



**MAÍZIFICANDO
CONCIENCIA**
XII CONGRESO NACIONAL DE MAÍZ

Eje

Ecofisiología y manejo del cultivo

8, 9 y 10 de Noviembre
Pergamino, BA
UNNOBA



Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Ministerio de Economía
Argentina

2022





PLASTICIDAD VEGETATIVA Y REPRODUCTIVA DE MAÍZ SEMBRADO EN ULTRA BAJA DENSIDAD Y SU APORTE AL RENDIMIENTO EN EL VALLE DE LERMA, SALTA

Valdez Naval, G.

INTA. Ruta provincial 68, km 72. Cerrillos, Salta, Argentina. Valdeznaval.gabriela@inta.gob.ar

MAIZE VEGETATIVE AND REPRODUCTIVE PLASTICITY AND ITS CONTRIBUTION TO YIELD WHEN PLANTED AT ULTRA LOW PLANT DENSITY IN LERMA VALLEY, SALTA

Abstract

The maize planted area growth in Lerma Valley was due to food demand in quantity and quality from the livestock activity. Maize is cultivated in unirrigated areas where hydric, edaphic or even both restrictions exist. Therefore, management practices which improve attainable yields are evaluated. Ultra-low-plant density (UBD) improves crop water availability, compensates yield crop due to the hybrids vegetative or reproductive plasticity, and improves the gross margin as well. Maize plasticity behavior when planted in UBD and yield contribution of each component are still unknown. Hence a trial was carried out at the Experimental Station of INTA Salta (24° 53' 35,68'' S – 65° 28' 26,02''O) where four maize hybrids expressing plasticity were planted at two densities: 60.000 (BD) and 30.000 plants ha⁻¹ (UBD). Plasticity components were evaluated: number of sub-apical ears (E. sap.) and tiller ears (E.mac.) related to number of plants, the contribution of each plasticity components to full yield and weight of 1000 seeds (P1000) of each component. Average contribution of E. sap: BD=15%- UBD= 31%; E.mac: BD=0.3%- UBD= 0.7%. Average yield: BD = 9,156 kg ha⁻¹- UBD = 7,246 kg. ha⁻¹. It was observed a significant statistic difference of each plasticity component to grain yield and P1000 due to the hybrid and to the density change.

Palabras claves

Plasticidad de maíz, ultra baja densidad, Valle de Lerma, rendimiento

Keywords

Maize plasticity, ultra low plant density, Lerma Valley, yield.



Introducción

El Valle de Lerma (provincia de Salta) caracterizado por la producción de leche, experimentó en los últimos años, un fuerte proceso de intensificación de la actividad pecuaria. La terminación de animales en corral y la producción intensiva de cerdos y pollos repercutió en una mayor demanda de alimentos de calidad y en cantidad. Las características del cultivo de maíz, permiten satisfacer esta demanda, motivo por el cual se observó el crecimiento de la superficie sembrada con maíz durante la última década (MAGyP, 2022).

El Valle de Lerma se ubica entre los paralelos 24° 30' y 25° 37' de latitud sur y los meridianos 65° 22' y 65° 40' oeste, a una altitud entre los 1100 y 1450 m. Es una llanura aluvial originada por el aporte continuo de sedimento de los ríos que descienden del relieve montañoso (Vargas Gil.,1999) y abarca una superficie de 170.000 has.

Las precipitaciones son orográficas con gradiente decreciente de oeste (1400 mm) a este (400 mm) (Bianchi y Yáñez, 1992). El 90 % de las precipitaciones se concentran entre mediados de octubre y abril (Vargas Gil, 1999), observándose, además, la variabilidad interanual de las mismas de 40 % (Bianchi y Yáñez, 2005). El clima es meso térmico y se caracteriza por la amplitud térmica diaria y estacional.

El Valle se caracteriza por la gran variabilidad edáfica (Nadir y Chafatinos, 1990), con diferencias en las propiedades físicas y químicas. La carta de suelos del Valle de Lerma (Vargas Gil, 1999) describe nueve series de suelos englobadas en siete tipos de suelos según el sistema americano de clasificación "Soil Taxonomy" (USDA, 1990).

