RESUMEN

Entre los cuatro cultivos principales en el mundo, el maíz es uno de los más importantes, requiere de una alta fertilización ya que tiene gran capacidad de absorción de nutrientes por lo que la demanda por nitrógeno es alta, además de otros como el fósforo y el azufre para obtener una buena producción, es por ello que el objetivo del trabajo es determinar la dosis más efectiva de nitrato de amonio en el cultivo de maíz en la finca La Ceiba, perteneciente a la CCS Niceto Pérez del municipio Cabaiguán, provincia de Sancti Spíritus. Se empleó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos (50, 100, 150 y 200 kg/ha y testigo), y tres réplicas, sobre un suelo Pardo Sialítico sin Carbonato, ubicándose en parcelas de 68 m². Se determinaron los parámetros morfoagronómicos (altura de la planta, número de hojas, número de hileras de granos por mazorca, número de granos por mazorca y masa de 100 granos) y el rendimiento, para los cinco tratamientos. De las dosis empleadas la de 150 kg/ha fue la que mostró los valores más altos en los diferentes parámetros morfoagronómicos evaluados, con un incremento en 2,41; 3,44; 4,59 y 5,15 t/ha a los tratamientos 200, 100, 50 kg/ha y testigo respectivamente.

Palabras claves: MAÍZ; PARÁMETROS MORFOFISIOLÓGICOS; FERTILIZACIÓN MINERAL.

ABSTRACT

Among the four main crops in the world, maize is one of the most important. Regarding the cultivation of corn, it requires high fertilization since it has a great capacity to absorb nutrients, so the demand for nitrogen is high, in addition to others such as phosphorus and sulfur to obtain a good production, which is why the objective of the work is to determine the most effective dose of ammonium nitrate in the cultivation of corn in the La Ceiba farm, belonging to the CCS Niceto Pérez in the municipality of Cabaiguán, province of Sancti Spíritus. A randomized block design was used with five treatments (50, 100, 150 and 200 kg/ha and control), and three replicates, on a Brown Sialitic soil without Carbonate, located in plots of 68 m². The morphoagronomic parameters (plant height, number of leaves, number of rows of grains per ear, number of grains per ear and mass of 100 grains) and yield were determined for the five treatments. Of the doses used, the dose of 150 kg/ha was the one that showed the highest values in the different morphoagronomic parameters evaluated, with an increase of 2.41; 3.44; 4.59 and 5.15 t/ha to the 200, 100, 50 kg/ha and control treatments, respectively.

Keywords: CORN; MORPHOPHYSIOLOGICAL PARAMETERS; MINERAL FERTILIZATION.

INTRODUCCION

El maíz (*Zea mays* L.) es la forma domesticada de la gramínea silvestre mexicana conocida como teocintle (*Zea mexicana* L.). México y los países centroamericanos son considerados como centro de la diversidad de maíz con 59 razas (Cortez, 2008). El maíz y sus parientes silvestres, los teocintles, se clasifican dentro del género *Zea* perteneciente a la familia Poaceae. Con base en caracteres de la espiga o inflorescencia masculina, el género *Zea* se ha dividido en dos secciones (Iltis & Benz, 2000).

Es el cultivo que posee el mayor potencial de rendimiento genético entre los cereales y satisface las necesidades de alimentación de seres humanos y animales. Es cultivado ampliamente en todas las regiones climáticas tropicales, subtropicales y templadas de Asia, África, Europa y América del Norte y del Sur (Sahoo *et al.*, 2021).

El aumento de la demanda de alimentos debido al crecimiento acelerado de la población mundial, conlleva a que la producción sostenible de maíz sea una cuestión estratégica (El-Sobky y Abdo, 2020). Entre los cuatro cultivos principales en el mundo, el maíz es uno de los más importantes, con una producción mundial 2020/2021 de 1,194.80 millones de toneladas (USDA, 2021).

Según la ONE (2021), la producción en Cuba de este cereal en el año 2019 fue de 257 217 t, mientras en la provincia de Sancti Spíritus en el mismo año existió una producción de 20 888.2 t del cultivo en cuestión (ONEI, 2021).

