



PRODUCCIÓN DE MAÍZ CRIOLLO CON FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y MOMENTOS DE APLICACIÓN

PRODUCTION OF TRADITIONAL MAIZE WITH NITROGEN FERTILIZATION AND APPLICATION TIMING

Hermes Vera Ortiz¹, Florencio David Valdez Ocampo^{1*}  y Eulalio Morel López¹

¹ Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción, Paraguay.

*Autor por correspondencia: david89agronomia@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del experimento fue la producción de maíz (*Zea mays* L.) criollo con la aplicación de nitrógeno en diferentes momentos de desarrollo. El experimento se realizó en la Escuela agrícola de Concepción, Departamento de Concepción, circunscrita en las coordenadas 23°24'06.8" Sur 57°07'41.8" Oeste, elevado a 160 msnm. El experimento realizado tuvo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en esquema factorial 2x4 (factor A: momento de aplicación y factor B: dosis de nitrógeno), con ocho tratamientos y tres repeticiones. Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 4 x 2,5 metros totalizando 10 m² por cada parcela. Los resultados mostraron diferencias significativas para la mayoría de las determinaciones realizadas en el experimento, no así en las interacciones de los tratamientos. El momento de aplicación del fertilizante nitrogenado influyó de manera positiva para las determinaciones realizadas.

Palabras clave: *Zea mays* L., nitrógeno, momento de aplicación.

ABSTRACT

The objective of the experiment was to evaluate the production of traditional maize (*Zea mays* L.) with the application of nitrogen at different stages of development. The experiment was carried out at the agricultural school of Concepción, Department of Concepción, at coordinates 23°24'06.8" South 57°07'41.8" West, at an elevation of 160 meters above sea level. The experiment was carried out with a randomized complete block design (RCBD) in a 2x4 factorial scheme (factor A: application timing and factor B: nitrogen dose), with eight treatments and three replications. Each experimental unit had a dimension of 4 x 2.5 meters, totaling 10 m² for each plot. The results showed significant differences for most of the determinations made in the experiment, but not in the treatment interactions. The application timing of the nitrogen fertilizer had a positive influence on the determinations made.

Keywords: *Zea mays* L., nitrogen, moment of application.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas en la actualidad es la erosión que los suelos y la baja fertilidad del mismo, causada por la extracción de nutrientes por parte de los cultivos en ciclos continuos de siembra, al no reponer los elementos extraídos, lo que hace pertinente la aplicación de fertilizantes, especialmente nitrógeno que es uno de los elementos que más consume el cultivo de maíz (Íñiguez, 2007).

La fertilización de manera general, es uno de los factores decisivos para lograr altos rendimientos, entre los macro elementos, el nitrógeno, es uno de los limitantes en los suelos de la región, por su baja presencia y disponibilidad, por tal razón es necesario un suministro adecuado de este fertilizante nitrogenado.

El nitrógeno en la planta es esencial para el crecimiento ya que forma parte de cada célula viva. La planta absorbe el nitrógeno en forma de iones amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-) y algo en forma de urea y aminoácidos solubles por el follaje; en casos de deficiencia las plantas se tornan de un color amarillento ya que se le dificulta la síntesis de clorofila (INPOFOS, 2002).

El nitrógeno (N) es uno de los principales nutrientes vegetales, favorece un crecimiento rápido de tallos y hojas, asegura el color verde oscuro y aumenta la producción. Aumenta el contenido proteico ya que forma parte de los aminoácidos y por ende de la estructura de las proteínas en los cultivos (16 a 18 %). Su deficiencia provoca un crecimiento lento y puede retardar la formación de granos y frutos (SAGARPA, s.f.).

El fertilizante más utilizado con esta fuente es la Urea al 46% y la dosis de este elemento va a depender de la interpretación del análisis de suelo. Cuando se trata de un cultivo en época lluviosa es conveniente fraccionar la dosis recomendada. Es así que el 50% de la fracción recomendada (primera dosis) se debe aplicar a los 10 - 15 días después de la siembra, Señala además que este fertilizante se aplica en bandas superficiales a un costado de la hilera de siembra y el 50% restante (segunda dosis) se aplica alrededor de los 30 días después de la siembra en bandas superficiales, siempre y cuando el suelo esté húmedo en la superficie (Villavicencio et al., 2008).