El maíz se cultiva bajo condiciones de secano, por lo tanto, el volumen y la distribución de las precipitaciones constituyen una limitación para el crecimiento y desarrollo del cultivo. Si este factor se combina con las características edáficas que restringen el almacenamiento y la disponibilidad de agua para el cultivo (textura, profundidad del suelo, presencia de estados masivos), aumenta la limitante para la producción de granos (Otegui et al., 1995) y se compromete el rendimiento.

El rendimiento real histórico del Valle de Lerma fue de 5800 Kg ha⁻¹, observándose un incremento durante los últimos tres años, que se mantuvo en 6900 kg ha⁻¹ (MAGyP, 2022). Esta mejora en los rendimientos se debió a la genética empleada y a prácticas de manejo.

La densidad de siembra (Cerrudo et al., 2013) y la fecha de siembra son prácticas que permiten optimizar las condiciones del ambiente para lograr el mejor rendimiento alcanzable (Van Ittersun et al., 2003). Es así que, bajo condiciones de secano con mayores restricciones, donde los rendimientos reales son inferiores a los potenciales, el productor desarrolla la aversión al riesgo y busca ajustar la densidad de siembra al mínimo para mejorar la disponibilidad de agua (Grassinni et al., 2015).

En Argentina y otros países del mundo, se está evaluando la práctica de sembrar la mitad de la cantidad de semillas empleadas en un esquema defensivo, práctica denominada ultra baja densidad de siembra (UBD), la cual combinada con fechas de siembra tardías permitiría hacer mejor uso de los recursos y tendría la ventaja de mejorar el margen bruto de la producción, por ejemplo, en zonas con elevada variación interanual de las precipitaciones (Rotili et al., 2020, 2021).



Los híbridos empleados en esta práctica de UBD, deben expresar adaptación a las condiciones restrictivas del ambiente a través de la plasticidad vegetativa o reproductiva. La plasticidad vegetativa se refiere a la capacidad de emitir tallos secundarios fértiles (macollos fértiles) y la plasticidad reproductiva consiste en el desarrollo de múltiples espigas en el tallo principal (prolificidad).

Los híbridos con plasticidad muestran mejor comportamiento que los híbridos no plásticos (un tallo y una espiga por planta) y en el caso que la condición restrictiva mejore, por ejemplo, mayores precipitaciones, la plasticidad permite compensar el rendimiento ante una baja densidad de plantas. Algunos híbridos modernos pueden expresar la plasticidad a bajas densidades de siembra y ambientes específicos (Rotilli et al., 2021)

En el Valle de Lerma existen zonas con rendimientos inferiores a 7.000 kg ha^{-1} debido a las condiciones de bajas precipitaciones, restricciones edáficas o a ambas (Maddonni et al., 2021) en las cuales podría implementarse la siembra en UBD, pero hasta el momento se desconoce la expresión de la plasticidad de los híbridos cuando se siembran en ultra baja densidad y los rendimientos que pueden alcanzarse.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la expresión de la plasticidad vegetativa y reproductiva de cuatro fenotipos de maíz sembrados en ultra baja densidad en el Valle de Lerma y medir el rendimiento de grano.

La hipótesis planteada fue que los genotipos con plasticidad sembrados en ultra baja densidad compensan el rendimiento según el tipo de plasticidad, el prolífico aportará más espigas sub apicales que el flex y el macollador aportará espigas de macollos.

Materiales y Métodos

Se realizó un experimento en la Estación Experimental INTA Cerrillos, ubicada en Ruta Nacional 68 - Km 172 ($24^{\circ} 53' 35,68'' \text{ S} - 65^{\circ} 28' 26,02'' \text{ O}$), Salta. El diseño fue en bloques completamente aleatorizado con tres repeticiones. Se sembraron 24 parcelas experimentales de 4 surcos, distanciados a 0,52 m y 5 m de longitud ($10,4 \text{ m}^2$). Los tratamientos consistieron en las combinaciones de híbridos y densidades de plantas. Se evaluaron cuatro híbridos comerciales de diferente plasticidad vegetativa y reproductiva: 1) Dekalb 72-10 VT3P (DK7210): híbrido prolífico; 2) Dekalb 79-10 VT3P (DK7910): híbrido prolífico y macollador; 3) Pioneer 2353 PWU (P2353): híbrido macollador, no prolífico; 4) Pioneer 2089 VYHR (P2089): híbrido con flexibilidad de espiga (flex). Las densidades evaluadas fueron: 60.000 (BD) y $30.000 \text{ ptas. ha}^{-1} \text{ (UBD)}$.

