



Aplicación de nitrógeno en el cultivo de maíz endiferentes estadios fenológicos

Nitrogen application in the corn crop in different phenological stages

Aplicação de nitrogênio na cultura de milho em diferentes estágios fenológicos

ARTÍCULO ORIGINAL



Wilfrido Daniel Lugo Pereira
wdlugo.26@hotmail.com

Derlys Fernando López Ávalos
derlysfernando@hotmail.com

Laura Rocio Florencio González
lauraflorencio25@gamil.com

Eulalio Morel López
lopezeulalio@hotmail.com

Raúl Sánchez Jara
sanchezraul1984@hotmail.com

Carlos Alberto Mongelos Barrios
carlos526mongelos@hotmail.com

Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias. Concepción, Paraguay

Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.213>

Artículo recibido el 10 de noviembre 2022 / Arbitrado el 19 de diciembre 2022 / Publicado el 19 de abril 2023

RESUMEN

El cultivo del maíz tiene mucha importancia en Paraguay, siendo principal rubro de los productores de la zona, por esta razón es necesario la aplicación de fertilizante nitrogenado para incrementar la producción, además la importancia del momento de la aplicación. El objetivo del trabajo fue evaluar la aplicación de nitrógeno en diferentes estadios fenológicos en el cultivo de maíz. El experimento se realizó en Santa Elena, Distrito de Belén, Departamento de Concepción, Paraguay. El experimento realizado se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con esquema factorial (4 x 4), donde el factor A correspondió a dosis de nitrógeno (0, 35, 70 y 105 kg ha⁻¹) y factor B momento de aplicación en estados fenológicos (V1, V3, V6 y V9), con tres repeticiones. Los datos obtenidos fueron evaluados estadísticamente por el Test F y las medias fueron comparadas por el test de Tukey al 5 %, además se realizó el análisis de regresión. Las determinaciones evaluadas fueron la altura de planta, altura de inserción de la mazorca, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca y el rendimiento de granos del maíz. El resultado de análisis en la altura de planta y altura de inserción de mazorca mostró significancia en la dosis de nitrógeno, las otras determinaciones se observaron interacciones entre los factores y se ajustaron a una ecuación cuadrática. La combinación de las dosis de N con diferentes estados fenológicos aumenta de manera significativa el rendimiento del maíz.

Palabras clave: Maíz; Nitrógeno; Rendimiento

ABSTRACT

The cultivation of corn is very important in Paraguay, being the main item of producers in the area, for this reason it is necessary to apply nitrogen fertilizer to increase production, as well as the importance of the moment of application. The objective of the work was to evaluate the application of nitrogen in different phenological stages in the corn crop. The experiment was carried out in Santa Elena, District of Belén, Department of Concepción, Paraguay. The experiment carried out used a randomized complete block design (DBCA), with a factorial scheme (4 x 4), where factor A corresponded to nitrogen doses (0, 35, 70 and 105 kg ha⁻¹) and factor B moment of application in phenological stages (V1, V3, V6 and V9), with three repetitions. The data obtained were statistically evaluated by the F Test and the means were compared by the Tukey test at 5%, in addition the regression analysis was performed. The evaluated determinations were plant height, ear insertion height, ear length, ear diameter and corn grain yield. The result of the analysis in plant height and ear insertion height showed significance in the nitrogen dose, the other determinations were observed interactions between the factors and were adjusted to a quadratic equation. The combination of N doses with different phenological stages significantly increases maize yield.

Key words: Corn; Nitrogen; Yield

RESUMO

O cultivo do milho é muito importante no Paraguai, sendo o principal item dos produtores da região, por isso é necessário aplicar adubação nitrogenada para aumentar a produção, bem como a importância do momento da aplicação. O objetivo do trabalho foi avaliar a aplicação de nitrogênio em diferentes estágios fenológicos na cultura do milho. O experimento foi realizado em Santa Elena, Distrito de Belén, Departamento de Concepción, Paraguai. O experimento utilizado foi o delineamento em blocos ao acaso (DBCA), em esquema fatorial (4x4), onde o fator A correspondeu às doses de nitrogênio (0, 35, 70 e 105 kg ha⁻¹) e o fator B, momento de aplicação em estágios fenológicos (V1, V3, V6 e V9), com três repetições. Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente pelo Teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%, além disso foi realizada a análise de regressão. As determinações avaliadas foram altura de planta, altura de inserção de espiga, comprimento de espiga, diâmetro de espiga e rendimento de grãos de milho. O resultado da análise em altura de planta e altura de inserção da espiga mostrou significância na dose de nitrogênio, nas demais determinações foram observadas interações entre os fatores e foram ajustadas a uma equação quadrática. A combinação de doses de N com diferentes estágios fenológicos aumenta significativamente a produtividade do milho

Palavras-chave: Milho; Nitrogênio; Produtividade

INTRODUCCIÓN

El maíz es una gramínea anual de crecimiento rápido, que presenta una gran capacidad productiva y adaptativa a diversas condiciones de clima y suelo en todo el mundo y constituye, después del trigo y el arroz, el cultivo más importante del mundo en la alimentación humana y animal (1).

El maíz (*Zea mays* L.) es el principal cereal cultivado en el Paraguay. En la campaña 2020, alrededor de 850.000 hectáreas fueron sembrados con este cultivo obteniendo un rendimiento promedio de 5.294 kg ha⁻¹. El 2020 concluyó con una exportación de 3.079.880 toneladas, en el mismo hubo un importante aumento en comparación a las 1.672.212 toneladas registradas en el 2019 (2).

El maíz es un cultivo trascendental porque se utiliza ampliamente para la elaboración de alimentos balanceados en la industria avícola, bovina, porcina y para alimentación humana; así mismo, también es fuente de empleo permanente para muchos pequeños productores (3,4).

Entre los elementos esenciales para el cultivo de maíz es el nitrógeno (N), es importante que las plantas en desarrollo tengan un suministro suficiente de dicho, ya que dependerá de éste el rendimiento que se obtenga, y es importante que la planta no tolere de escasez o excesos del mismo (5).

El momento de la aplicación de los fertilizantes tiene efectos significativos en la liberación del N por parte del cultivo

(6). Debido a un momento inapropiado en la fertilización, el 50% del nitrógeno no es aprovechado por el cultivo (7,8). Por tanto, el estudio tiene la finalidad de evaluar la aplicación de nitrógeno en diferentes estados fenológicos en el cultivo de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Distrito de Belén, Departamento de Concepción, Paraguay, circunscrita en las coordenadas a 23°22'18" Sur 57°16'21" Oeste, con una elevación de 160 msnm (9).