Los cultivos de cereales tienen altos requerimientos de nitrógeno (N) y principalmente durante un corto período de la fase de crecimiento exponencial. Este elemento es crucial en la productividad del maíz, ya que aumenta la tasa fotosintética de las hojas y prolonga el período funcional de estas, lo que tiene un efecto positivo en el llenado y rendimiento del grano. Su uso intensivo provoca una baja eficiencia en la utilización de este mineral, ya que la eficiencia varía entre 33 y 50 %, debido entre otros factores a la fluctuación temporal y espacial de los nitratos en el perfil del suelo (Sosa *et al.*, 2019; Puntel *et al.*, 2019; Fornari *et al.*, 2020; Quan *et al.*, 2020).

Los suelos donde se cultiva el maíz, no tienen la capacidad para proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento eficiente de las plantas o no otorgarían el rendimiento adecuado, para ello se debe recurrir al empleo de fertilización. El maíz tiene gran capacidad de absorción de nutrientes y requiere de una alta fertilización, la demanda por nitrógeno es alta, además de otros como el fósforo y el azufre para obtener una buena producción (Melgar & Torres, 2012).

Las dosis y el momento de la aplicación de N son decisiones importantes para la producción de maíz. Una mayor sincronía entre la aplicación de fertilizantes nitrogenados y la absorción de N en el cultivo en cuestión podría permitir una reducción en la entrada total de fertilizantes nitrogenados mientras se mantiene o aumenta el rendimiento de este (Davies *et al.*, 2020; Brar y Vashist, 2020).

Según Martins *et al.* (2020), definir una dosis óptima y económica para la aplicación en etapas de mayor demanda por parte de la planta es un desafío y cada día se vuelve más importante. Por lo cual, es necesario mejorar las prácticas agrícolas con el fin de aumentar y mantener altos niveles de producción de una manera más sostenible (Di Salvo *et al.*, 2018).

Los rendimientos alcanzados en Cuba en los últimos tres años se encuentran alrededor de las 2,0–2,5 t/ha, en la provincia de Sancti Spíritus estos promedian las 1,5–2,0 t/ha, mientras que en el municipio de Cabaiguán los rendimientos en los últimos cinco años muestran valores alrededor de las 1,8–2,0 t/ha, que, aunque superiores a la media provincial están muy distante de los potenciales productivos del cultivo.

Las causas que han propiciado estos bajos rendimientos están la degradación de los suelos, sometidos a una agricultura intensiva durante más de 30 años y a la baja fertilización entre otras, que no supe las necesidades nutritivas de los cultivos, fundamentalmente el nitrógeno, elemento este que en las condiciones tropicales es muy deficitario por toda una dinámica del elemento en el suelo. En tal sentido los campesinos del municipio no conocen que dosis de nitrato sería la que favorecería un mayor rendimiento al cultivo. Atendiendo a esta situación se hace necesario el estudio de los fertilizantes nitrogenados y su influencia en el rendimiento del maíz, fundamentalmente determinar la dosis de nitrato que favorezca un mayor rendimiento. Por lo que el objetivo de esta investigación es evaluar el uso de dosis crecientes de nitrato de amonio en el comportamiento morfoagronómico y fisiológico del cultivo del maíz en el municipio de Cabaiguán.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en la finca La Ceiba, perteneciente a la CCS Niceto Pérez del municipio Cabaiguán, provincia de Sancti Spíritus. La situación geográfica del ecosistema en estudio, corresponde con el cinturón climático tropical, al igual que todo el archipiélago y pertenece a la sub-región climática Caribe-Occidental, con vientos estacionales en calma e influencia de la continentalidad.

El experimento se realizó en los meses de mayo-agosto de 2020; sobre un suelo Pardo Sialítico sin Carbonatos (Hernández-Jiménez *et al.*, 2019). La preparación del suelo se realizó según las normas del instructivo técnico del maíz: roturación, mullido, cruce, mullido y surcado; todo con tracción animal excepto la rotura que se realizó de forma mecanizada. En la siembra se realizó una fertilización con fórmula completa (9-13-17). A los 25 días después de la germinación (ddg), se realizó un aporque entre surco, con tracción animal y una segunda aplicación con Nitrato de Amonio (34 % de N) coincidiendo con la fase V6. Previo a la siembra se realizó un

análisis de suelo para determinar la concentración de nitrógeno por el método de Johan Kjeldahl.

Los mismos dieron como resultado que el suelo objeto de estudio presenta muy baja concentración de nitrógeno dado por los siguientes datos:

$\text{gNH}_4\text{-N}$ es de 0,097225. Concentración de Materia Orgánica del suelo en estudio es de 3,7 %. En el montaje del experimento se empleó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y tres réplicas (Tabla 1), ubicándose en parcelas de 68 m^2 . El cultivar utilizado fue el “criollo”; con una distancia de siembra de $0.90 \text{ m} \times 0.30 \text{ m}$ y un porcentaje de germinación de un 96 %. Los tratamientos utilizados fueron nitrato de amonio (50, 100, 150 y 200 kg/ha) y un testigo.

