

# RENDIMIENTO ALCANZABLE DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DESTINADOS A LA ELABORACIÓN DE SILO DE PLANTA ENTERA EN EL VALLE DE LERMA

---

## **Autores:**

**Gabriela Valdez Naval<sup>1</sup>, Ana Karina Alanís\*, Patricia Gabriela Chávez\*,  
Manuel Javier Carrizo\*, Marina del Rosario Pereyra\* y Diego Silvestre\***

\*Estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica. Ciencias Agrarias. U.N.Sa.

<sup>1</sup>Grupo de innovación en sistemas agrícolas. EEA Salta

**Estación Experimental Salta  
Julio 2022**



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
**Argentina**

## Introducción

El proceso de intensificación que vive la ganadería argentina ha significado profundos cambios en estos últimos 20 años, entre ellos, la terminación de animales en corrales, situación que implica mayor uso de granos, ensilajes de picado de planta entera y subproductos agroindustriales.

El Valle de Lerma, ubicado en la provincia de Salta, no fue ajeno a este proceso, a la tradicional producción de leche, se sumó en los últimos años el proceso de intensificación en la producción de carnes, aumentando la demanda de alimento en cuanto a cantidad y calidad.

Durante la última década se observó el incremento de la superficie sembrada con maíz en el Valle de Lerma (MAGyP, 2021), este crecimiento se debió a características del cultivo que permiten satisfacer los requisitos en la demanda de alimentos. El maíz es un cultivo que, además de producir altos niveles de materia seca por unidad de superficie, permite mediante la técnica de conservación de ensilaje de planta entera, aprovechar sus propiedades nutricionales. Los tallos y hojas son fuente de fibra y los granos, por su alto contenido de azúcares solubles, aportan energía (Almeida, 2014).

La producción de materia seca por unidad de superficie depende de la altura y el grado de desarrollo de las plantas, aspectos sobre los cuales influyen las características genéticas, el ambiente donde se desarrollan los cultivos y las prácticas de manejo. Las características genéticas también influyen en la calidad del silo, al determinar la cantidad de fibra que posee el tallo y el peso de la espiga, ya que se considera que cuanto mayor es el peso de la misma, mayor es la energía que aporta.

Entre las prácticas de manejo del cultivo, la densidad de siembra resulta de importancia en el planteo productivo, ya que permite hacer un mejor aprovechamiento de los recursos e insumos disponibles en el ambiente donde crece el cultivo e, influye en el rendimiento alcanzable de materia seca y granos (González Castañeda et al., 2005; Peña Ramos et al., 2010; Camarasa y Barletta, 2019).

La producción de materia seca responde positivamente al aumento de población entre 44.500 y 120.000 plantas por hectárea, pero no necesariamente impacta en la calidad del forraje (Cuomo et al., 1998; Cusicanqui y Lauer, 1999; Widdicombe y Thelen, 2002), se considera que un material de calidad para silo es aquel que, además de fibra tiene espigas y granos, que son los que aportan energía (Peña et al., 2003). Respecto a la producción de granos se observó que el aumento en la densidad de plantas por unidad de superficie, afectaba negativamente el tamaño de la espiga y producción de granos por planta (Otegui,

1977) pero no necesariamente el rendimiento potencial de granos (Peña Ramos et al., 2010), lo cual está en relación con las características del ambiente, la plasticidad de los híbridos empleados y el ciclo de los mismos (Nuñez et al., 1994; Failde et al., 2019; Valdez Naval et al., 2020).

La producción de maíz en el Valle de Lerma se hace con doble propósito: grano y forraje. La producción de materia verde oscila entre 50 y 60 t ha<sup>-1</sup> (Torfe, comunicación personal) y el rendimiento promedio del grano es 5,5 t ha<sup>-1</sup> (MAGyP, 2021) a la densidad promedio que oscila entre 38.462 y 48.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

En el caso de aprovechar maíz para ensilar, Bragachini et al. (2008) mencionan que, para la producción de material de calidad para silo, el maíz debe contener por lo menos entre el 30% y el 50% de granos sobre la base de materia seca y que el contenido de humedad óptimo para efectuar el picado debe ser del 60 a 70%.

En el Valle de Lerma, se desconoce cuál es el rendimiento silero alcanzable por híbridos de maíz, en ambientes de distinta productividad y a distintas densidades de siembra y cuál es la calidad de material para silo que se obtiene.

El objetivo del presente trabajo fue conocer el rendimiento silero alcanzable para la elaboración de silo de planta entera de tres híbridos de maíz, sembrados en ambientes de diferente potencial productivo a escala de lote y a tres densidades de siembra planteadas para la producción de grano.

Hipótesis de trabajo: el rendimiento de materia seca total de los híbridos, está en relación con la productividad del ambiente y la densidad de siembra.

## Materiales y métodos

Se trabajó en el campo de la Estación Experimental Agropecuaria Salta, situada en la localidad de Cerrillos, Ruta Nac. 68,-Km 172 (24° 53' 35,68'' S – 65° 28' 26,02'' O).

Este trabajo se realizó en un ensayo de maíz implantado el 26 de enero de 2021 para evaluar el rendimiento de granos.