El suelo del sitio de ensayo correspondía a la serie San Miguel, suelo franco, con 47% de limo, ligeramente alcalino, sin problemas de salinidad. El contenido de materia orgánica, nitrógeno total y magnesio era bajo a regular y podía presentar limitaciones para el crecimiento del cultivo, siendo adecuada la provisión de fósforo, calcio y potasio (Ortega y Corvalán, 2001).

El perfil del suelo mostraba la presencia de una discontinuidad litológica, correspondiente a un horizonte de arena y piedra (espesor 30 cm), que representa una limitación para el almacenamiento del agua y el crecimiento de raíces.



La limitación genética se agudiza por efecto de las labranzas y la falta de actividad biológica evidenciado en el perfil cultural (Gautronneau et al., 1996). Los primeros 5 cm presentaban terrones fácilmente disgregables, con estructura laminar ligeramente planchada. Entre los 5-15 cm de profundidad, predominaban los terrones de aspecto continuo, difícilmente disgregables y entre los 15-30 cm de profundidad se encontraba una capa masiva (Figura 1).

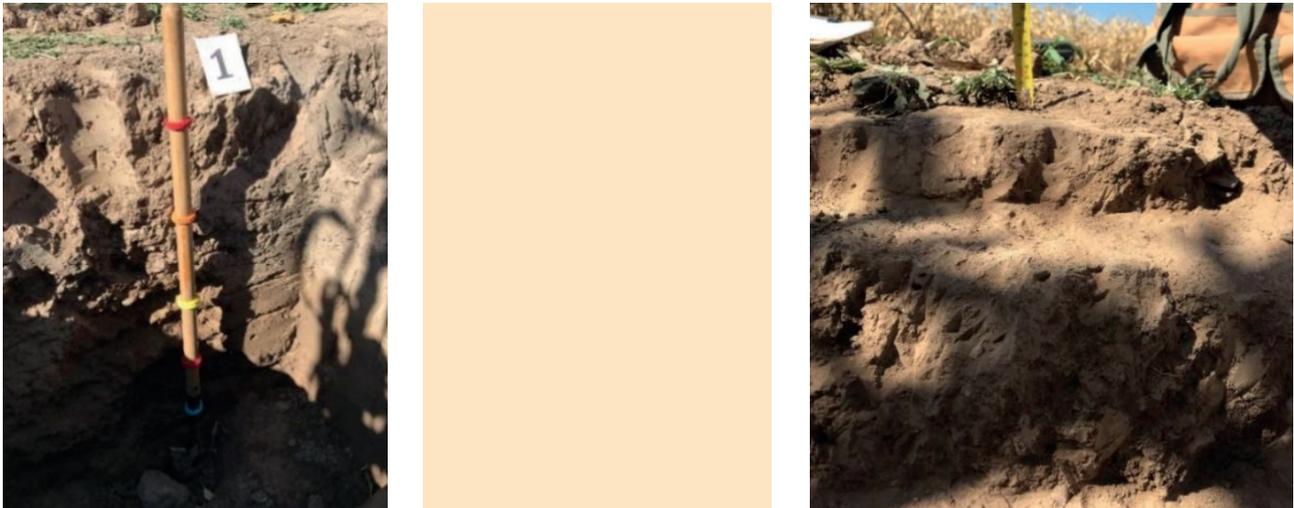


Figura 1. Perfil del suelo (izquierda) y perfil cultural (derecha) del sitio de ensayo.

Manejo del cultivo

La preparación de suelo se realizó de manera convencional y se sembró manualmente el 26 de enero del 2021. Las labores realizadas se indican en la Tabla 1.

