

INTERACCIÓN DE GERMOPLASMA DE MAÍZ EN DIFERENTES LOCALIDADES Y AMBIENTES DE LA PROVINCIA DEL CHACO

Eduardo Hryczyński¹, Claudia Elisabeth Díaz Yanevich¹, Daniel Orlando Brachna¹, Walter Gustavo López¹, Mario Alejandro Díaz Yanevich², Luis Máximo Bertoia³

¹ Departamento Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional del Chaco Austral
Comandante Fernández 755, Presidencia Roque Sáenz Peña, CP 3700, Chaco
e-mail: ehry@uncaus.edu.ar

² Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Nordeste, Av. Las Heras 727, C.P. 3500.
Resistencia, Chaco
e-mail: mario_dy@hotmail.com

³ Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Km 2, Camino de Cintura, B 1836 Lomas de Zamora, Provincia de Buenos Aires
e-mail: imbertoia@yahoo.com.ar

RESUMEN: El maíz es uno de los cereales más utilizados a nivel mundial. Su importancia radica en su condición de materia prima renovable y no contaminante constituyéndose como una fuente de energía alternativa. Actualmente se cultivan diferentes híbridos de maíz en la provincia del Chaco, siendo importante conocer la adaptabilidad que los mismos presentan en los ambientes donde se desarrollan.

El objetivo del presente trabajo consistió en estudiar la interacción genotipo-ambiente analizando el rendimiento que presentan distintos tipos de germoplasma de maíz en las condiciones ambientales y edafológicas donde se desarrollan.

Para ello se seleccionaron localidades representativas de la provincia del Chaco, donde se encuentra concentrada la mayor productividad del cultivo de maíz, para efectuar los ensayos. Posteriormente se realizaron determinaciones del rendimiento de las muestras registrando datos de las condiciones ambientales y edafológicas en las regiones analizadas. Los datos obtenidos muestran rendimientos entre 36,81 a 106,22 qq/ha, temperaturas de 24 °C, pH de 6,50 a 7,50; nitrógeno entre 0,068 y 0,150 ppm y fósforo entre 55,8 y 74,2 ppm y heliofanía efectiva de 7,36 h. Este estudio permitió analizar el comportamiento de determinados germoplasmas en diferentes condiciones ambientales y edafológicas y establecer el efecto que éstas generan en el rendimiento de los mismos.

Palabras clave: Bioenergía. Genoma. Interacción. Ambiente. Suelo

INTRODUCCIÓN

El maíz junto con el arroz y el trigo, es uno de los principales cereales que la humanidad utiliza para su alimentación a nivel mundial (FAO, 2015). Para poder producir mayor cantidad de cereal, se recurre a la llamada hibridación, que permite mejorar las características genéticas mejoradas a fin de obtener mayor rendimiento y resistencia frente a enfermedades comunes a las plantas y a dificultades adversas (MacRobert et al., 2014), (Eyherabide, 2015).

Para lograr obtener híbridos con características genéticas mejoradas se realizaron pruebas de mejoramiento genético en el maíz, seleccionando materiales resistentes a factores biológicos, como ser, hongos, insectos, etc. (Tollenar y Lee, 2002) y ambientales principalmente al componente hídrico

(Cooper et al., 2014). Además se han realizado modificaciones genéticas in vitro, desarrollando genotipos resistentes a los herbicidas (Eyherabide, 2015).

Dentro de los factores ambientales que pueden influir en el rendimiento del maíz, se pueden considerar al agua, la temperatura, tipo de suelo, radiación solar y presencia de sustancias minerales tales como nitrógeno y fósforo, entre otros.

El agua juega un papel importante en el desarrollo y en el rendimiento del maíz. De acuerdo a datos de experiencias realizadas, su escasez puede generar disminuciones de hasta el 25% del mismo (Inzunza-Ibarra et al., 2018) en cualquier forma de laboreo (Olguín López et al., 2017). Ahora bien, cuando las deficiencias del agua se presentan durante la floración, la disminución del rendimiento puede llegar hasta el orden del 56% (Giménez, 2012), (Cirilo et al., 2015).

La temperatura es otro de los factores que pueden influir en el crecimiento del maíz. Las temperaturas entre 20 a 28°C durante el período de llenado de granos permiten obtener buenos rendimientos de maíz (Totis de Zeljkovich, 2015). Si bien se pueden realizar mejoras genéticas en función de aumentar los rendimientos en el grano, el factor temperatura es uno de los factores de importancia (Miranda del Fresno et al., 2017).

El aumento de temperatura a valores superiores a los 35°C y la baja humedad relativa inciden en la floración del cultivo y por lo tanto afectan directamente su rendimiento (Rincón-Tuexi et al., 2006). La reducción del rendimiento depende de la intensidad, duración y momento en que ocurran los valores máximos de temperatura, resultando diferentes según el genotipo empleado ya sea éste templado o tropical (Maddonni y Navarrete, 2016).