Tabla 1. Diseño experimental en Bloques al Azar

C3	E3	D3	A3	B3
E2	D2	B2	C2	A2
A1	B1	C1	D1	E1

(Fuente: elaboración personal)

A: 50 kg/ha de Nitrato de Amonio

B: 100 kg/ha de Nitrato de Amonio

C: 150 kg/ha de Nitrato de Amonio

D: 200 kg/ha de Nitrato de Amonio

E: Testigo

Variables evaluadas

Para la determinación de las variables se utilizó el criterio a partir de experimentaciones realizadas por (Solano, 2012).

- Altura de la planta (cm)
- Número de hileras de granos por mazorcas
- Número de granos por hileras
- Número de granos por mazorca
- Masa de 100 granos
- Rendimiento agrícola
- La altura de la planta se midió con la ayuda de una cinta métrica desde el cuello donde inicia la raíz hasta el nudo de la última hoja desplegada a los 30 y 45 ddg, 15 plantas por parcelas para un total de 45 plantas por tratamiento.

- Se contó el número de hileras por mazorca por conteo físico, 15 mazorcas por parcela para un total de 45 mazorcas por tratamiento en el momento de la cosecha.
- El producto de números de hileras por mazorca por el número de granos por hilera, generó el número total de granos por mazorca.
- Para determinar la masa de 100 granos se utilizó una balanza digital de precisión Sartorius BS22025 (d= 0.01g).

Estadística

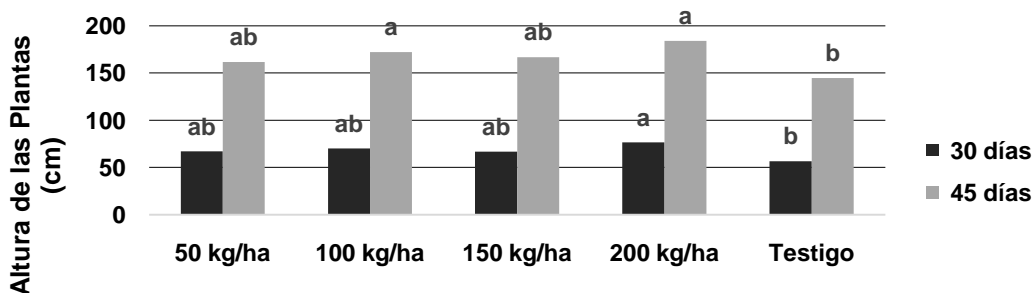
Se realizó un análisis de ANOVA de clasificación simple a las variables determinadas y las medias se compararon por la prueba de rango múltiple de Tukey para $p \leq 0,05$, previa comprobación de normalidad (Kolmogórov Smirnov) y homogeneidad (Levene) en el paquete estadístico SPSS versión 21 para window.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Efecto de los tratamientos en la altura de las plantas a los 30 y 45 ddg

A los 30 ddg no existieron diferencias estadísticas entre las cuatro dosis de nitrato de amonio utilizadas, ni entre las dosis 50; 100 y 150 kg/ha con el testigo; mientras que la dosis de 200 kg/ha sí difirió del testigo siendo este el tratamiento con menor altura (Gráfico 1). Por su parte a los 45 ddg mantuvo un comportamiento similar, no existiendo diferencias tampoco entre las dosis 50 y 150 kg/ha con el testigo, pero sí el de 100 y 200 kg/ha con el testigo.

Los resultados obtenidos en esta investigación difieren a los declarados por Vélez *et al.*, (2007) al superarlo en 30 cm la altura de las plantas. Estos autores utilizaron no solo el nitrato de amonio, sino que también evaluaron la asociación con frijol, lo que pudo ser la causa de la variación.



CV (%) 11,88 CV (%) 9,39

Gráfico 1. Altura de las plantas a los 30 y 45 ddg.

Bueno *et al.* (2020), obtuvieron valores superiores en un 10 % al testigo al evaluar la altura de las plantas de maíz, con la aplicación de nitrógeno amoniacal en dos etapas, mientras que en el presente experimento se supera en 35 % al testigo con la dosis de 200 Kg a los 45 ddg.