Labor	Momento	Productos y dosis
Control de malezas	Pre-emergencia	Atrazina (2 kg ha ⁻¹) y Metolaclor (11 ha ⁻¹)
	V5 (Ritchie y Hanway, 1982)	Glifosato (2 l ha ⁻¹) y Atrazina (1 kg ha ⁻¹)
	V13	Aplicación dirigida de Glifosato (2 l ha ⁻¹)
Fungicida preventivo	V10-11 VT-R1	Azoxistrobina (0,5 l ha ⁻¹), Azoxistrobina Benzovindiflupyr (0,3 kg ha ⁻¹) y aceite.
Fertilización	V6-V7	100 kg de N ha ⁻¹ en forma de urea incorporada

Tabla 1. Labores realizadas, momento y productos y dosis empleados.

Variables Medidas

Variables meteorológicas: temperatura mínima, máxima y media (T^om), precipitaciones acumuladas y la evapotranspiración potencial (ET_o) como indicador de la demanda del ambiente (Dardanelli et al., 2003). Con los datos de temperatura se calcularon los grados días para una temperatura base de 10°C (GDb10) como la diferencia de temperatura media y la temperatura base 10.

Variables de cultivo:

a) Número de plantas por parcela previo a la cosecha y luego se extrapoló al número de plantas por hectárea (plantas ha⁻¹).



- b) Componentes de plasticidad en los 2 surcos centrales al momento de la cosecha: total de plantas, número de espigas apicales (E. ap.), espigas sub-apicales (E. sap.) y espigas de macollos fértiles (E.mac.) en 5,2 m⁻², posteriormente se calculó la expresión de **plasticidad reproductiva o prolificidad (P. rep.)** = E. sap./ n° plantas en la parcela y la **plasticidad vegetativa (P.veg.)** = **E. mac. /el total de plantas parcela**. Se calculó el total de espigas como la suma de E. ap. E. sap y E. mac y la contribución de los componentes de plasticidad al rendimiento como la relación porcentual de cada uno con respecto al rendimiento del híbrido.
- c) Peso de granos de cada componente (R.E. ap., R.E. sap. y R.E.mac.), peso de 1000 semillas (P1000) y la humedad del grano para luego expresar el rendimiento en granos (kg ha⁻¹) y el P1000 al 0% de humedad.

Análisis estadístico

El análisis de la varianza se hizo con el programa INFOSTAT (2020) y la comparación de medias con el test LSD Fisher con un grado de confianza del 95%.

Resultados

Las precipitaciones acumuladas durante el ciclo de cultivo fueron 542 mm, 21 % inferior al promedio anual de una serie histórica de 34 años (Bianchi y Yañez, 1992).

Previo a la siembra se registraron dos precipitaciones (29/12 y 17/01) mayores a 40 mm que permitieron acumular agua en el perfil, luego de la siembra, las precipitaciones fueron de poco volumen, pero con distribución uniforme hasta la primera quincena de abril (Figura 2).