Otro factor de incidencia está vinculado a la calidad del suelo que se asocia al rendimiento con un uso racional del agua y nutrientes. El contenido de la materia orgánica (MO) mejora la retención del agua, aumentando la calidad del suelo en general (Navarro Bravo et al., 2012) (Galantini et al., 2007) comentan que el contenido de la MO es fundamental en la productividad de los cultivos, ya que cuando los suelos presentan una disminución de la misma, disminuye su fertilidad, aumenta la posibilidad de erosión, disminuye la capacidad de infiltración de agua. (Studdert et al., 2008).

El nitrógeno es uno de los principales nutrientes que afecta al rendimiento o productividad del maíz. Las deficiencias del nitrógeno provocan disminución en el rendimiento en granos (Fontaneto et al., 2002), pudiendo llegar a generar reducirlo entre el 14 y 80 % (Uhart Morgan et al., 2000). Algunas comparaciones realizadas en cultivos con fertilización asistida en nitrógeno, muestran incrementos en su rendimiento (Ventimiglia et al., 2018). En cuanto a la presencia o ausencia de fósforo, se tienen experiencias que muestran que el crecimiento de las plantas y la floración de las mismas se reducen notablemente ante la ausencia de este mineral, y por lo tanto disminuye su rendimiento (Uhart Morgan et al., 2000).

La radiación solar, la cual es necesaria para todos los organismos vegetales al ser la forma en que reciben energía para fabricar hidratos de carbono a través de la fotosíntesis, es un factor fundamental que puede incidir en el rendimiento. (Díaz López et al., 2013).

Desde el punto de vista del manejo cultural, se debe tener en cuenta la época de siembra porque afecta al desarrollo de las plantas y la absorción de radiación solar (Contreras Rendón et al., 2012).

El rendimiento en granos se relaciona con el crecimiento de las plantas determinado por la temperatura, niveles de radiación, nutrientes, genotipos y agua. (Espósito et al., 2012). El rendimiento no sólo depende del número de granos también del tamaño o peso.

La interacción genotipo-ambiente es un factor importante en la evaluación de cultivos desarrollados para diferentes circunstancias de producción, por lo que es necesario la integración de los conceptos de estabilidad para definir el comportamiento de cultivos evaluados a través de ambientes contrastantes. Este estudio de evaluación de cultivos en varios ambientes justifica la integración del rendimiento y estabilidad del comportamiento del mismo.

La mayoría de los estudios en germoplasmas de maíz en Latinoamérica han sido orientados a los aspectos agronómicos, y pocos estudios se han enfocado a las propiedades específicas del grano de maíz que afectan las características de calidad y potencial de industrialización como fuente de energía alternativa.

La nueva visión estratégica posiciona al maíz como una fuente alternativa de energía y alimento, por lo cual los avances en biología molecular y técnicas de ingeniería genética abren una nueva etapa en la biotecnología aplicada a la producción agrícola, y ofrecen nuevas alternativas para la producción de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente trabajo se seleccionaron localidades representativas de la provincia de Chaco donde se encuentra concentrada la mayor productividad del cultivo de maíz, región con mayor superficie de tierras destinadas al cultivo, como ser, Los Frentones, Campo Largo, Pampa del Infierno, Las Breñas, Tres Isletas, Sáenz Peña, Charata y General Capdevilla.

Los campos destinados al ensayo se encuentran ubicados entre Latitud 26°17'17.84"S, 27°45'14.37"S, Longitud 60°22'9.34"O y 61°40'56.88"O.

En cada una de las localidades se seleccionaron lotes para la ejecución de los ensayos, bloques de siembra con la siguiente serie de variedades de material genético, tales como, Templado, Templado x Tropical y Tropical, efectuando el correspondiente seguimiento y control durante el ciclo del cultivo. En la cosecha se extrajeron de manera directa, del sistema de descarga, las muestras de granos de maíz de híbridos utilizadas, las que fueron acondicionadas, almacenadas y conservadas en un ambiente seco hasta su procesamiento y se determinó el rendimiento en qq/ha de cada híbrido empleado en el ensayo.

Los híbridos que se seleccionaron en función al germoplasma son:

Tropical	Templado x Tropical	Templado
DK390VT3P	DK7910VT3P	DK7210VT3P
NK139VIP3	LT795VT3P	DK7310VT3P
P30F53HXRR2	2A120PW	2M510PW

Tabla Nº 1: Híbridos según el germoplasma

Asimismo se efectuó la recolección de datos meteorológicos, tales como, temperatura promedio, precipitaciones y radiaciones, que ocurrieron durante el período de desarrollo del cultivo.