Efecto de los tratamientos en las variables agronómicas

Número de hileras por mazorcas.

En la (Tabla 2) se puede observar como el número de hileras por mazorcas estuvo favorecido por la dosis de 100 kg/ha, alcanzando el mayor valor numérico sin diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos de fertilización nitrogenada. El testigo fue el que obtuvo el menor valor sin diferencias con la dosis de 50,100 y 200 kg/ha. Estos resultados difieren a los reportados por Bueno *et al.* (2020), donde el uso de fertilizantes nitrogenados no influyó en los valores del número de hileras por mazorca.

Número de granos por hileras.

Un comportamiento similar mostró el número de granos por hileras donde el tratamiento de 150 kg/ha fue el de mejor valor sin diferencias con las dosis de 50 y 200 kg/ha. Por su parte los tratamientos de 100 kg/ha y el testigo fueron los de menor granos (Tabla 2). Resultados estos muy superiores a los obtenidos por Cervantes *et al.*, (2013), los cuales en el número de granos por hilera reportan 17,80 mientras que en la presente investigación se obtiene 46,66 ambas con la dosis de 150 kg ha. Por su parte Martins *et al.* (2020), informaron que no obtuvieron diferencia significativa en el número de granos por hileras entre los tratamientos con la aplicación de fertilizante nitrogenado.

Granos totales por mazorcas

Los granos totales por mazorcas al igual que las variables anteriores el tratamiento con mejor valor numérico lo alcanzó el de 150 kg/ha sin diferencias con el de 200 kg/ha, seguido en segundo orden por las dosis de 100 y 50 kg/ha y testigo respectivamente (Tabla 2). Marcillo *et al.* (2017), al estudiar varios tipos de fertilizantes obtuvieron que los tratamientos donde se utilizaban fertilizantes que contenía nitrógeno aumentaba la producción del grano.

Masa de 100 granos

La masa de 100 granos con un 14 % de humedad mostró que el tratamiento de 150 kg/ha fue el que alcanzó el mayor valor sin diferencias estadísticas con las dosis de

100 y 200 kg/ha (Tabla 2). Le siguen la dosis de 50 kg/ha y el testigo respectivamente. Este último presentó el menor valor numérico. Estos resultados son similares a los reportados por Martins *et al.* (2020), donde mostraron un incremento en la masa de 100 granos en todos los tratamientos con N en comparación con el control y difieren parcialmente con los obtenidos por Zamora-Re *et al.* (2020), quienes obtuvieron diferencia significativa en la masa de 100 granos con las dosis de 157 y 336 kg /ha de nitrógeno.

Tabla 2. Variables Agronómicas

Tratamientos	No de Hileras por Mazorcas	No de Granos Por Hilera	de Granos Totales por Mazorca	Masa de 100 Granos
50 kg/ha	14,00 ab	37,33 ab	522,66 c	35,92 bc
100 kg/ha	14,16 ab	39,33 bc	582,00 bc	37,52 ab
150 kg/ha	15,33 a	46,66 a	744,66 a	41,83 a
200 kg/ha	14,66 ab	45,66 ab	669,33 ab	36,81ab
Testigo	12,66 b	37,00 c	466,00 c	30,72 c
CV %	28,54	11,40	18,62	11,11
EE(x)±	0,40	1,21	28,75	1,04

Letras desiguales en las columnas para las medias difieren para $p \leq 0,05$ según prueba de rangos múltiples de Tukey.

(Fuente: elaboración personal)

Efecto de los tratamientos en el Rendimiento Agrícola.

Como se puede observar en la Figura 2 el rendimiento obtenido demuestra que la fertilización nitrogenada con Nitrato de Amonio a los 25 ddg incrementó los rendimientos en el cultivo del maíz. Se da a conocer que la dosis con mayor rendimiento fue la de 150 kg/ha, con diferencias significativas con los demás tratamientos. Le siguió en segundo orden la dosis de 200 kg/ha sin diferencias estadísticas con las dosis de 50 y 100 kg/ha, pero si con el testigo. El testigo por su parte fue el de menor valor numérico alcanzado.