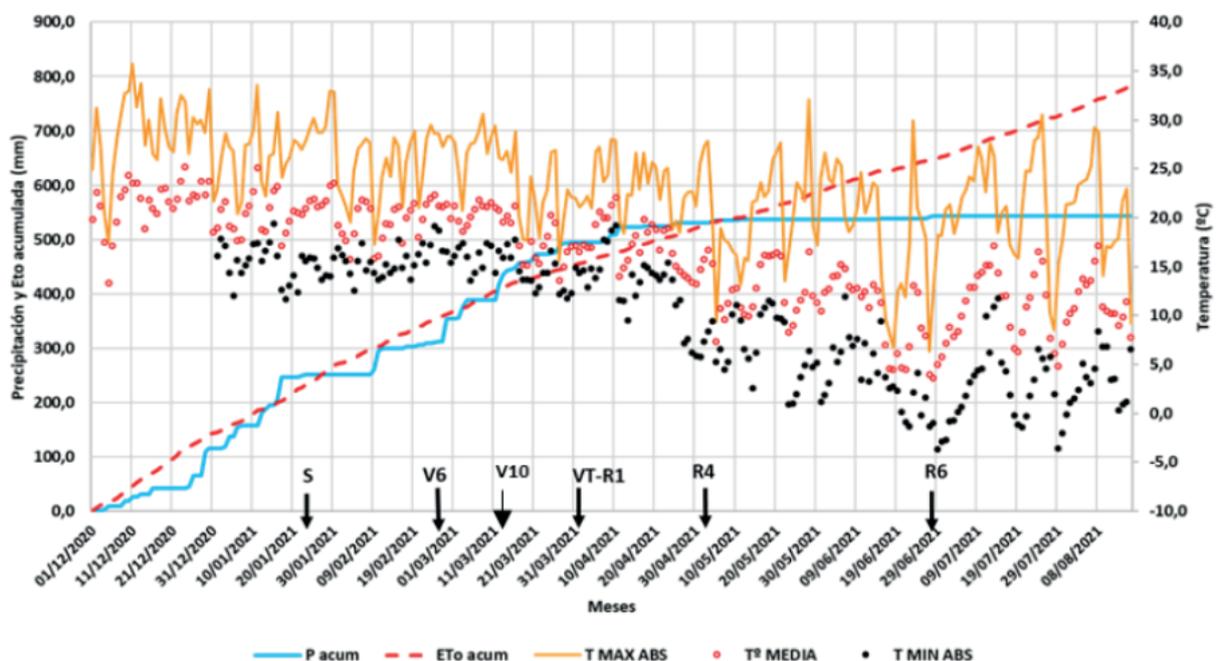


Figura 2. Variables meteorológicas acumuladas durante el ciclo del cultivo. Las flechas indican las fechas de ocurrencia de períodos críticos del cultivo y para la expresión de plasticidad (Fuente: EMA Cerrillos, INTA. Campaña 2020-2021).

La demanda atmosférica, expresada por la ETo (línea punteada), fue superior a la disponibilidad hídrica entre siembra y V6, lo que determinó que, durante ese período de tiempo, el balance hídrico ambiental fuese negativo en dos momentos. Entre V6 y R4, la situación se revirtió y el balance hídrico fue positivo.



Las temperaturas máximas registradas no superaron los 35°C y las temperaturas mínimas descendieron paulatinamente a partir del mes de abril registrándose heladas de poca duración en dos momentos del mes de junio (T° más baja: -3.7°C), evento que coincidió con la madurez fisiológica del cultivo.

Los grados días acumulados durante el ciclo de cultivo fueron 1481, entre siembra-V6 hubo 643 GD y entre V6-VTR1 282 GD.

Las plantas logradas a cosecha fueron BD= 54.167 plantas ha^{-1} (mín=50.000-máx= 59615) y UBD= 29.647 plantas ha^{-1} (mín=25.000- máx= 36.538) en UBD.

El número total de espigas (Tabla 2) indica que hubo diferencias de 29 % entre densidades de siembra (BD=75.481; UBD=53.045) que fueron estadísticamente significativas ($p < 0,0001$).

La plasticidad vegetativa (E. sap planta $^{-1}$) varió con diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,0001$) entre densidades (BD=0,39, UBD=0,77), expresando una diferencia de prolificidad 50 % más alta en UBD. También se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,0001$) entre híbridos (DK7210=0.69; DK7910=0,73; P2089=0,62; P2353=0,28) y no observaron diferencias estadísticas en la interacción híbrido-densidad.

La plasticidad vegetativa (E. mac. planta $^{-1}$) mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) entre híbridos y, significativas entre densidades ($p = 0,0348$) y a la interacción híbrido x densidad ($p = 0,0358$). Se destacó el híbrido P2353 por su capacidad de diferenciar espigas fértiles en macollos, la plasticidad vegetativa del híbrido fue BD= 5% y UBD =13 %.

El peso de 1000 semillas de los híbridos evaluados aumentó con la disminución de la densidad de siembra, el incremento de esta variable fue altamente significativo para el caso de las espigas apicales ($p < 0,0001$) y significativo para espigas sub apicales ($p = 0,0004$), mientras que el incremento del P1000 en espigas del macollo se explicó por el híbrido ($p < 0,0001$). En el caso del híbrido macollador (P2353), se observó que el P1000 de las espigas del macollo superó al de las espigas sub-apicales

Tabla 2. Componentes de plasticidad y P1000 semillas en tratamientos de Baja (BD) y Ultra Baja Densidad (UBD) de siembra de maíz. Las letras indican diferencias estadísticas significativas a la interacción híbrido-densidad en plasticidad vegetativa. El asterisco en P1000 semillas macollo indica diferencias altamente significativas en uno de los híbridos