Por todo lo expuesto en este trabajo de investigación se decide realizar la aplicación de la urea como fuente de nitrógeno en dos momentos diferentes, el primero conjuntamente con la siembra y el otro momento pos-siembra

en cobertura, para buscar datos que puedan servir a los productores del departamento y de esa manera ayudar a mejorar de este rubro tan importante.

La hipótesis del trabajo consistió en que la aplicación de 90 kg ha^{-1} de nitrógeno aplicado en el momento de la siembra del maíz obtendrá mejores rendimientos comparados con los demás tratamientos.

Se tuvo como objetivo general evaluar la producción de maíz criollo con fertilización nitrogenada y diferentes momentos de aplicación y como objetivos específicos la de determinar la altura de la planta, medir altura de inserción de la mazorca, determinar la longitud y el diámetro de la espiga, determinar el rendimiento en kg ha^{-1} .

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es del tipo experimental mixto. El experimento se realizó en la Escuela Agrícola de Concepción, Departamento de Concepción, circunscrita en las coordenadas $23^{\circ}22'36''$ Sur $57^{\circ}23'01''$ Oeste, elevado 160 msnm.

La precipitación promedio anual varía entre 1300 mm hasta 1700 mm en la Región Oriental, existiendo una variabilidad estacional de lluvias. La mayor precipitación ocurre de octubre hasta marzo, constituyendo julio y agosto los meses de menor precipitación, existiendo una variabilidad en la distribución de las lluvias mensuales en las diferentes localidades, siendo el clima del tipo continental.

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. Este tipo de suelo pertenece a la clase III de la clasificación de capacidad de uso; las tierras de esta clase tienen moderadas limitaciones que reducen la selección de cultivos o requieren prácticas moderadas intensivas de manejo y/o conservación o ambas (López et al., 1995).

El experimento realizado tuvo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en esquema factorial 2×4 , siendo el factor A: momento de aplicación y factor B: dosis, con ocho tratamientos y tres repeticiones. Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 4×2.5 metros totalizando 10 m^2 por cada parcela. En la tabla 2 se puede observar los tratamientos en estudio.

La siembra se realizó en el mes de marzo, en forma manual con la utilización de una matraca,

abriendo surcos de 3,5 cm de profundidad aproximadamente, con una densidad de 3 plantas por metro lineal, es decir, 0,30 m entre plantas dejando 1 semilla en cada hoyo y 0,70 m entre hileras.

Tabla 1. Tratamientos utilizados en el experimento.

Trat.	Descripción	
	Momento de aplicación	Dosis de N (kg ha ⁻¹)
T1	En siembra (M1)	0
T2		60
T3		90
T4		120
T5	En cobertura (M2)	0
T6		60
T7		90
T8		120

Según Leguizamón et al., 2014. Se aplicaron 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 50 kg ha⁻¹ de K₂O en la forma de superfosfato triple y cloruro de potasio.

La aplicación del fertilizante se realizó conjuntamente con la siembra (M1) y el otro momento en pos-siembra, que pertenece a los 30 días después de la siembra (DDS) en cobertura (M2), la fuente del fertilizante fue la Urea que equivale a 45% N aplicando en surcos con una matraca manual. Se realizó aplicación de fósforo y potasio conjuntamente con la Urea en la M1, sin embargo, para el M2 se aplicó primero P y K, a los 30 días después de la emergencia (DDE) se realizó la aplicación de N.

En todo el ciclo del cultivo se realizó monitoreo para detectar plagas y enfermedades para identificar los problemas y resolver de acuerdo a su infestación con técnicas de control químico. Los cuidados culturales realizados fueron la carpida para realizar la limpieza de las parcelas, la primera a los 20 días después de la emergencia y la segunda a los 30 días después de la primera carpida.

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) y una distancia entre las hileras de 0.70 m totalizando un área de evaluación de 2,1 m².

Seguidamente se dejó 24 horas bajo el sol para su posterior trillado manualmente y así obtener los granos del maíz para el rendimiento final. Posterior a eso se efectuó la eliminación de impurezas y luego se realizó el pesaje de los

granos con ayuda de una balanza de precisión para cada tratamiento.