También se buscaron datos de las condiciones edafológicas en las cuales se incluye el pH, cantidad de materia orgánica presente, cantidad de Nitrógeno (N) y de Fósforo (P).

Estos datos, meteorológicos y edafológicos, fueron solicitados a la Estación Experimental del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Pcia. Roque Sáenz Peña, que entre sus herramientas particulares cuenta con cartografías específicas, mapeos localizados y para cada tipo de suelo.

Rendimiento:

Para este ítem se consideró el rendimiento del maíz en qq/ha que fue realizada en el momento de terminar la cosecha del mismo, obteniendo los siguientes resultados:

Localidades	Rendimiento (qq/ha)			
	Tropical	Templado x Tropical	Templado	Promedio por Localidades
Los Frentones	73,07	78,69	82,36	78,04
Campo Largo	52,27	48,40	65,49	55,39
Pampa del Infierno	91,79	92,85	95,15	93,26
Las Breñas	78,88	78,31	81,76	79,65
Tres Isletas	36,82	53,74	44,27	44,94
Sáenz Peña	59,98	49,80	56,60	55,46
Charata	73,47	91,26	79,55	81,43
Gral. Capdevila	81,37	90,31	106,22	92,63
Promedio	68,46	72,92	76,43	72,60

Tabla Nº 2: Rendimiento en función de localidades y germoplasmas

Análisis del Ambiente:

Dicho análisis fue realizado considerando la siguiente información:

Análisis de datos meteorológicos: Se realizó la recolección de datos correspondientes a las condiciones atmosféricas tales como temperatura promedio, precipitaciones y heliofanía efectiva durante todo el ciclo del desarrollo del cultivo.

Localidades	Temperatura Promedio (°C)	Precipitaciones (mm)	Heliofanía Efectiva (hs)
Los Frentones	22,7	665	7,367
Campo Largo	24,4	388	6,873
Pampa del Infierno	24,4	388	7,367
Las Breñas	24,3	191	7,367
Tres Isletas	24,0	553	6,873
Sáenz Peña	24,0	364	6,873
Charata	24,4	414	7,367
Gral. Capdevila	24,4	384	7,367

Tabla Nº 3: Datos Meteorológicos

Caracterización Edafológica: Teniendo en cuenta los datos de las condiciones edafológicas de los lotes experimentales ubicados en las distintas localidades, se consideraron valores de pH de suelo, contenidos de MO, cantidades de N y P que los mismos presentaban. Estos datos fueron tomados de los estudios realizados por INTA y se indican en la Tabla N° 4 que se muestra a continuación.

Localidades	pH	Materia Orgánica (%)	N (ppm)	P (ppm)
Los Frentones	7,3	0,40	0,069	0,77
Campo Largo	7,0	0,42	0,068	13,10
Pampa del Infierno	7,5	1,27	0,150	67,10
Las Breñas	6,5	1,00	1,170	58,50
Tres Isletas	6,7	0,56	0,08	63,50
Sáenz Peña	7,6	1,50	0,115	55,80
Charata	6,5	0,77	0,101	74,20
Gral. Capdevila	7,6	1,29	0,133	59,90

Tabla N° 4: pH, Contenido de MO, N y P de los suelos estudiados

RESULTADOS

El ensayo permitió analizar el comportamiento de los distintos germoplasmas en diferentes sitios y teniendo en cuenta la Tabla N° 2 se desprende que existen tres maneras diferentes de analizar el rendimiento de los distintos germoplasmas considerados en el análisis.

En primer lugar se distinguen las características que llevan a los germoplasmas de maíz del Tipo Templado x Tropical y Templado a presentar un rendimiento promedio de 72,92 y 76,43 qq/ha, logrando superar en la mayoría de las localidades analizadas los 72,60 qq/ha, valor que se tomará como promedio.

En segundo lugar se observa cuáles son las condiciones climáticas y edafológicas de dos grupos bien diferenciados de localidades, dónde, en el primero de estos grupos se encuentran las localidades de Pampa del Infierno y Gral. Capdevila con rendimientos que superan los 93,26 qq/ha y 92,63 qq/ha respectivamente para cualquier germoplasma considerado. En el segundo grupo, se consideran a Los Frentones, Las Breñas y Charata donde el rendimiento total promedio ronda los 79,70 qq/ha.

El tercer análisis surge de la observación de los gráficos de dispersión del rendimiento en función de factores climáticos y edafológicos.