Híbrido	Trat	Total de espigas (E ha^{-1})	Prol. Repro (E.sap p^{-1})	E.mac (N $^{\circ}$ p $^{-1}$)	P1000 E. ap (g)	P1000 E.sap (g)	P1000 E.mac (g)	P1000 promedio (g)
DK7210	BD	81.410	0,47	0 c	242	198	0	147
	UBD	51.282	0,91	0 c	267	232	0	166
DK7910	BD	82.692	0,80	0 c	233	206	0	146
	UBD	75.000	0,95	0 c	263	249	0	170
P2353	BD	62.820	0,15	0,05 b	253	196	158*	202
	UBD	51.282	0,41	0,13 a	271	201	224*	232
P2089	BD	75.000	0,45	0,01 bc	261	196	63	173
	UBD	57.051	0,80	0,02 bc	274	246	47	189



El rendimiento promedio del ensayo fue 8.201 kg. ha⁻¹, con diferencias estadísticas significativas ($p=0.0004$) al cambio de densidad (BD=9.156 kg ha⁻¹; UBD= 7.246 kg. ha⁻¹).

Las diferencias de rendimiento de las espigas sub apicales fueron estadísticamente significativas ($p=0,0010$) entre densidades (BD=1369 kg ha⁻¹; UBD=2258 kg ha⁻¹), significativas ($p=0.0001$) entre híbridos (DK7910=2643 kg ha⁻¹, P2089=2137 kg ha⁻¹, DK7210=1816 kg ha⁻¹, P2353=657 kg ha⁻¹) y no se observaron diferencias estadísticas en la interacción híbrido-densidad.

El rendimiento de las espigas de macollo varió con diferencias estadísticamente significativas entre híbridos ($p=0,0005$), no observándose diferencias entre densidades ni en la interacción híbrido-densidad. Se destacó el híbrido P2353, en el cual el aporte de espigas de macollos al rendimiento fue BD= 1 % y UBD= 2%. En la figura 3 se grafica el aporte de cada componente al rendimiento.

La contribución de la suma de espigas sub apicales y de macollo al rendimiento fue BD=15% y en UBD= 31%.

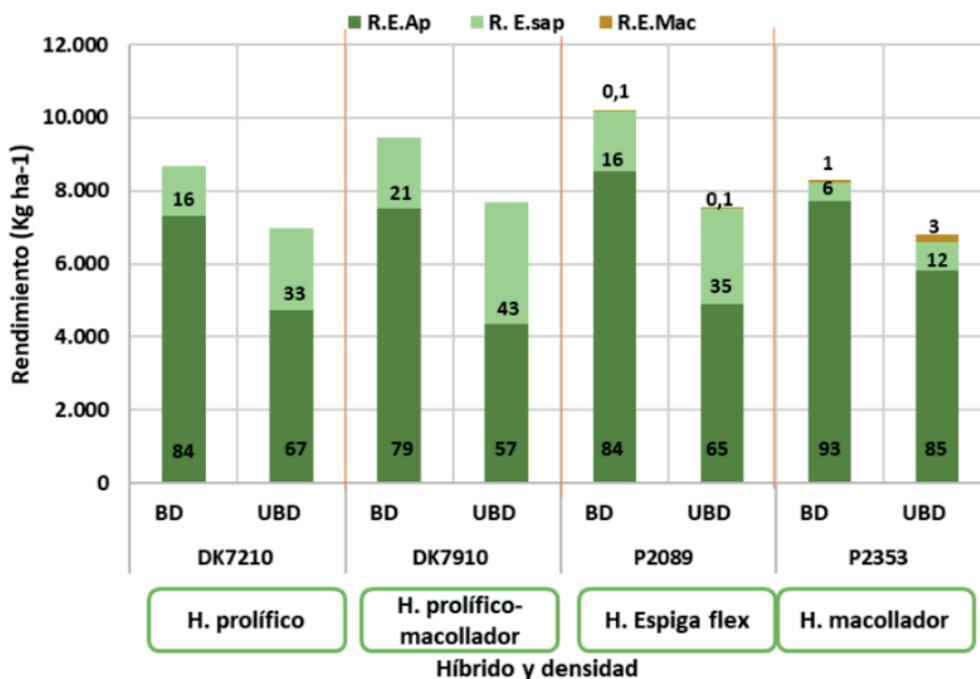


Figura 3. Aporte de los componentes de plasticidad (E. sap. y E.mac.) al rendimiento total de maíz por híbrido y densidad. En columnas apiladas el rendimiento total y la contribución de los componentes de plasticidad reproductiva y vegetativa, los números indican el aporte en por ciento.