La precipitación media anual es de 1.400 mm, según datos proveídos por la Dirección de Meteorología e Hidrología de la Dirección Nacional de Aeronáutica Civil (10). El suelo de la región posee las siguientes características, taxonómicamente pertenece al Orden Alfisol de textura franco arcillosa con panorama en forma de lomada de origen arenisca, con un relieve plano de 0 a 3% de pendiente y una altura aproximada de 200 msnm, con drenaje bueno y de rocosidad nula (11).

En el área experimental, antes de la implantación del experimento, fue obtenida una muestra de suelo, la cual fue remitida a un Laboratorio de Suelos, las características químicas y física, en entre los 0 a 20 cm de profundidad señalan: P (Mehlich⁻¹): 12 mg kg⁻¹; M.O.: 1,00 %; pH (H₂O): 5,90; K: 65 mg kg⁻¹; Ca + Mg: 1,2 cmol kg⁻¹, correspondiendo a la clase textural Franco arcillo.

El experimento realizado tuvo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con esquema factorial (4x4), donde el factor A correspondió a dosis de nitrógeno (0, 35, 70 y 105 kg ha⁻¹) y factor B momento de aplicación en estados fenológicos (V1, V3, V6 y V9), con tres repeticiones. Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 4 x 2.8 metros totalizando 11,2 m² por cada parcela.

La preparación del terreno fue con sistema convencional con una rastreada liviana. La siembra se realizó en forma manual con la utilización de una matraca, la semilla utilizada fue el híbrido DKB 390, con un distanciamiento de 3 plantas por metro lineal y 0.70 m entre hileras, totalizando con una densidad poblacional 43.000 pl ha⁻¹.

Fue aplicado fertilizante nitrogenado conforme a las dosis planteadas, como fuente se utilizó Urea, realizados en diferentes estadios fenológicos fueron V1: a los 9 días después de la siembra, es visible el cuello de la primera hoja (12); V3: Aproximadamente a los 8 días posteriores a la emergencia, la planta presenta 2 hojas y a los doce días 3 hojas; V6: En este estadio, son visibles algunos macollos, generalmente en nudos por debajo de la superficie del suelo; V9: comienza promediamente a los 32 días posteriores a la emergencia (13).

Durante todo el proceso del cultivo, se realizaron monitoreos constantes con el objetivo de prevenir el ataque de plagas, los cuales una vez detectados fueron controlados con la aplicación de productos fitosanitarios,

como Cypermetrina a base de 200 ml/ha, específicamente para las orugas cogollero y acefato para las orugas de las hojas e insectos chupadores con dosis de 500 g ha⁻¹, siendo la primera aplicación a los 30 días después de la emergencia y posteriormente cada 15 días hasta llegar a la floración del cultivo con la ayuda de una mochila pulverizadora. En el caso de las malezas, el control del mismo fue realizado con el uso de herbicida no selectivo Glifosato 3 l ha⁻¹.

La cosecha o recolección de las mazorcas se realizó a los 120 días después de la emergencia aproximadamente, se utilizó una parcela útil que consistió en 2 hileras centrales de 0.70 m de largo (0.70 x 3) totalizando un área de evaluación de 2.1 m². Seguidamente se dejaron 24 horas bajo el sol para su posterior trillado manualmente para obtener los granos del maíz para el rendimiento final.

Las determinaciones evaluadas fueron: **Altura de la planta** se evaluó a los 120 días después de la siembra, para esto se requirió una cinta métrica, la medición se efectuó en centímetros desde el cuello de la raíz hasta el ápice del tallo, se tomaron 5 plantas al azar en cada parcela. **Altura de inserción de la mazorca** esta determinación se registró en centímetros, con la ayuda de una cinta métrica, en 5 plantas tomadas al azar en cada tratamiento y la medición se realizó desde el cuello de la planta hasta el punto de inserción de la mazorca. Esta medida se tomó un día antes de la cosecha en metros/pl. **Longitud y Diámetro de las mazorcas** se midieron 5 mazorcas de las plantas elegidas al

azar de cada unidad experimental, para ello las mazorcas fueron retiradas de la planta durante la cosecha y separadas en bolsas, posteriormente para despajar y proceder a la medición de longitud y diámetro ayudados por un paquímetro, expresadas en cm. **Rendimiento** después de realizada la cosecha de forma manual y desgranado se pesó con balanza de precisión los granos de cada tratamiento y sus respectivas repeticiones indicadas en gramos por parcela y de acuerdo a la dimensión de la parcela útil se convirtió a kg ha⁻¹.

Los datos obtenidos en el estudio fueron evaluados estadísticamente, que para el efecto se recurrió al análisis de varianza (ANAVA), para verificar si existieron o no diferencia significativa entre los tratamientos y las medias que presentaron diferencia significativa fueron comparadas entre sí con el test de Tukey al 1 y 5% de probabilidad para categorizar los tratamientos en estudio, además se realizó el análisis de regresión.

Tabla 1. Comparación de medias del efecto de los estadios fenológicos sobre la altura del maíz y altura de inserción de la mazorca. Paraguay, 2022.

Tratamientos	Descripción	Altura de plantas (m)	Altura de inserción de mazorca (m)
		(NS)	(NS)
Estados fenológicos	V3	1,78	1,33
	V6	1,78	1,33
	V9	1,76	1,31
	V1	1,75	1,30
Fc (A) :		1,45NS	1,45NS
Fc (B) :		27,40**	27,40**
Fc (AxB) :		0,56NS	0,56NS
C.V :		2,7%	3,62%

(NS) no significativo por el Test de F al 5 %.

RESULTADOS

Altura de la planta y altura de inserción de la mazorca

Los valores medios observados para las determinaciones de altura de planta y altura de inserción de mazorca (Tabla 1) no fueron afectados significativamente por el test de Fisher para los estadios fenológicos, pero fueron obtenidas diferencias significativas para las dosis de nitrógeno y en la interacción entre los factores no se obtuvieron diferencias estadísticas.

Los coeficientes de variación experimentales presentaron valores dentro del rango aceptable para este tipo de estudios, lo que indica una buena precisión experimental y confiabilidad en las estimaciones (14,15).