Gráficos de dispersión del rendimiento en función de factores climáticos y edafológicos:

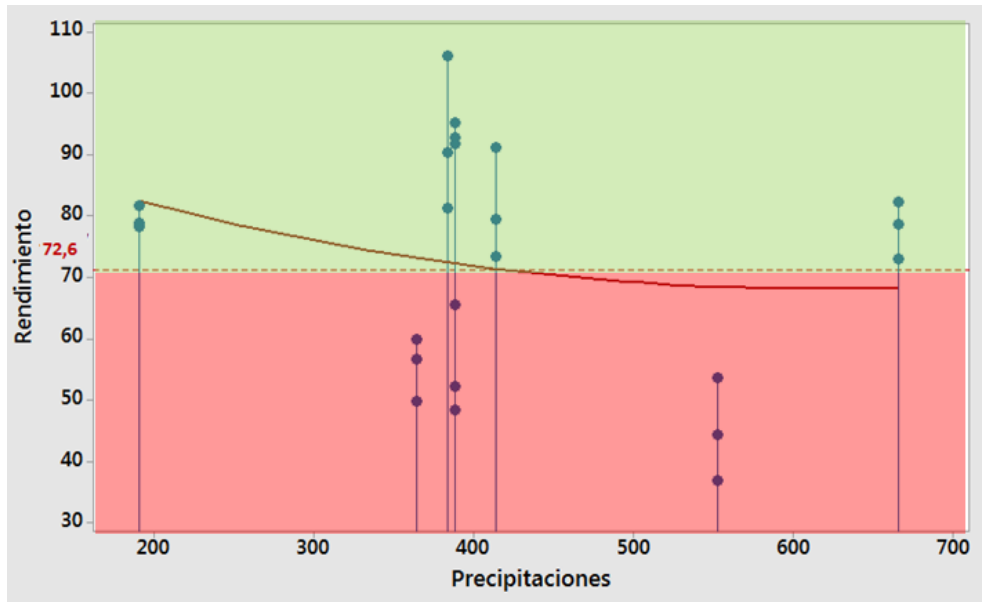


Gráfico N° 1: Dispersión de Rendimiento vs. Precipitaciones

En el Gráfico N° 1 se observan variaciones de las precipitaciones que oscilan entre 190,75 mm hasta 665 mm, y rendimientos desde 36,81 qq/ha hasta 106,22 qq/ha para los diferentes germoplasmas. Si se toma la media del rendimiento de 72,60 qq/ha se observa que existen variedades que superan esta valor promedio para valores de precipitaciones comprendidos entre 384 y 414 mm.

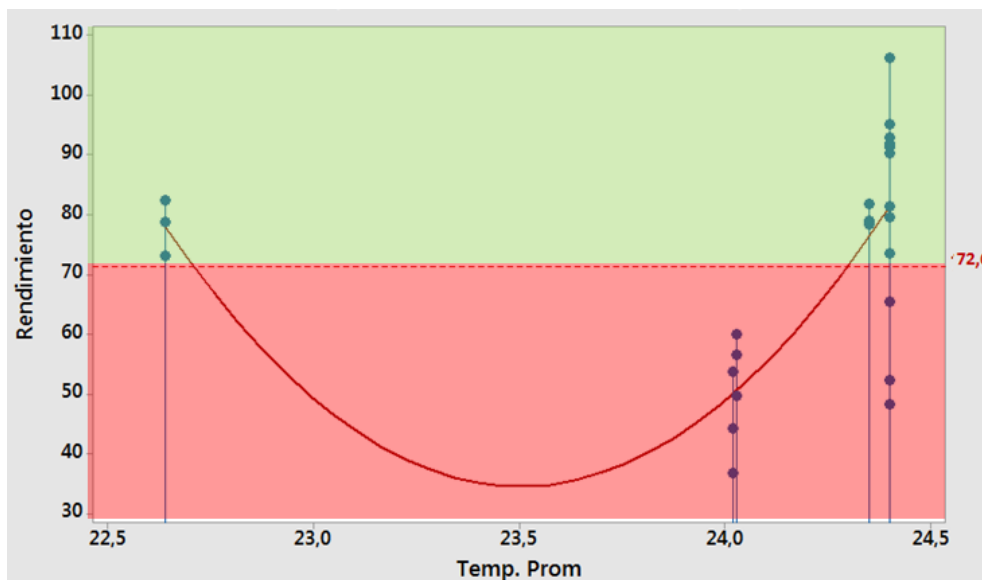


Gráfico N° 2: Dispersión de Rendimiento vs. Temperatura promedio

En el Gráfico N° 2 las temperaturas promedios varían desde 22,64 °C a 24,4 °C observando rendimientos mayores a 72,60 qq/ha a temperaturas superiores a 24 °C.