Discusión

El rendimiento de granos medido en UBD fue menor que el rendimiento obtenido en BD, coincide con lo reportado por Rotilli et al. (2021) en distintas condiciones ambientales de Argentina y Kansas (E.E.U.U.). La contribución de las espigas sub apicales y de macollo al rendimiento total obtenido en el ensayo, fueron inferiores al valor citado, correspondiente al 40% para Argentina, durante una campaña lluviosa. El rendimiento promedio del ensayo fue intermedio a los rendimientos obtenidos en sitios de media loma y bajo.



A diferencia de los resultados obtenidos por Rotili et al. (2021), el híbrido macollador no fue el que mejor compensó el rendimiento frente a la disminución de la densidad. Durante el ciclo de cultivo, se observó el desarrollo de tallos secundarios o macollos en los 4 híbridos evaluados, principalmente en las plantas que recibieron mayor insolación, por encontrarse en el inicio de la parcela sin competencia entre plantas (Rotilli et al., 2021), pero al momento de cosecha, sólo los híbridos P2089 y P2353 presentaron macollos fértiles. El híbrido seleccionado por su capacidad de macollar fue P 2353, el cual sembrado en UBD sólo expresó 13 % de plasticidad vegetativa, lo que representó un aporte al rendimiento del 125% con respecto a los macollos de BD, pero no alcanzó para compensar el rendimiento obtenido en BD.

El aporte de la suma de espigas sub-apicales y de macollo al rendimiento en el híbrido P2353 fue menor que los citados por Rotilli et al. (2021), lo cual se explicaría por una baja eficiencia reproductiva de los macollos (Rotilli et al., 2020) y la competencia de los tallos sobre el tallo principal que compromete el cuajado de tallos en espigas sub-apicales. También se observaron macollos cuya inflorescencia apical presentaba estructuras similares a los pistilos granados pero eran estériles y estaría en relación con condiciones ambientales y hormonales desfavorables para la fertilidad de los macollos desarrollados (Irish, 1996 citado en Rotili, 2021).

Luego de V6, la disponibilidad de recursos (fertilizante y precipitaciones) fue favorable para la expresión de la plasticidad reproductiva, lo que se evidenció en ambos tratamientos por el desarrollo de espigas sub apicales. Si bien la prolificidad promedio en UBD incrementó 50 % como consecuencia de la disminución de la densidad de siembra, no alcanzó para compensar el rendimiento, que fue 21 % inferior al logrado en BD.

Las condiciones ambientales para la plasticidad reproductiva favorecieron incluso el desarrollo de una segunda espiga en el híbrido P2089, que no es prolífico, sino que expresa la plasticidad de la espiga para aumentar de tamaño con la disminución de la densidad.

El rendimiento promedio alcanzado en UBD fue superior al promedio real de la zona, esto podría explicarse por el comportamiento particular de las precipitaciones durante la campaña, las cuales, a pesar de haber sido inferiores al promedio histórico, se distribuyeron quincenalmente en eventos de poca intensidad, favoreciendo la acumulación de agua en el perfil y su disponibilidad para el cultivo.

Conclusión

El desarrollo de macollos fértiles en UBD fue escaso y no alcanzó para compensar el rendimiento logrado en UBD. En este ensayo fue mayor la contribución de la plasticidad reproductiva al rendimiento, pero aun así resultó insuficiente para compensar los rendimientos ante la disminución de densidad de siembra. El P1000 de cada componente incrementó con la disminución de la densidad de siembra.

En base a los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis de trabajo: genotipos con plasticidad compensan el rendimiento ante la disminución de la densidad según el tipo de plasticidad. Restaría conocer mejor los mecanismos que definen la expresión de plasticidad y el efecto del ambiente sobre cada uno de ellos para entender, por ejemplo, el comportamiento observado en



P2089. También sería conveniente observar el comportamiento bajo las condiciones normales de distribución e intensidad de las precipitaciones.