Los parámetros evaluados fueron:

Altura de la planta: Evaluada al final del ciclo del cultivo. Para determinar, se midieron 5 plantas elegidas al azar de cada unidad experimental, desde la base del tallo hasta la inserción de la hoja bandera, utilizando cinta métrica y los datos expresados en metros (m).

Altura de inserción de la mazorca: Se midieron 5 plantas al azar desde la base del suelo hasta la inserción de la mazorca más alta. Los resultados fueron expresados en centímetros (m).

Longitud y diámetro de las espigas: 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, separadas en bolsas, posteriormente llevadas al laboratorio para despejar y proceder a la medición de longitud y diámetro ayudados por un parquímetro. Las unidades fueron expresadas en centímetros (cm).

Rendimiento: Para esta determinación se procedió a la cosecha en cada unidad experimental y los granos fueron pesados ayudados por una balanza digital, luego los resultados fueron extrapolados a kg ha⁻¹.

Los datos obtenidos en el estudio fueron evaluados estadísticamente, 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 5% de probabilidad para categorizar los tratamientos en estudio, además se realizó la ecuación de regresión para las determinaciones que obtuvieron significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Altura de la planta

En la tabla 2 se presentan los resultados del análisis estadístico por el test de F y la comparación de medias por la prueba de Tukey (5%) de los datos de diferentes momentos de aplicación y dosis de nitrógeno utilizadas en este estudio. Se observa que se obtuvieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos estudiados para el rendimiento de granos de maíz.

Se puede notar en la tabla 2 de la determinación altura de plantas del maíz que entre los momentos de aplicación se encontró diferencias significativas, el M1 (aplicación al

momento de siembra) obtuvo mayor altura con 1,87 m por planta.

Tabla 2. Comparación de medias del efecto de la fertilización nitrogenada en dos momentos de aplicación sobre la altura del maíz. Concepción 2019.

Factor	Descripción	Altura (m)
		(**)
Momento de aplicación	M2	1,87 a
	M1	1,82 b
		(**)
Dosis de Nitrógeno (kg ha ⁻¹)	90	1,92 a
	120	1,89 a b
	60	1,83 b c
	0	1,76 c
Fc A:		6,26 *
Fc B:		14,24 **
Fc AxB:		0,78 NS
CV:		2,38 %

Medias seguidas por la misma letra, no difieren entre sí en el nivel de significancia del 5 %.

**Altamente significativo por el Test de Tukey. Fc: Factor. CV: Coeficiente de variación.

Siguiendo con la misma tabla (2), se notan los resultados de las dosis utilizadas en el experimento que se obtuvo diferencias estadísticas, lo cual el mejor resultado se vio con la dosis de 60 kg ha⁻¹ con 1,92 m de altura de las plantas del maíz tupi pyta'i, también se observa que el tratamiento que no recibió fertilización fue la que menor valor presentó.

Estas diferencias de alturas encontradas se deben a la respuesta que dieron las plantas bajo el manejo convencional, donde se absorbieron con mayor rapidez los elementos aplicados, principalmente el nitrógeno, elemento indispensable para el crecimiento del cultivo.

Las curvas de respuesta del rendimiento de maíz del factor B (Dosis de N) y él se ajusta a la ecuación cuadrática para el nitrógeno, sigue un modelo de ecuación cuadrática de $y = -7E-06x^2 + 0,0021x + 1,7557$ un coeficiente R^2 de 0,86 (Figura 1).

Las curvas de respuesta de la altura de las plantas al final del ciclo del cultivo para el cultivo del maíz en función a la aplicación de dosis creciente de fertilizantes nitrogenados se ajustan a la ecuación cuadrática (figura 1), donde al incrementar el valor de X (dosis de fertilizante) disminuye el valor de Y que es el rendimiento del maíz, lo que puede describirse como la ley de rendimiento decreciente, señalado por Mitscherlich (Fatecha, 1999).