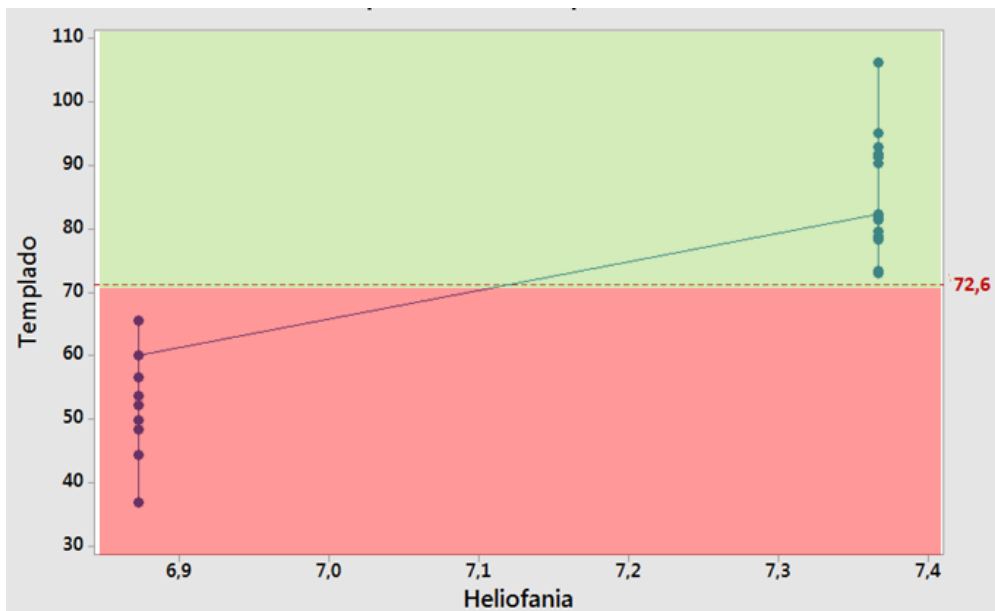


Gráfico N° 3: Dispersión de Rendimiento vs. Heliofanía

En este caso, Gráfico N° 3, al analizar la incidencia de la HE en el rendimiento se observa que la misma varía desde 6,873 a 7,367 hs, agrupando la mayor cantidad de localidades que superan el rendimiento promedio, a un valor de HE de 7,367 hs.

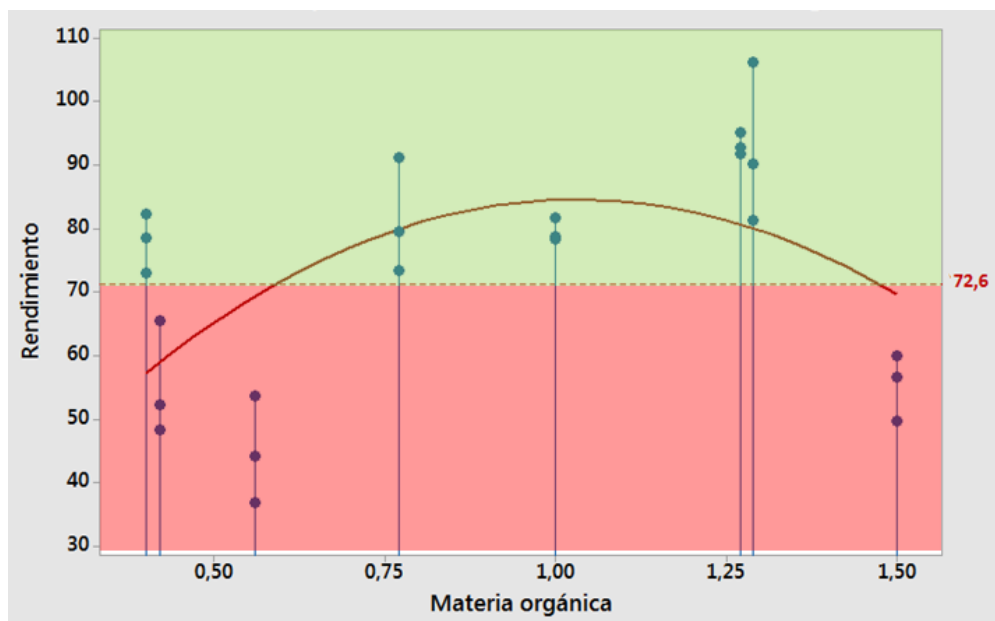


Gráfico N° 4: Dispersión de Rendimiento vs. Materia Orgánica

En el Gráfico N° 4 se observa el comportamiento del rendimiento en relación con el contenido de materia orgánica (MO), observando que la mayor cantidad de germoplasmas superan la línea de 72,60 qq/ha con un contenido de MO menor al 1 %, teniendo rindes mayores en valores cercanos a 1,25 %.