Para ambas determinaciones estudiadas en este punto, la aplicación del N en los diferentes estadios fenológicos no tuvo efecto significativo a nivel estadístico, sin embargo, se nota que agronómicamente marca una mejor tendencia con los estados V3 y V6 para las dos determinaciones con 1,78 m de altura de plantas y 1,33 m de altura de inserción de la mazorca respectivamente.

Valores inferiores fueron encontrados por Ferraris y Cquretot (16) en una investigación sobre respuesta del maíz a la fertilización complementaria por vía foliar, campaña 2006/07. Donde en la determinación de altura de inserción de mazorca no presentaron diferencia estadística con una altura mayor de 1,05m, en este trabajo se obtuvo valores

mayores, que puede a ver influido la aplicación del N en diferentes dosis.

Como se nota en la Figura 1 los resultados obtenidos en el experimento, entre las dosis utilizadas se encontró diferencias altamente significativas a nivel estadísticos para las determinaciones de altura de plantas y altura de inserción de la mazorca.

En la Figura 1 se observa los resultados de altura de plantas, en ella se observa que la dosis de 70 kg ha⁻¹ de N consiguió la mayor altura con 1,82 m y el menor valor con la dosis 105 kg ha⁻¹ de N con 1,48 m, teniendo como resultado entre ambos resultados un aumento de 0,34 m de altura, es decir que las dosis utilizadas incrementaron la altura de las plantas.

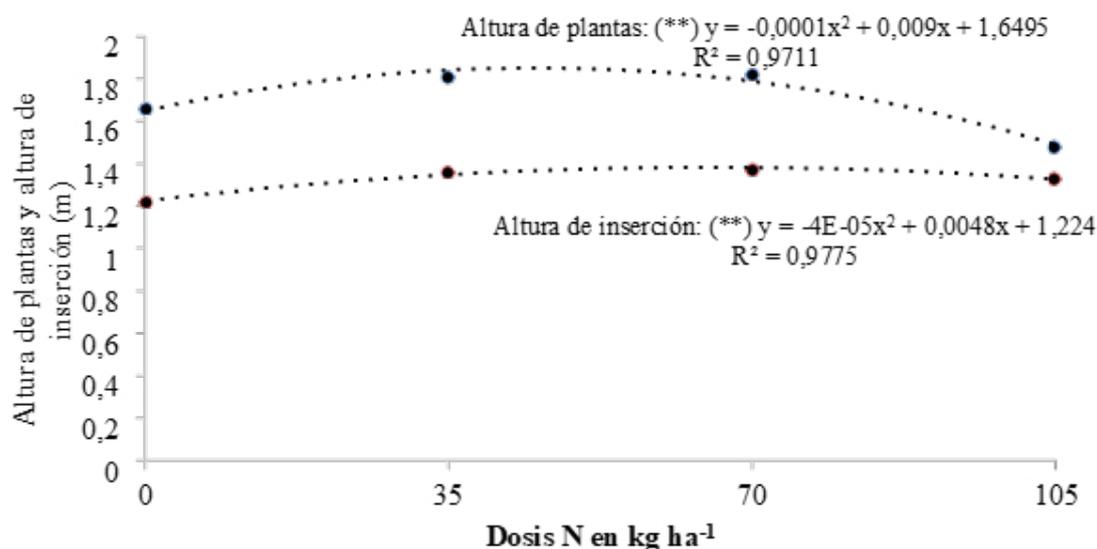


Figura 1. Curva de respuesta ajustada para la altura de planta y altura de inserción de la mazorca del maíz.

Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con (17) quienes obtuvieron aumento de altura de planta de maíz con la aplicación de hasta 240 kg ha^{-1} de N, sin embargo, en este experimento se logró con menor dosis.

Para la altura de inserción de la mazorca se obtuvo diferencias significativas (Figura 1), se constata una ecuación cuadrática, donde la dosis de 70 kg ha^{-1} de N logró la mayor altura con 1,37 m y el menor valor con la dosis 0 con 1,22 m, teniendo como resultado entre ambos resultados un aumento de 0,15 m respectivamente.

Es evidente que la fertilización nitrogenada tuvo un efecto importante en el aumento de la altura de las plantas lo que se relaciona directamente con una mayor productividad del cultivo, puesto que con la fertilización nitrogenada es posible aumentar la fracción de N de la planta que pasa al grano (18).

Las dosis de N influyen significativamente en el rendimiento fisiológico de la planta de maíz, ya que las plantas bien nutridas presentan un mejor desarrollo del sistema de brotes y raíces, proporcionando mayor división y expansión celular, aumentando el proceso fotosintético, lo que puede causar un aumento en altura de la planta y, en consecuencia, favoreciendo una mayor altura de inserción de mazorca Varvel et al. (19) el cual en este trabajo se puede evidenciar lo que menciona los autores.

Según Oliveira et al. (20) evaluando el efecto de cuatro dosis de N en el cultivo de maíz, se observó un incremento lineal en el crecimiento de la altura de la planta, en función del aporte de N, sin embargo, en esta investigación se observa una ecuación cuadrática, a medida fueron aumentando las dosis decrece los resultados de altura.

De acuerdo a Gazola et al. (21) al estudiar los efectos de la aplicación de nitrógeno en diferentes dosis de N en maíz observaron un efecto creciente para altura de inserción de la mazorca con el aumento de N aplicado en cobertura, así también ocurrió en este trabajo con las dosis utilizadas en el experimento que fueron menores a los autores citados, sin embargo, el efecto fue positivo sobre la altura de inserción de la mazorca.

Longitud de la mazorca

El análisis de varianza respecto a la longitud de la mazorca de maíz se obtuvieron diferencias significativas por el test F tanto para el factor A y B, del mismo modo se registraron interacciones significativas a nivel estadísticos en los factores estudiados.

En la Figura 2 se muestran que los resultados de la longitud de la mazorca del Factor A dentro del factor B, en donde se obtuvo los mejores resultados con el estado fenológico V6 y la dosis de 70 kg ha^{-1} de N con 22,33 cm, superior a los demás tratamientos.