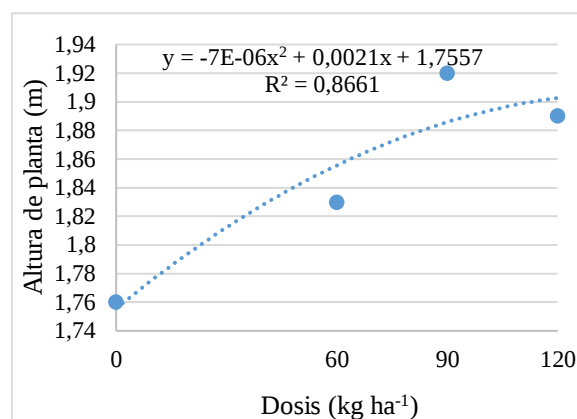


Figura 1. Curva de respuesta ajustada para la altura de inserción de maíz, Concepción-Paraguay, 2019.

Altura de inserción de mazorca

En la tabla 3 se presentan los resultados del análisis estadístico por el test de F y la comparación de medias por la prueba de Tukey (5%) de los datos de diferentes momentos de aplicación y dosis de nitrógeno utilizadas en este estudio.

Tabla 3. Comparación de medias por efecto de la fertilización nitrogenada en dos momentos de aplicación sobre la altura de inserción de la mazorca. Concepción 2019.

Factor	Descripción	Altura de inserción (m)
		(NS)
Momento de aplicación	M1	0,72 a
	M2	0,71 a
		(**)
Dosis de Nitrógeno (kg ha ⁻¹)	90	0,76 a
	120	0,74 a
	60	0,73 a
	0	0,62 b
Fc A:		0,31 NS
Fc B:		50,87 **
Fc AxB:		0,34 NS
C.V:		3,06 %

Medias seguidas por la misma letra, no difieren entre sí en el nivel de significancia del 5 %.

**Altamente significativo por el Test de Tukey. Fc: Factor. CV: Coeficiente de variación.

Se puede notar en la tabla 3 de la determinación altura de inserción de plantas del maíz que entre los momentos de aplicación no se encontraron diferencias significativas, agrónomicamente el M1 (aplicación al momento de siembra) obtuvo mayor altura con 0,72 m por planta.

Siguiendo con la misma tabla (3) se notan los resultados de las dosis utilizadas en el

experimento que se obtuvieron diferencias estadísticas, lo cual el mejor resultado se obtuvo con la dosis de 90 kg ha⁻¹ con 0,76 m de altura de inserción de las plantas del maíz tupi pyta'i, también se observa que el tratamiento que no recibió fertilización fue la que menor valor presentó.

Las curvas de respuesta del rendimiento de maíz del factor B (Dosis de N) y él se ajusta a la ecuación cuadrática para el nitrógeno, sigue un modelo de ecuación cuadrática de $y = -0,0015x^2 + 0,285x + 61,902$ un coeficiente R² de 0,99 (Figura 2).

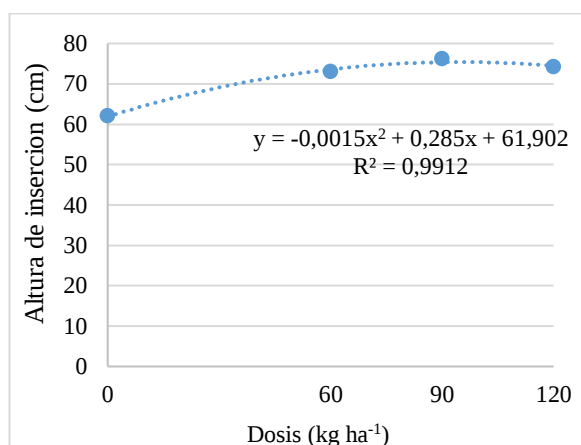


Figura 2. Curva de respuesta ajustada para la altura de inserción de mazorca en el maíz, Concepción- Paraguay, 2019.

Longitud de mazorca

En la tabla 4 se presentan los resultados del análisis estadístico por el test de F y la comparación de medias por la prueba de Tukey (5%) de los datos de diferentes momentos de aplicación y dosis de nitrógeno utilizadas en este estudio. Se observa que se obtuvo diferencias altamente significativas entre los tratamientos estudiados para la longitud de mazorca.

Se puede notar en la tabla 4 de la determinación longitud de mazorca de maíz que entre los momentos de aplicación se encontró diferencias significativas, el M1 (aplicación al momento de siembra) obtuvo mejor resultado con 15,21 cm por mazorca.