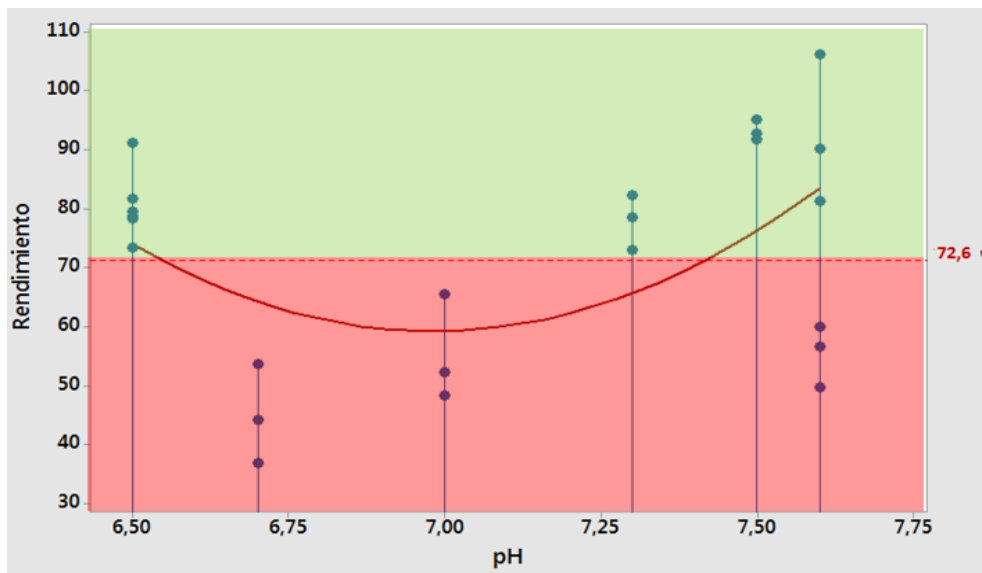


Gráfico N° 5: Dispersión de Rendimiento vs. pH

En el Gráfico N° 5 se analiza el comportamiento del rinde con el pH del suelo, observando una variación de 6,50 a 7,75. En este caso los cultivos que superan el rendimiento promedio de 72,60 qq/ha tienen una variación de pH desde 6,50 a 7,60.

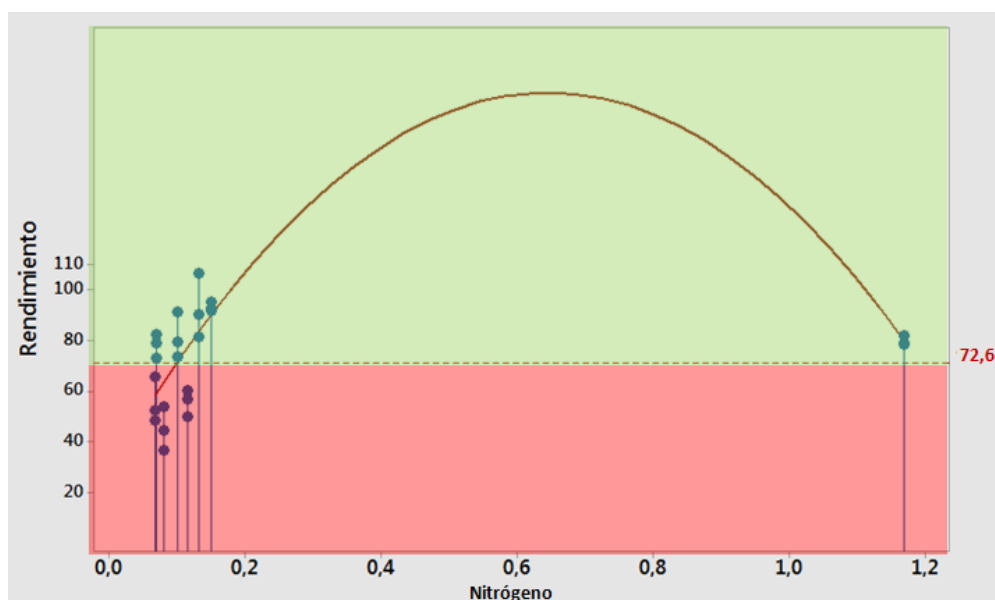


Gráfico N° 6: Dispersión de Rendimiento vs. Nitrógeno

Se analizó la variación del rendimiento con la cantidad de N que en el estudio varían desde 0,068 hasta 1,17 ppm. Los rendimientos superiores a 72,60 qq/ha se dan con valores de N entre 0,068 y 0,15 ppm.