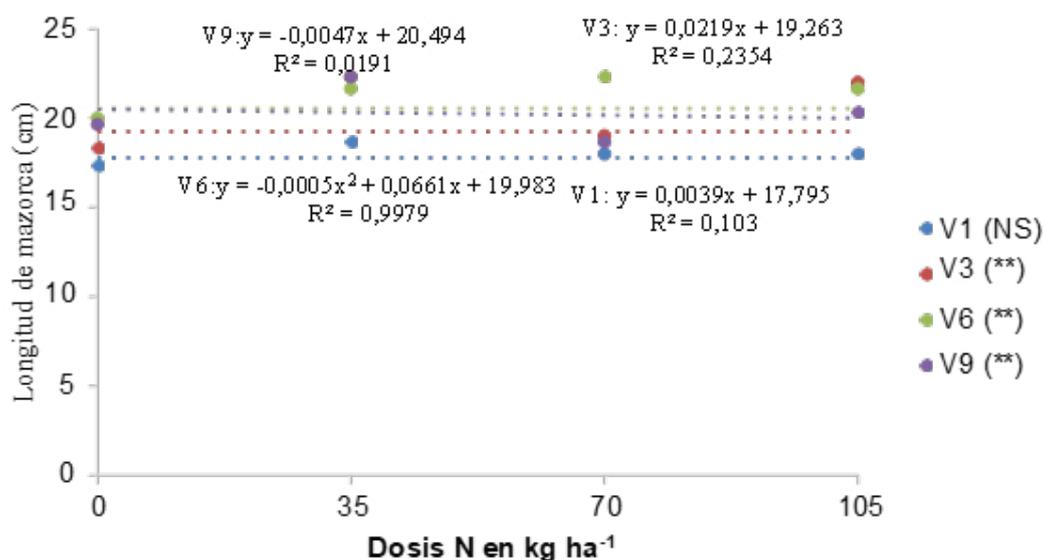


Figura 2. Curva de respuesta ajustada para la longitud de la mazorca del maíz del factor A dentro del factor B.

El coeficiente de variación experimental de 3,13% presenta valor dentro del rango aceptable para este tipo de estudios.

En la Figura 2 se observa que para el estado fenológico V1 no se obtuvo diferencias estadísticas, mientras que los V3, V6 y V9 se obtuvieron diferencias altamente significativas, además se nota que el menor resultado se obtuvo moderadamente con el V1.

De acuerdo a Lourente et al. (22) encontraron un efecto significativo para la dosis de nitrógeno en longitud de mazorca, con un promedio de 18,12 cm, a una dosis de 200 kg ha⁻¹ de N, en este caso los resultados obtenidos fueron superiores a los autores citados, además utilizando menor dosis de N, que pudo haber influenciado diferentes factores como principalmente el lugar, el clima y la genética utilizada.

Por su parte, Martínez (23) en una evaluación de fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de maíz, no encontró

diferencias significativas entre las fuentes, pero si observó diferencias significativas entre las dosis de nitrógeno evaluadas, siendo la mejor dosis 120 kg ha⁻¹ de N, con una longitud de 18,3 cm, siendo inferior a lo que se consiguió en este trabajo con la dosis de 70 kg ha⁻¹ de N.

Las curvas de respuesta para la longitud de la mazorca de maíz del factor A dentro del factor B para el V6 se ajusta a la ecuación cuadrática con la aplicación del nitrógeno donde $y = -ax^2 + bx + c$, en donde “y” es la longitud cm y “x” es la dosis de N en kg ha⁻¹, y para el V1, V3 y V9 se obtuvo una ecuación lineal positiva.

En la Figura 3 se muestra que los resultados de la longitud de la mazorca del factor B dentro del factor A, en donde se obtuvo los mejores resultados con la dosis de 70 kg ha⁻¹ de N con 22,33 cm en el estado V3, superior a los demás tratamientos.

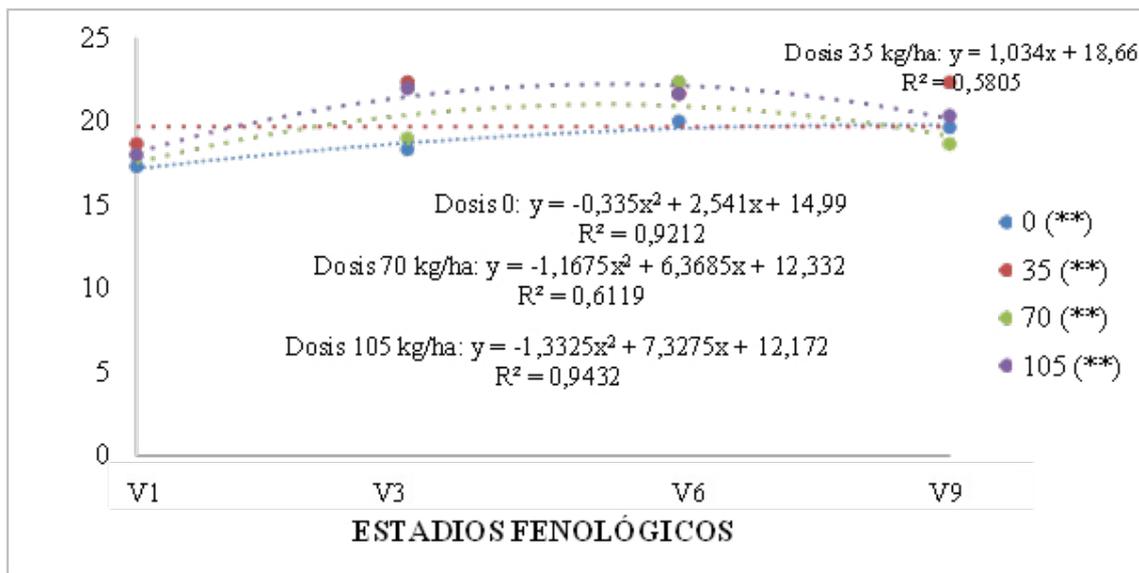


Figura 3. Curva de respuesta ajustada para la longitud de la mazorca del maíz del factor B dentro del factor A.

En la Figura 3 se observa que para las dosis aplicadas en este estudio se obtuvo diferencias altamente significativas, en donde la mejor dosis fue de 70 kg ha⁻¹ en el estadio fenológico V6 con 22,33 cm de la mazorca.

Por otra parte, Ciampitti (24) quien manifiesta que con la aplicación de nitrógeno pueden obtener respuestas variables debido a los diferentes niveles fertilización que para el caso en este trabajo se evidencia lo que mencionan los autores, siendo que las dosis utilizadas encontraron diferentes resultados principalmente con la dosis 0.