Siguiendo con la misma tabla (4) se notan los resultados de las dosis utilizadas en el experimento que se obtuvo diferencias estadísticas, lo cual el mejor resultado se obtuvo con la dosis de 60 kg ha⁻¹ con 16,30 cm de mazorca del maíz tupi pyta'i, también se observa que el tratamiento que no recibió fertilización fue la que menor valor obtuvo.

Según Cuadra (1988), altos niveles de Nitrógeno tienen influencia positiva sobre

componentes del rendimiento, entre ellos la longitud de mazorca, sin embargo, las plantaciones sometidas a altas densidades poblacionales producen mazorcas con tamaño reducido.

Tabla 4. Efecto de la fertilización nitrogenada en dos momentos de aplicación sobre la longitud de la mazorca. Concepción 2019.

Factor	Descripción	Longitud de mazorca (cm)	
		(**)	
Momento de aplicación	M2	15,21	a
	M1	14,40	b
	kg ha ⁻¹	(**)	
Dosis de Nitrógeno (kg ha ⁻¹)	90	16,3	a
	120	16,1	a
	60	14,4	b
	0	12,4	
Fc A:		6,61*	
Fc B:		33,70**	
Fc Ax B:		6,73**	
CV:		5,19%	

Medias seguidas por la misma letra, no difieren entre sí en el nivel de significancia del 5 %. **Altamente significativo por el Test de Tukey. Fc: Factor. CV: Coeficiente de variación.

Las curvas de respuesta la longitud de la mazorca de maíz del factor A (Momento de aplicación) y el factor B (dosis de N) se ajusta a la ecuación cuadrática para ambos momentos de aplicación del nitrógeno, para el M1 presenta un coeficiente R² de 0,98 (Figura 3) sigue un modelo de ecuación cuadrática de $y = 0,0002x^2 + 0,0166x + 11,823$ y para el M2 presenta un coeficiente R² de 0,86 sigue un modelo de ecuación cuadrática de $y = -0,0005x^2 + 0,0834x + 12,823$.

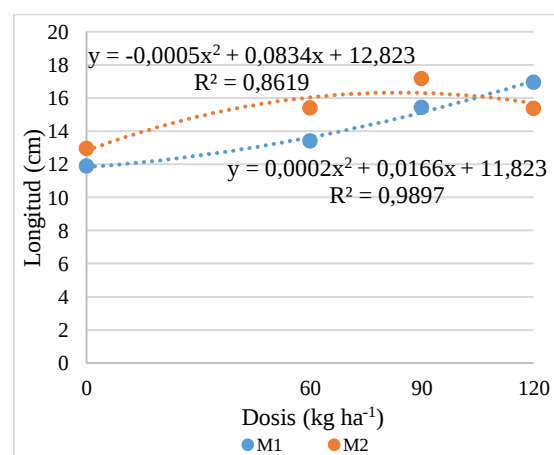


Figura 3. Curva de respuesta ajustada para la longitud de mazorca del maíz, Concepción, Paraguay, 2019.

En la figura 3 se observa un R^2 de 0,98% para el M1, el cual nos da la idea de que la ecuación es casi perfecta, siendo que a medida que se acerca a 1 esto significa que el experimento es bueno, que la dispersión de los datos es mínima entre sí, y para el M2 se obtuvo R^2 de 0,86% que nos da las pautas que los datos obtenidos se dispersaron entre sí.

Diámetro de la mazorca

A continuación, se presentan los resultados del análisis estadístico por el test de F y la comparación de medias por la prueba de Tukey (5%) de los datos de diferentes momentos de aplicación y dosis de nitrógeno utilizadas en este estudio. Se observa que se obtuvo diferencias altamente significativas entre los tratamientos estudiados para el rendimiento de granos de maíz.

Tabla 5. Efecto de la fertilización nitrogenada en dos momentos de aplicación sobre el diámetro de la espiga. Concepción 2019.