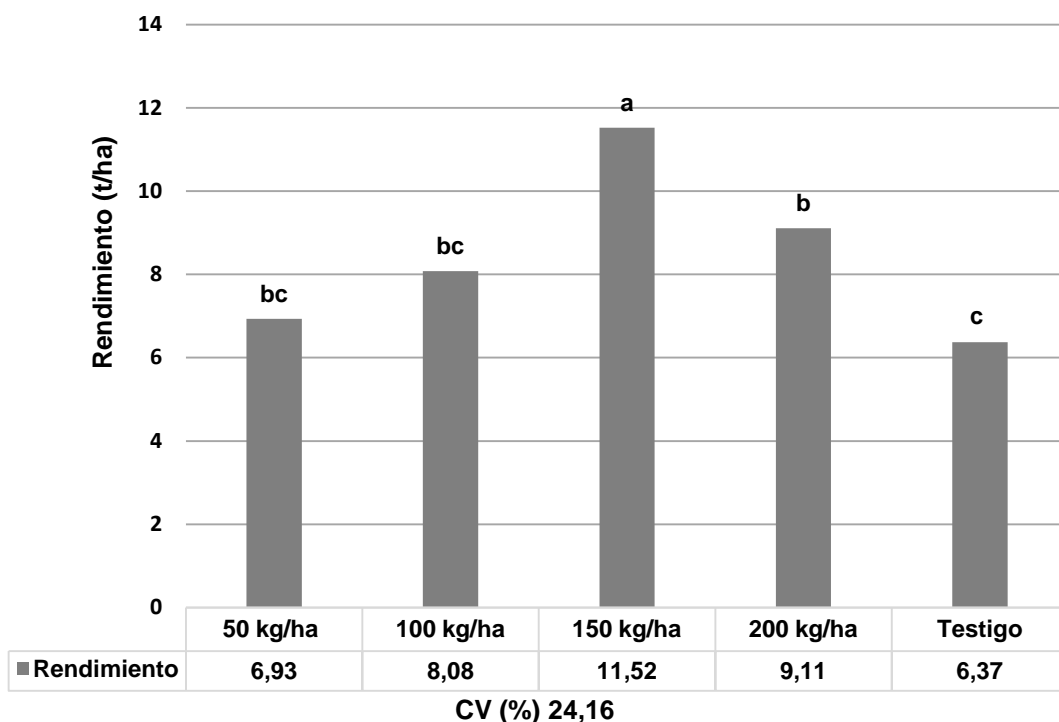


Gráfico 2. Rendimiento obtenido.

Sadeghi *et al.* (2018), informaron que el aumento de la frecuencia N de 0 a 150 kg/ha mejora el rendimiento del grano, pero un aumento a 225 kg/ha no implica un significativo aumento en el rendimiento del mismo.

De igual manera difieren a los obtenidos por Wang *et al.* (2019), donde los rendimientos fueron 13.0-14.4 % más altos con la aplicación de 165 kg/ha de fertilizante nitrogenado. Así mismo también difieren con los obtenidos por Zamora-Re *et al.* (2020), donde con dosis mayores a las utilizadas en esta investigación (247 kg/ha y 336 kg/ha) obtuvieron los mayores rendimientos.

CONCLUSIONES

De las dosis empleadas la dosis de 150 kg/ha fue la que mostró los valores más altos en los diferentes parámetros morfoagronómicos evaluados, con un incremento en 2,41; 3,44; 4,59 y 5,15 t/ha a los tratamientos 200,100, 50 kg/ha y testigo respectivamente.

BIBLIOGRAFIA.

Brar, H. S., & Vashist, K. K. (2020). Drip irrigation and nitrogen fertilization alter phenological development and yield of spring maize (*Zea mays* L.) under