Para la longitud de la mazorca se nota que para el testigo se obtuvo el menor valor. Lo

cual coincide con Cruz (25), que menciona que la falta de algunos factores propios del suelo puede generar una variación en la absorción del nitrógeno y por lo tanto disminuye el desarrollo de ciertos órganos de la planta.

Diámetro de la mazorca

El análisis de varianza respecto al diámetro de la mazorca de maíz se obtuvieron diferencias altamente significativas a nivel estadísticos con el factor A y con el factor B, del mismo modo se registraron interacciones significativas a nivel estadísticos entre los dos factores estudiados.

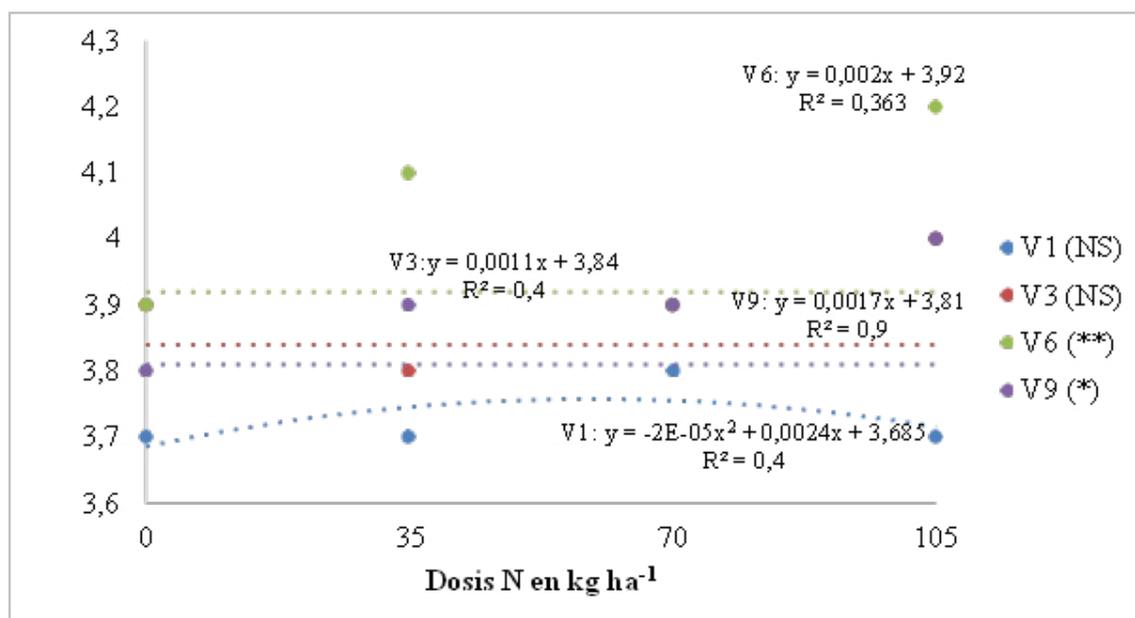


Figura 4. Curva de respuesta ajustada para el diámetro de la mazorca del maíz del factor A dentro del factor B.

En la Figura 4 se muestran que los resultados del diámetro de la mazorca del Factor A, dentro del factor B, en donde se obtuvo los mejores resultados con el estado fenológico V6 y la dosis de 70 kg ha⁻¹ de N con 4,2 cm, superior a los demás tratamientos en estudio.

El coeficiente de variación experimental de 2,29% presenta valor dentro del rango aceptable para este tipo de estudios.

En la Figura 4 se observa que para el estado fenológico V1 y V3 no se obtuvo diferencias estadísticas, mientras que los V6 y V9 obtuvieron diferencias significativas, el menor resultado se obtuvo con estado fenológico (V1).

Según Cunha et al., (26) no observaron diferencias significativas entre diferentes dosis para esta variable con media 4,9 cm de diámetro, a la vez superior a lo que se obtuvo en este trabajo de investigación.

Las curvas de respuesta para el diámetro de la mazorca de maíz del factor A dentro del factor B para el V3, V6 y V9 se ajusta a la ecuación lineal positiva con la aplicación del nitrógeno donde $y = -ax^2 + b$, en donde “y” es diámetro cm y “x” es la dosis de N en kg ha⁻¹, y para el V1 se obtuvo una ecuación polinomial cuadrática, que nos dice que a medida que se aumenta las dosis de N, este llega a un punto donde es en exceso para las plantas y decrece el diámetro de la mazorca.

En la Figura 5 se muestran que los resultados del diámetro de la mazorca del factor B dentro del factor A, en donde se obtuvo el mejor resultado con la dosis de 105 kg ha⁻¹ de N con 4,2 cm en el estado fenológico V6 siendo superior a los demás tratamientos.

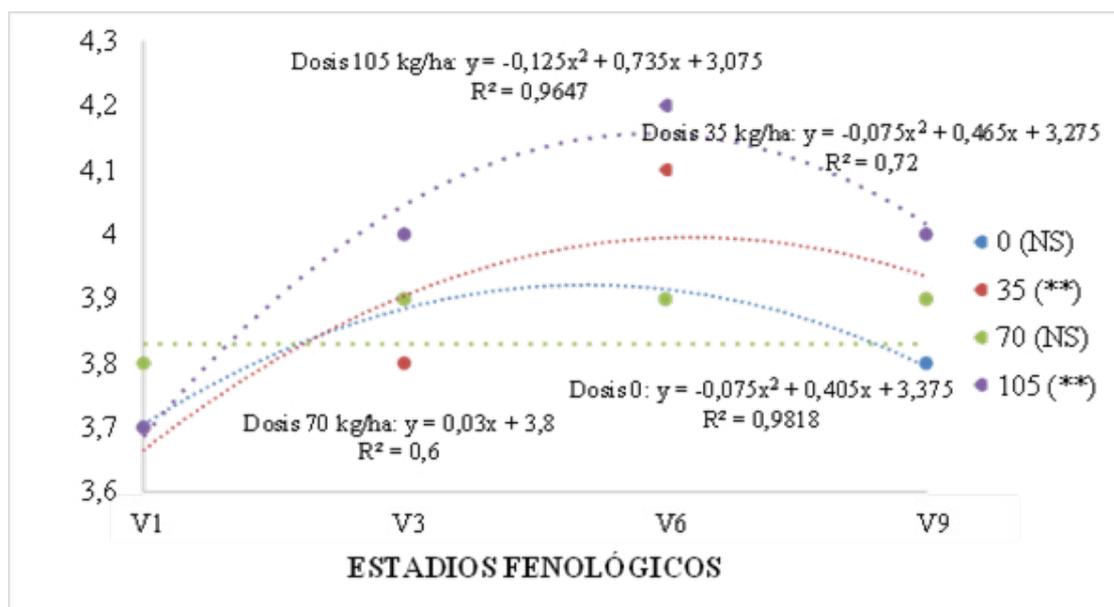


Figura 5. Curva de respuesta ajustada para el diámetro de la mazorca del maíz del factor B dentro del factor A.