Tratamiento	Descripción	Diámetro de la mazorca (cm)
		(NS)
Momento de aplicación	M1	4,46 a
	M2	4,49 a
	kg ha ⁻¹	(**)
Dosis de Nitrógeno (kg ha ⁻¹)	90	4,8 a
	120	4,61 ab
	60	4,32 b
	0	4,16 b
Fc A:		0,05 NS
Fc B:		6,50 **
Fc AxB:		0,36 NS
CV		6,15 %

Medias seguidas por la misma letra, no difieren entre sí en el nivel de significancia del 5 %.
 **Altamente significativo por el Test de Tukey.
 Fc: Factor. CV: Coeficiente de variación.

Se puede notar en la tabla 5 de la determinación diámetro de mazorca de maíz que entre los momentos de aplicación no se encontró diferencias significativas, el M1 (aplicación al momento de siembra) agrónomicamente obtuvo mejor resultado con 4,49 cm con el momento 2 (M2).

Siguiendo con la misma tabla (5) se nota los resultados de las dosis utilizadas en el experimento que se obtuvo diferencias estadísticas, lo cual el mejor resultado se obtuvo con la dosis de 60 kg ha⁻¹ con 4,80 cm de diámetro de las mazorcas de maíz tupi pyta'i, también se observa que el tratamiento que no recibió fertilización fue la que menor valor

obtuvo, que nos indica que el suelo responde a la fertilización realizada en el experimento, en donde esta determinación es importante para el rendimiento de granos.

Las curvas de respuesta de diámetro de mazorca obtenidos para el cultivo del maíz en función a la aplicación de dosis creciente de Nitrógeno para se ajustan a la ecuación cuadrática (figura 4), donde al incrementar el valor de X disminuye el valor de Y que es el rendimiento, lo que puede explicarse la ley de rendimiento decreciente, señalado por Mitscherlich (Fatecha, 1999).

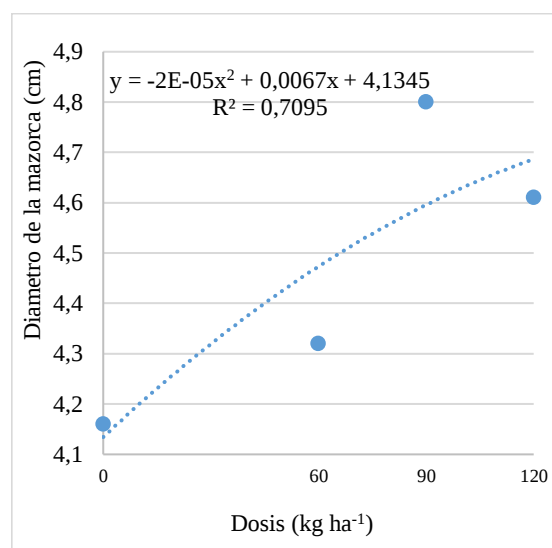


Figura 4. Curva de respuesta ajustada para el diámetro de mazorcas de maíz, Concepción, Paraguay, 2019.

Rendimiento

En la tabla 6 se presentan los resultados del análisis estadístico por el test de F y la comparación de medias por la prueba de Tukey (5%) de los datos de diferentes momentos de aplicación y dosis de nitrógeno utilizadas en este estudio. Se observa que se obtuvo diferencias altamente significativas entre los tratamientos estudiados para el rendimiento de granos de maíz.

En la siguiente tabla (6) se encuentran los resultados del rendimiento de los diferentes momentos de aplicación del fertilizante en este experimento, en ella se observa que se obtuvo diferencias significativas a nivel estadísticos, el mejor rendimiento se obtuvo con M2 con un promedio de 2.154,91 kg ha⁻¹.

Se muestra los resultados de las dosis utilizadas en el experimento que se obtuvo diferencias estadísticas, lo cual el mejor resultado se obtuvo con la dosis de 60 kg ha⁻¹ con 2.358,83 kg ha⁻¹ de granos de maíz tupi pyta'i, también se observa que el tratamiento

que no recibió fertilización fue la que menor valor obtuvo, con esto se demuestra la importancia de la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz, y más aún para recuperar la producción del maíz criollo de Paraguay que es el tupi pyta'í.