Se sugiere medir la longitud de las espigas en el híbrido flex y estudiar la dinámica de agua en el suelo cuando se siembra en UBD.

Agradecimientos

Este experimento forma parte del GET Red de ultra baja densidad de maíz (<https://www.agro.uba.ar/GET/reduba-demaiz/divulgacion>).



Referencias bibliográficas

- Bianchi, A.R. y C.E. Yáñez, 1992. Las precipitaciones en el Noroeste Argentino. 2 da edición. INTA, EEA Salta. 384 pp.
- Bianchi, A.R., Yáñez, C. E. y Acuña, L.R. 2005. Base de datos mensuales de precipitaciones del noroeste argentino. Proyecto Riesgo Agropecuario. INTA-SAGPyA. P:34-35
- Cerrudo, A., di Matteo, J.A., Fernandez, E., Robles, M., Pico Olmedo, L. y Andrade, F.H., 2013. Yield components of maize as affected by short shading periods and thinning.
- Dardanelli, J., Collino, D., Otegui, M. E. y Sadras, V. O. 2003. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. En: Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Ed: Facultad de agronomía. UBA. ISBN 950-29-071.3-2
- Grassini, P., Specht, J., Tollenaar, T., Ciampitti, I. y Cassman, K.G., 2015. High-yield maize-soybean cropping systems in the U.S. Corn belt. En: Sadras, V.O. y Calderini, D. F. (Eds.), Crop Physiology- Applications for Genetic Improvement and Agronomy, 2nd edition. Elsevier, Netherlands. Hernández, F., Amelong, A., Borrás, L., 2014.
- Crop Ortega A. y E. Corvalán, 1999. Diagnóstico de Suelos. Laboratorio Central de Análisis. INTA. EEA Salta. 3 pp.
- Gautronneau, Y., Manichon, H., Herve, D. y Ramos, D. 1996. Guía metódica del perfil cultural. La Paz, IBTA-ORSTOM, Informe N° 54,27 p.
- Geoportal IDESA, 2022. Disponible en: <http://geoportal.idesa.gob.ar>
- Maddonni, G.A., Parco, M., y Rotili, D.H. 2021. Manejo de la estructura del cultivo de maíz en ambientes marginales de Argentina. Rev. Facultad de Agronomía UBA, 41 (2) 90-105.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. 2022. Estimaciones Agrícolas. Obtenido de: <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>.
- Nadir, A. y Chafatinos, T. 1990. Adecuación a un Sistema de Información Geográfica del estudio "Los Suelos del NOA (Salta y Jujuy). [Dvd]. Convenio INTA-UNSa. 2009. Salta: Ediciones INTA, 2009. ISBN: 978-987-25050-8-0. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/prorenea/info/suelos.htm>
- Otegui, M.E. 1995. Prolificacy and grain yield components in modern Argentinean maize hybrids. Maydica 40, 371-376.
- Ritchie, S. W., Hanway, J. J., & Benson, G. O. (1982). How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa. Special Report, (48)
- Rotili, D.H., deVoil, P., Eyre, J., Serafin, L., Aisthorpe, D., Maddonni, G.A. y Rodriguez, D., 2020. Untangling genotype x management interactions in multi-environment on-farm experimentation. Field Crops Research. 255, 107900.
- Rotili, D.H., Sadras, V.O., Abeledo, L.G., Ferreyra, J.M., Micheloud, J.R., Duarte, G., Girón, P., Ermácora, M. y Maddonni, G.A. 2021. Impacts of vegetative and reproductive plasticity associated with tillering in maize crops in low-yielding environments: A physiological framework. Field Crops Research. 265. 108107
- van Ittersum, M. K., Leffelaar, P. A., Van Keulen, H., Kropff, M. J., Bastiaans, L., & Goudriaan, J. (2003). On approaches and applications of the Wageningen crop models. European journal of agronomy, 18(3-4), 201-234.
- Vargas Gil, J. 1999. Carta de suelos de la República Argentina. Provincia de Salta. Valle de Lerma. Hoja 7 Cerrillos. Ediciones INTA
- Vargas Gil, J. y I. Nieva, 2002. Áreas de Producción. En: El Cultivo de Poroto en la República Argentina. Ediciones INTA ISBN 987-521-067-6 pp: 61