En la misma Figura 5 se observa que para las dosis aplicadas en este estudio se obtuvo diferencias altamente significativas para las dosis de 35 y 105 kg ha⁻¹ de N y para las dosis 0 y 70 kg ha⁻¹ no se obtuvo diferencias estadísticas.

Según Goes et al. (27) utilizando dosis de 0, 20, 40, 60 y 80 kg ha⁻¹ de N, no obtuvo un efecto significativo de los tratamientos utilizados, observándose un promedio general de 4,3 cm de diámetro de la mazorca, siendo superior a lo que se logró en este trabajo.

De acuerdo a lo expresado por Raasch et al. (28) el diámetro de la mazorca fue afectado por distintas dosis de N, y coincide con lo observado en este trabajo donde los tratamientos afectaron de manera significativa el diámetro de la mazorca. Se observó que el aumento de la dosis de N acrecienta el diámetro de la mazorca, así también se obtuvo en este trabajo, las dosis aplicadas aumentaron el diámetro.

Las curvas de respuesta para el diámetro de la mazorca de maíz del factor B dentro del factor A para las dosis 0, 35 y 105 kg ha⁻¹ de N se ajusta a la ecuación cuadrática donde $y = -ax^2 + bx + c$, en donde "y" es diámetro cm y "x" es la dosis de N en kg ha⁻¹, y para la dosis de 70 kg ha⁻¹ obtuvo una ecuación lineal positiva.

Rendimiento

El análisis de varianza respecto al rendimiento de granos del maíz se obtuvieron diferencias altamente significativas a nivel estadísticos con el factor A y con el factor B, del mismo modo se registraron interacciones significativas a nivel estadísticos entre los dos factores estudiados.

En la Figura 6 se muestran que los resultados del rendimiento del maíz del Factor A dentro del factor B, en donde se obtuvo los mejores resultados con el estado fenológico V3 y la dosis de 35 kg ha⁻¹ de N con 3.344 kg ha⁻¹ de maíz, superior a los demás tratamientos en estudio.

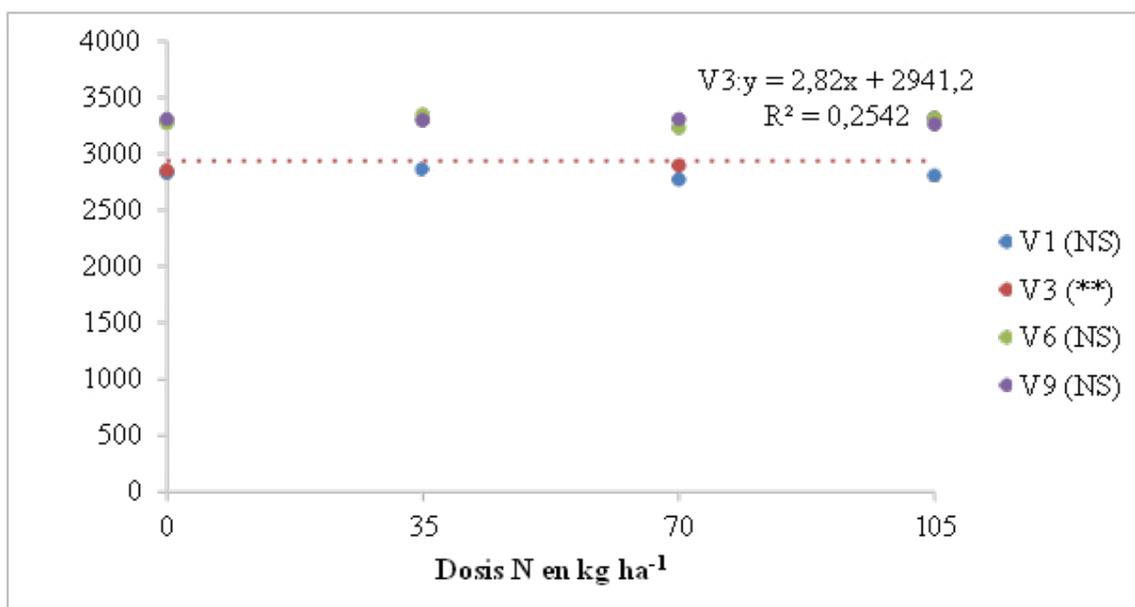


Figura 6. Curva de respuesta ajustada para el rendimiento de granos del maíz del factor dentro del factor B.

El coeficiente de variación experimental 2,36% presenta valor dentro del rango aceptable para este tipo de estudios.

En la Figura 6 se observa que para el estado fenológico V3 se obtuvo diferencias estadísticas, mientras que los V1, V6 y V9 no obtuvieron diferencias significativas, el menor resultado se obtuvo con estado fenológico (V1) con 2.270 kg ha⁻¹ de maíz respectivamente.

En el análisis de regresión efectuado se observa para el estado V3 únicamente encontró

ecuación que se ajuste al modelo matemático para la determinación del rendimiento, sin embargo, para el estado V1, V6 y V9 no se detectó efecto, en donde determina la relación del estado fenológico, el cual para el V3 se encontró una ecuación lineal positiva.

En la Figura 7 se observa que para las dosis aplicadas en este estudio se obtuvo diferencias altamente significativas para todas las dosis utilizadas, sin embargo, el mejor resultado se logró con 35 kg ha⁻¹.