Tabla 6. Efecto de la fertilización nitrogenada en dos momentos de aplicación sobre el rendimiento de granos de maíz. Concepción 2019.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento kg ha ⁻¹	
		(**)	
Momento de aplicación	M2	2154,91	a
	M1	2072,50	b
	kg ha ⁻¹	(**)	
Dosis de Nitrógeno (kg ha ⁻¹)	90	2358,83	a
	120	2262,60	a
	60	2005,33	b
	0	1828,00	b
Fc A:		7,19	*
Fc B:		62,02	**
Fc Ax B:		2,47	NS
C.V:		3,56	%

Medias seguidas por la misma letra, no difieren entre sí en el nivel de significancia del 5 %. **Altamente significativo por el Test de Tukey. Fc: Factor. CV: Coeficiente de variación.

El incremento de los rendimientos depende del uso de fertilizantes, de híbridos o variedades que en este trabajo se utilizó, que dan a la planta mayor resistencia a plagas y enfermedades (Durost, 1970 citado por Jugenheimer, 1981).

Existió una gran variabilidad en el rendimiento de los testigos y esto se tradujo en respuestas diferenciales a la fertilización. En una futura etapa se va a proseguir a ajustar diferentes modelos considerando variables de suelo, clima y manejo con el objetivo de poder detectar ambientes de alta y baja respuesta a la fertilización con N.

Las curvas de respuesta de la producción de granos obtenidos para el cultivo del maíz en función a la aplicación de dosis creciente de fertilizantes nitrogenados se ajustan a la ecuación cuadrática (figura 5), donde al incrementar el valor de X (dosis del fertilizante) disminuye el valor de Y que pertenece al rendimiento, lo que puede explicarse la ley de rendimiento decreciente, señalado por Mitscherlich (Fatecha, 1999).

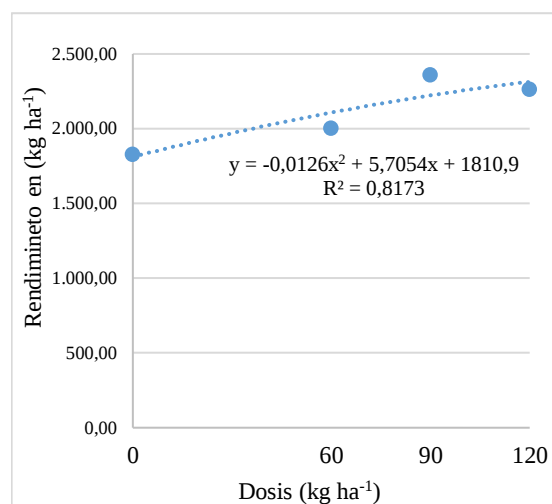


Figura 5. Curva de respuesta ajustada para el rendimiento de maíz, Concepción, Paraguay, 2019.

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron diferencias significativas para la mayoría de las determinaciones realizadas en el experimento, no así en las interacciones de los tratamientos.

El momento de aplicación del fertilizante nitrogenado influyó de manera positiva para las determinaciones realizadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cuadra, M. (1988). *Efectos de diferentes niveles de nitrógeno, espaciamiento y poblaciones sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (Zea mays L.) Var. NB-6*. Instituto de Ciencias Agropecuarias (ISCA).
- Fatecha, A. (1999). *Guía para la fertilización de cultivos anuales y perennes de la región oriental del Paraguay*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- INPOFOS. (2002). *Manual internacional de fertilidad de suelos*. Potash and Phosphate Institute. <https://www.udocz.com/apuntes/27751/manual-internacional-de-fertilidad-de-suelos-pdf>
- Íñiguez, M. (2007). *Fertilidad, fertilizantes y fertilización del suelo*. Universidad Nacional de Loja.
- Jugenheimer, W. R. (1981). *Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla* (1.ª ed.). Editorial Limusa.
- López, H. R. (1995). *Estudio del comportamiento de tres híbridos de maíz (Zea mays L.) a la aplicación de magnesio en suelos calcáreos* [Tesis de

- licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro].
- Sierra B., C. (2010). *La urea: características, ventajas y desventajas de esta fuente nitrogenada*. La Serena, Chile: Informativo INIA Intihuasi 35(4) p.<https://hdl.handle.net/20.500.14001/4514>
- Villavicencio, A. (2008). *Guía técnica de cultivos* (Manual No. 73). INIAP-MAGAP.