- semi-arid conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 1–11. doi:10.1080/01904167.2020.1744648
- Bueno, D. D. S., Lima, S. F. D., Blanco, M., & Coradi, P. C. (2020). Management of nitrogen fertilization on agronomic and nutritional characteristics in second crop corn. *Biosci. j.(Online)*, 439-448.
- Cortez, M. (2008). *El maíz en México y en el mundo*. Instituto Nacional de Ecología. Dirección de Economía Ambiental.
- Davies, B., Coulter, J. A., & Pagliari, P. H. (2020). Timing and rate of nitrogen fertilization influence maize yield and nitrogen use efficiency. *Plos one*, 15(5), e0233674. doi: 10.1371/journal.pone.0233674
- Di Salvo, L. P., Cellucci, G. C., Carlino, M. E., & García de Salamone, I. E. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria inoculation and nitrogen fertilization increase maize (*Zea mays* L.) grain yield and modified rhizosphere microbial communities. *Applied Soil Ecology*, 126, 113–120. doi:10.1016/j.apsoil.2018.02.010
- El-Sobky, E.-S. E. A., & Abdo, A. I. (2020). Efficacy of using biochar, phosphorous and nitrogen fertilizers for improving maize yield and nitrogen use efficiencies under alkali clay soil. *Journal of Plant Nutrition*, 1–19. doi:10.1080/01904167.2020.1845369
- Fornari, A. J., Caires, E. F., Bini, A. R., Haliski, A., Tzaskos, L., & Joris, H. A. W. (2020). Nitrogen fertilization and potassium requirement for cereal crops under a continuous no-till system. *Pedosphere*, 30(6), 747–758. doi: 10.1016/s1002-0160(20)60035-2
- Hernández-Jiménez, Alberto, Pérez-Jiménez, Juan Miguel, Bosch-Infante, Dalmacio, & Speck, Nelson Castro. (2019). La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, 40(1), e15. Recuperado en 09 de septiembre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362019000100015&lng=es&tlng=es.
- Ittis, H., & Benz, B. (2000). *Zea nicaraguensis*(Poaceae), a new teosinte from Pacific Coastal Nicaragua. (10), 382-390.
- Marcillo, B. L., Pantoja, J. L., Basantes, E. R., & Montalvo, A. E. (2017). Respuesta del maíz, variedad INIAP 180, a la fertilización nitrogenada en Ambuela,

- Pichincha, Ecuador. Revista Alfa, 1(1), 14–27. doi: 10.33996/revistaalfa.v1i1.11
- Martins, R. N., Pinto, F. de A. de C., Moura, A. D. de, Siqueira, W. da C., & Villar, F. M. de M. (2020). Nitrogen variable rate fertilization in corn crop prescribed by optical sensor. *Journal of Plant Nutrition*, 1–8. doi:10.1080/01904167.2020.1729805
- Melgar, R., & Torres, M. (2012). Manejo de la Fertilización en Maíz. *Maíz*, 114-115.
- ONE (2021). Sector Agropecuario Sectores seleccionados. Extraído desde http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/agropecuario_-2020_0.pdf
- ONEI (2021). Anuario estadístico Sancti Spíritus. Extraído desde http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/anuario_est_provincial/aep_sancti_spiritus_2021-.pdf
- Puntel, L. A., Pagani, A., & Archontoulis, S. V. (2019). Development of a nitrogen recommendation tool for corn considering static and dynamic variables. *European Journal of Agronomy*, 105, 189-199. doi: 10.1016/j.eja.2019.01.003
- Quan, Z., Li, S., Zhang, X., Zhu, F., Li, P., Sheng, R.,... Fang, Y. (2020). La eficiencia y el destino del uso de nitrógeno en fertilizantes en los sistemas de cultivo de maíz en China: estudios de trazadores de campo ¹⁵N. *Investigación del suelo y la labranza*, 197, 104498. doi: 10.1016/j.still.2019.104498
- Sadeghi, S. M., Noorhosseini, S. A., & Damalas, C. A. (2018). Environmental sustainability of corn (*Zea mays* L.) production on the basis of nitrogen fertilizer application: The case of Lahijan, Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 95, 48–55. doi:10.1016/j.rser.2018.07.005
- Sahoo, S., Adhikari, S., Joshi, A., & Singh, N. K. (2021). Use of Wild Progenitor Teosinte in Maize (*Zea mays* subsp. *mays*) Improvement: Present Status and Future Prospects. *Tropical Plant Biology*, 14(2), 156–179. doi:10.1007/s12042-021-09288-1
- Sosa, B., García, Y., & Sosa, G. (2019). Activity of nitrifying bacteria and productivity of crops under the use of green manure. *Revista De Ciencias Agrícolas*, 36(2), 74-86. doi: 10.22267/rcia.193602.119
- USDA (2021) World Agricultural Production. <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/5q47rn72z/z603rw92p/x633fz20k/production.pdf>

Vélez Vargas, L. D., Clavijo Porras, J., & Ligarreto Moreno, G. A. (2007). Análisis ecofisiológico del cultivo asociado maíz (*Zea mays* L.) - frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 60(2), 3965-3984.

Wang, Y., Wang, L., & Zhu, P. (2019). Straw Return with Reduced Nitrogen Fertilizer Maintained Maize High Yield in Northeast China. *Agronomy*, 9(5), 229. doi:10.3390/agronomy9050229.

Recibido: 16 de febrero del 2021

Aprobado: 16 de mayo del 2022