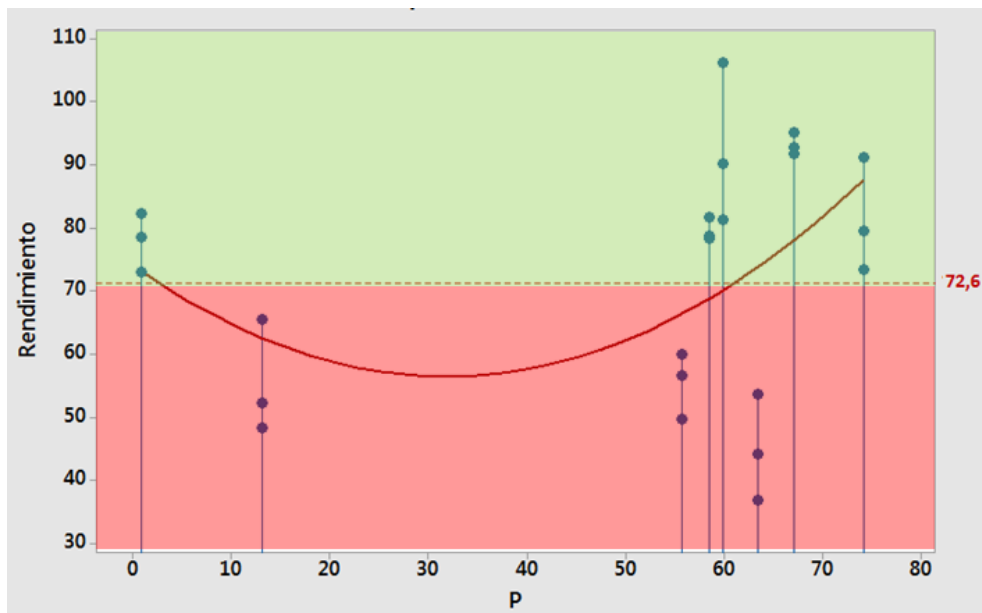


Gráfico N°7: Dispersión de Rendimiento vs. Fósforo

En cuanto a la relación entre rendimiento y cantidad de P, se observa que para rendimientos superiores al promedio, que es de 72,60 qq/ha, estos se lograron con contenidos de P que oscilan entre 55,8 a 74,2 ppm.

CONCLUSIONES

Del estudio realizado respecto a la incidencia de los factores climáticos, se desprende que los mejores rendimientos se obtienen cuando las precipitaciones varían entre 350 y 450 mm durante el período de crecimiento, temperaturas superiores a los 24 °C y HE de 7,36 hs.

Del análisis de las características edafológicas se tiene que los mejores rendimientos se obtienen cuando el pH oscila entre 7,2 y 7,5; el N varía entre 0,068 y 0,15 ppm y el P se encuentra entre 55,8 y 74,2 ppm.

Además se puede observar que el germoplasma Templado presentó un mejor comportamiento en los lotes seleccionados de las diferentes localidades, principalmente en Gral. Capdevilla con un rendimiento de 106,22 qq/ha. Cabe destacar, además, que en esta localidad todos los tipos de germoplasmas utilizados en el ensayo presentaron el mejor comportamiento.

Del análisis, surge, que los híbridos de maíz genéticamente modificados con fines energéticos exhibieron un buen rendimiento, expresando su alto poder productivo en la provincia. Además, se puede ponderar, que las localidades de Pampa del Infierno y Gral. Capdevila presentan excelentes condiciones agronómicas para el desarrollo del cultivo.

Sí bien, los rendimientos obtenidos son más que aceptables para nuestra región, comparativamente con la región pampeana, bajo las condiciones de temperaturas promedio actuales, y teniendo en cuenta la variabilidad medioambiental a consecuencia del cambio climático, permitirá realizar nuevos estudios relacionados con la temática y su futura evolución.

BIBLIOGRAFIA

Cirilo, Alfredo; Andrade, Fernando; Otegui, María; Maddonni, Gustavo; Vega, Claudia y Valentinuz, Oscar (2015). Ecofisiología del cultivo de maíz- Bases para el manejo del cultivo de maíz. ISBN: 978-987-679-141-0