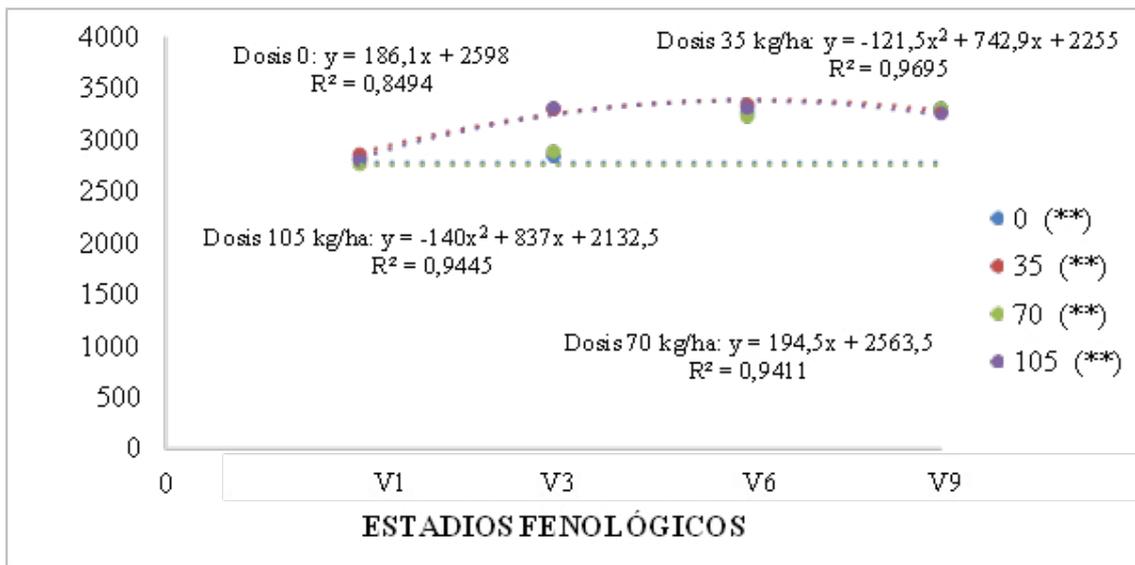


Figura 7. Curva de respuesta ajustada para el rendimiento de granos del maíz del factor B dentro del factor A.

DISCUSIÓN

De acuerdo a Barrios et al. (29) quienes determinaron que, al aumentar la dosis de fertilizante nitrogenado el cultivo tiende a incrementar sus rendimientos, mientras que con el testigo fue el que obtuvo menor valor, así también se comportó los resultados en este trabajo de investigación.

Según Lugo et al. (30) quienes evaluaron dosis crecientes de nitrógeno en el cultivo de maíz, el cual obtuvieron diferencias significativas, con las dosis de 70 y 105 kg ha⁻¹ de N son los que mejores resultados lograron 2.176 y 2.157 kg ha⁻¹ de maíz, similar dosis utilizada en este trabajo logró mejor resultado, en este caso superior en rendimiento a los autores mencionados llegando a 3.344 kg ha⁻¹ de maíz.

Según Fatecha (31) para las condiciones de la Región Oriental del Paraguay sugiere

una aplicación de 60 y 80 kg ha⁻¹ de N, respectivamente para suelos con materia orgánica menor a 1,2% y 1,3% en donde en este experimento se obtuvo mejor resultado con la dosis de 35 kg ha⁻¹ que se encuentra por debajo de las dosis que sugiere el autor, esto se debe por factor de épocas de siembra y precipitaciones.

Por otra parte, Torres et al. (32) no encontraron efectos significativos evaluando dosis y época de fertilización nitrogenada en el maíz, sin embargo, obtuvo rendimientos superiores a los obtenidos en este experimento, siendo el promedio general de 4.871 kg ha⁻¹.

Según Hurtado et al. (33) obtuvieron una productividad máxima estimada de 9.210 kg ha⁻¹, correspondiente a 242 kg de N ha⁻¹ en cobertura, valores que, si se comparan con los obtenidos en este trabajo, corresponden

a la aplicación de 137 kg de N de aumento por hectáreas, resultando, sin embargo, en un crecimiento de 5.866 kg ha⁻¹ de granos.

Las curvas de respuesta para el rendimiento de maíz del factor B dentro del factor A para las dosis 35, 70 y 105 kg ha⁻¹ de N se ajusta a la ecuación cuadrática donde $y = -ax^2 + bx + c$, en donde "y" es el rendimiento y "x" es la dosis de N en kg ha⁻¹, y para la dosis 0 se obtuvo una ecuación lineal positiva.

CONCLUSIONES

Basados en los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas para la altura de planta y altura de inserción de mazorca utilizando diferentes dosis de nitrógeno, sin embargo, en los estados fenológicos no provocaron efectos significativos. Se observó que las combinaciones de los factores presentaron efectos estadísticos para la longitud, diámetro de mazorca y rendimiento de granos de maíz.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

1. Ortigoza G. Guía Técnica cultivo de Maíz JICA/UNA. San Lorenzo: FCA/UNA. 2019. https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf
2. CAPECO Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas. Exportaciones del Maíz (en línea). 2020. <https://capeco.org.py/>
3. García H, Guerrero Padilla A, Cabrera C. Evapotranspiración y requerimientos de agua para la programación de riego de los cultivos *Saccharum officinarum* L. (Poaceae) "caña de azúcar", *Zeamays* L. (Poaceae) "maíz" y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) "espárrago" en el valle Chicama, Perú. *Arnaldoa*. 2019; 26(2): 793-814. <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26218>
4. Guzmán M, Díaz C, Ramis R, Figueroa-Ruiz R, Jiménez R. Estimación de la aptitud combinatoria y heterosis en híbridos no convencionales de maíz con alto contenido de proteína. *Bioagro*. 2017; 29(3):175-184. <http://ve.scielo.org/pdf/ba/v29n3/art03.pdf>
5. Brito M, Carrera L, Santillán L. Influencia de la Fertilización en la Calidad del Suelo de Cultivo de Maíz-Caso Loreto. *European Scientific Journal*. 2019; 15(9): 51-61. DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n9p51>
6. Golik S, Chidichimo H, Pérez D, Pane L. Acumulación, removilización, absorción postantesis y eficiencia de utilización de nitrógeno en trigo bajo diferentes labranzas y fertilizaciones. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 2003; 38(5):619- 626 <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000500010>
7. Baligar V, Fageria N, He Zi. Nutrient use efficiency in plants. *Comm. Soil Sci. Plant Anal*. 2001; 32(7-8):921-950. <https://doi.org/10.1081/CSS-100104098>
8. Tonitto C, David M, Drinkwater L. Replacing bare fallows with cover crops in fertilizer-intensive cropping systems: a meta-analysis of crop yield and N dynamics. *Agric. Ecosyst. Environ*. 2006; 112(1):58-72. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.07.003>
9. Google Earth, 2022. <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>
10. DINAC/DMH (Dirección Nacional de Aeronáutica Civil/Dirección de Meteorología e Hidrología) Boletín Climático Mensual. 2020. http://www.meteorologia.gov.py/adm/uploads/boletin_climatico_nuevo_logo.pdf