- Contreras Rendón, Alejandra, Martínez Rueda, Carlos G., & Estrada Campuzano, Gaspar. (2012). Eficiencia en el uso de la radiación por híbridos de maíz de Valles Altos de México. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(2), 161-169.
- Cooper, M., Gho, C., Leafgren, R., Tang, T., Messina, C., (2014). Breeding drought-tolerant maize hybrids for the US corn-belt: discovery to product. J.
- Díaz-López, Ernesto, Loeza-Corte, Juan M., Campos-Pastelín, Jesús M., Morales-Rosales, Edgar J., Domínguez-López, Aurelio, & Franco-Mora, Omar (2013). Eficiencia en el uso de la radiación, tasa de asimilación neta e integral térmica en función del fósforo en maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia*, 47(2), 135-146.
- Esposito, Gabriel; Balboa, Guillermo; Cerliani, Cecilia; Balboa, Ricardo; Castillo, Carlos (2012). Rendimiento Potencial De Maiz En Rio Cuarto (Córdoba, Argentina)
- Eyhérabide, Guillermo H. (2015) Mejoramiento genético del maíz. INTA. ISBN: 978-987-679-141-0
- FAO (2016) Ahorrar para crecer. ISBN 978-92-5-308519-4
- Fontanetto, Hugo; Vivas, Hugo y Keller, Oscar (2002). Eficiencia del uso del nitrógeno en maíz con siembra directa. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno.
- Galantini, Juan; Landriscini, María Rosa; Hevia, Carolina (2007). Contenido y Calidad de la materia orgánica particulada del suelo. Editorial: Aapresid Revista: Revista Técnica Especial en Siembra Directa ISSN: 1850-0633
- Giménez, Luis (2012). Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo. ISSN 2301-1548
- Inzunza-Ibarra, Marco A.; Villa-Castorena, Ma. Magdalena; Catalán-Valencia, Ernesto A. ; López-López, Rutilo y Sifuentes-Ibarra, Ernesto (2018). Rendimiento de grano de maíz en déficit hídrico en el suelo en dos etapas de crecimiento.
- López Sabando, Marcelo; Erreguerena, Juan; Besteiro, Ignacio; Lanzavecchia, Luis; Cerrudo, Aníbal (2019). Importancia y manejo del cultivo de maíz.
- MacRobert, J.F., P.S. Setimela, J. Gethi y M. Worku. (2014). Manual de producción de semilla de maíz híbrido. México, D.F.: CIMMYT.
- Maddonni, Gustavo Ángel y Navarrete Sánchez, Robinson Andrey (2016). Altas temperaturas y déficit hídrico en maíz: respuestas fisiológicas y estrategias de manejo del cultivo
- Miranda del Fresno, M. Carolina; Aguas, Laura; Bongiorno, Fabricio; Vilatte, Carlos y Confalone, Adriana (2017). Cambios en el clima y rendimiento de maíz en Azul, Provincia de Buenos Aires.
- Navarro Bravo, Agustín; Figueroa Sandoval, Benjamín; Sangerman-Jarquín, Dora Ma. y Osuna Ceja, Esteban S. (2012). Propiedades físicas y químicas del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* vol. 3 no. Spe 4 Texcoco nov./dic. 2012 ISSN 2007-0934Rev
- Olgún López, José Luis; Guevara Gutiérrez, Rubén Darío; Carranza Montaña, Juan Arturo; Scopel, Eric; Barreto García, Oscar Arturo; Mancilla Villa, Oscar Raúl y Talavera Villareal, Antonio (2017). Producción y rendimiento de maíz en cuatro tipos de labranza bajo condiciones de temporal.
- Rincón-Tuexi, Juan Arnoldo; Castro-Nava, Sergio; López-Santillán, José Alberto; Huerta, Alfredo J; Trejo-López, Carlos; Briones-Encinia, Florencio (2006). Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz tropical.
- Studdert, Guillermo Alberto; Domínguez, Germán Franco; Eiza, Maximiliano Joaquín; Videla, Cecilia del Carmen; Echeverría, Hernán Eduardo (2008). La fracción particulada de la materia orgánica y su relación con la fertilidad nitrogenada en el sudeste bonaerense.
- Tollenaar M, Lee E A. (2002). Potencial de rendimiento, estabilidad del rendimiento y tolerancia al estrés en maíz. *Field Crop Res.*
- Totis de Zeljkovich, Lucía Estela (2015). Requerimientos agroclimáticos del cultivo de maíz ISBN: 978-987-679-141-0
- Uhart, Sergio Adolfo; Echeverria, H.E. (2000). El rol del nitrógeno y del fósforo en la producción de maíz.
- Ventimiglia, Luis; Torrens Baudrix, Lisandro; Selva, Valeria (2018). Efecto del nitrógeno, la fecha de siembra y la fertilización complementaria en Maíz.

SUMMARY: Corn is one of the most widely used cereals worldwide. Its importance lies in its condition as a renewable and non-polluting raw material, constituting itself as an alternative energy source. Currently different germplasm are cultivated in the province of Chaco, being important to know the adaptability that they present in the environments where they develop.

The objective of the present work consisted of studying the genotype-environment interaction analyzing the performance of different types of germplasm in the environmental and edaphological conditions where they develop.

For this, representative localities of the province of Chaco were selected, where the highest productivity of the corn crop is concentrated, to carry out the tests.

Subsequently, determinations of the performance of the samples were made, collecting data on the environmental and edaphological conditions in the analyzed regions. The data obtained show yields between 36.81 to 106.22 qq / ha (quintals / hectare), temperatures of 24 ° C (degrees Centigrade), pH of 6.50 to 7.50; nitrogen between 0.068 and 0.150 ppm (parts per million) and phosphorus between 55.8 and 74.2 ppm and effective heliophany of 7.36 hs (hours). This study allowed us to analyze the behavior of certain germplasm in different environmental and edaphological conditions and establish the effect they generate on their performance.

Keywords: Bioenergy. Genome. Interaction. Ambient. Floor