- 11.** López O, González P, Llamas A, Molinas E, Franco S, García E. Estudio de reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la región oriental del Paraguay. 1995. <http://www.geologiadelparaguay.com/Estudio-de-Reconocimiento-de-SuelosRegi%C3%B3n-Oriental-Paraguay.pdf>.
- 12.** CIMMYT. Ensayos Internacionales de Maíz. México. 2004. www.cimmytmaiz.org.mex_azt.com.
- 13.** Ritchie S, Hanway J, Benson G. How a corn plant develops. Spec Rep 48. Iowa State University Cooperative Extension Service, Ames Iowa. 1986.
- 14.** Fritsche-Neto R, Miranda G, Delima R, Souza L, Silva J. Herança de caracteres associados à eficiência de utilização do fósforo em milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira 2010; 45: 465-471. <https://n9.cl/1bozs>
- 15.** Majerowicz N, Pereira J, Medici L, Bison O, Pereira M, Santos U. Estudo da eficiência de uso do N em variedades locais e melhoradas de milho. Revista Brasileira Botânica. 2002; 25: 129-136. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000200002>
- 16.** Ferraris G, Cquret L. Respuesta del maíz a la fertilización complementaria por vía foliar. Campaña 2006/07. En: Experiencias en Fertilización y Protección del cultivo de Maíz. Año 2007. Proyecto Regional Agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas: 116-122. http://www.nuevosurco.com/docs/novedades/dzatrix_6f4209.pdf
- 17.** Glasenapp D, Ronsani R, Pavinato P, Biesek R, Kruger Da S Ce, Martinello C, Cappelleso B, Floriano Da Sm. Produção, valor nutricional e eficiências de recuperação e utilização do nitrogênio de silagens de milho sob diferentes doses de adubação nitrogenada Semina: Ciências Agrárias. 2013, 34 (3): 1353-1361. <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744121031.pdf>
- 18.** Ballesteros Rodríguez E, Morales Rosales E, Franco Mora O, Santoyo Cuevas E, Estrada Campuzano G, Gutiérrez Rodríguez F. Manejo de fertilización nitrogenada sobre los componentes del rendimiento de triticale. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 2015; 6(4): 724-733. <https://n9.cl/pup2w>
- 19.** Varvel G, Schpers J, Francis D. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. Soil Science Society of America Journal. 1997, 61: 1233 -1239. <https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100040032x>
- 20.** Oliveira F, Cavalcante L, Silva I, Pereira W, Oliveira J, Filho J. Crescimento do milho adubado com nitrogênio e fósforo em um Latossolo Amarelo. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, PE, 2009; (4)3: 238-244. <https://doi.org/10.5039/agraria.v4i3a1>
- 21.** Gazola D, Zucareli C, Silva R, Fonseca I. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2014; (18)7: 700-707. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000700005>
- 22.** Lourente E, Ontocelli R, Souza L, Gonçalves M, Marchetti M, Rodrigues E. Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. Acta Scientiarum Agronomy, Maringá. 2007; (29)1: 55-61. <https://www.redalyc.org/pdf/3030/303026572008.pdf>
- 23.** Martínez D. Evaluación de fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de maíz (*Zea mays*). Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Área de Suelos y Ordenamiento Territorial, San Lorenzo- PY. 49 p. 2014. <https://www.fca-unc.edu.py/wp-content/uploads/2021/05/Revista-Cient%C3%ADfica-V6.-Noviembre-2020.pdf#page=21>
- 24.** Ciampitti I, Boxler M, García F. Nutrición del maíz: Absorción de nutrientes. 2015. <https://n9.cl/sfuwy>
- 25.** Cruz Mendes M, Matchula E, Santos B, Rodrigues C, Silva C Ribas C. Adubação nitrogenada em cobertura associada com densidades populacionais de híbridos de milho em espaçamento reduzido. Revista Brasileira de Milho e Sorgo. 2013; 12(2): 92-101. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n2p92-101>

- 26.** Cunha F, Furtado N, De Campos F, De Carvalho J, De Freitas M, Batista M, Correa A, Souchie E. Efeito da **Azospirillum brasilense** na produtividade de milho no sudoeste goiano. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. 2014;13(3): 261-272 <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n3p261-272>
- 27.** Goes R, Rodrigues R, Arf O, Vilela Rg. Nitrogênio em cobertura para o milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto na safrinha. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. 2012; 11: 169-177. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v11n2p169-177>
- 28.** Raasch H, Schoninger R, Noetzold D, Costa J, Días S. Doses de nitrogênio em cobertura no milho de segunda safra em Nova Mutum – MT. *Revista cultivando o saber*. 2016. 9(4): 517-529 <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/743/663>
- 29.** Barrios M, García J, Basso C. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de nitrato y amonio en el suelo y la planta de maíz. *Bioagro*, 2012; 24(3): 213 - 220. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612012000300007&script=sci_arttext
- 30.** Lugo P, López A, Martínez L, Morel L, Da Silva M, Servin A, Sánchez R, Melgarejo M. Formas de aplicación y dosis de nitrógeno en la producción de maíz chipá de la variedad guaraní v253. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 2022; 6(1): p 4346. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1803
- 31.** Fatecha A. Guía para la fertilización de cultivos anuales e perennes de la Región Oriental del Paraguay. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Subsecretaría de Estado de Agricultura, Dirección de Investigación Agrícola. Caacupé (PY). 1999. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000400011
- 32.** Torres C, Leguizamón Ca, Causarano Hj, González Al. Dosis y época de fertilización nitrogenada en el maíz. III Congreso Nacional de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, PY. FCA-UNA. 2012. 308-310 p. <https://www.agr.una.py/descargas/publicaciones/IICNCA2014.pdf>
- 33.** Hurtado S, Resende Á, Silva C, Corazza E, Shiratsuchi L. Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada de cobertura em lavoura no cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 2009, 44(3): 300-309. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000300012>