Se trabajó en tres ambientes de distinta productividad, denominados como de alta, media y baja productividad (AP, MP y BP respectivamente). La calidad de los ambientes estaba determinada básicamente por las propiedades físicas y de calidad de sitio. El perfil de suelo del ambiente de AP mostró ser un suelo con horizontes más desarrollados, mientras que los suelos del ambiente de BP y MP mostraron menor desarrollo de horizontes genéticos.

El ambiente de AP se encontraba en un relieve normal, con pendiente menor al 1%. El suelo se caracterizó por presentar texturas medias (franco limoso) en superficie a gruesa

[Rendimiento alcanzable de híbridos de maíz destinados a la elaboración de silo de planta entera en el Valle de Lerma](#)  
Julio 2022 | Cantidad de páginas: 17

en profundidad. Con desarrollo de horizontes genéticos. Era un suelo bien drenado, con permeabilidad moderada en superficie a algo excesivamente drenado y permeabilidad moderadamente rápida en profundidad.

El perfil cultural reveló la existencia de dos capas bien diferenciadas producto del accionar de las labranzas. En los primeros 8 cm, se observaba una capa con terrones con fisuras, fácilmente disgregable, con predominio de estructura laminar con tendencia a bloques masivos y con una ligera restricción al desarrollo de raíces. La segunda capa, entre los 8-18 cm se caracterizó por la presencia de terrones de aspectos continuos, difícilmente disgregables con escasa porosidad visible. Por debajo de los 18 cm se observaban terrones de aspectos continuos y masivos, más compacta.

El ambiente de MP se ubicaba en relieve subnormal a ligeramente cóncavo, con una pendiente promedio de 1%, compuesto por sedimentos aluviales, texturas finas en superficie y media en profundidad. Moderadamente bien drenado y permeabilidad lenta en superficie a bien drenado y permeabilidad moderada en profundidad. Presentaba rasgos hidromórficos determinados por la presencia de moteados. Débil desarrollo de horizontes genéticos con discontinuidades litológicas a partir de los 23 cm de profundidad, de distinto espesor y texturas. Entre los 60 y 80 cm de profundidad se encontraba una capa de arena y piedra. En el perfil cultural se observó la presencia de tres capas producto de las labranzas y agentes climáticos. Los primeros 7 cm no se hallaban muy adensados ya que los exudados radicales y la materia orgánica contribuían a la agregación de partículas, se observaban grietas y los terrones formados tenían disposición laminar con tendencia a masivos. La segunda capa, detectable entre los 7-15 cm de profundidad, se caracterizó por la presencia de terrones difícilmente disgregables, no estaba muy adensada y la presencia de grietas permitía el crecimiento en forma vertical de las raíces, lo que favorecía la infiltración. La tercera capa, presente a los 15-30 cm, estaba constituida por terrones masivos con formación de bloques, más densa que la anterior.

El ambiente de BP se ubicaba en un relieve normal, con pendiente promedio de 1%, compuesto por sedimentos aluviales y texturas medias. El perfil presentaba buen drenaje, con permeabilidad moderada y presencia de carbonatos en profundidad. A los 30 cm de profundidad se observaba una discontinuidad litológica con un horizonte compuesto por arena y piedra, lo que constituye una limitación para el almacenamiento del agua y el crecimiento de raíces. Esta limitación genética se agudizó por efecto de las labranzas y la actividad biológica. En los primeros 5 cm del perfil cultural, se observaban terrones con fisuras fácilmente disgregables, esta capa no era muy densa debido a la acción de las raíces, pero dominaba la estructura laminar y estaba ligeramente planchada. Entre los 5-15

cm de profundidad, predominaban los terrones de aspecto continuo, difícilmente disgregables, aspecto que significa un impedimento físico para el crecimiento de las raíces, las que sólo pueden crecer por los planos de debilidad o grietas. Por último, entre los 15-30 cm de profundidad se encontraba una capa masiva, producto de las labranzas, que representa un importante impedimento para el crecimiento de las raíces.

Desde el punto de vista de fertilidad química, los suelos no presentaban problemas de salinidad, eran suelos alcalinos a ligeramente ácidos sin limitaciones para el crecimiento de los cultivos, la materia orgánica se encontraba en un rango de valores que podían resultar regulares para los cultivos. La disponibilidad de fósforo, potasio y calcio era muy buena y no ofrecía limitaciones para el crecimiento de cultivos, en cambio la concentración de magnesio era buena a regular y podía representar poca limitación para el cultivo (Ortega y Corvalán, 2001). Las características de textura y fertilidad de los ambientes se resumen en la Tabla 1.

**Tabla 1. Textura y propiedades químicas del suelo en los ambientes evaluados. Determinaciones realizadas en los primeros 20 cm de profundidad.**

		BP	MP	AP
Arena	(%)	32,2	24,6	23,4
Limo	(%)	47,4	48,6	51
Arcilla	(%)	20,4	26,8	25,6
Capacidad Hídrica de saturación	(%)	33,4	38,8	33,8
pH en suspensión suelo-agua	01:02,5	7,14	7,74	6,92
CE (salinidad)	(mmhos/cm)	0,32	0,528	0,312
Carbonato de Ca y Mg	(%)	0	0	0
Carbono Orgánico	(%)	1,142	1,086	1,388
Materia Orgánica	(%)	1,97	1,874	2,394
Nitrógeno Total	(%)	0,128	0,126	0,134
Relación C/N		9	8,6	10,4
Fósforo extractable	(p.p.m.)	21	19	24.6
Sodio Intercambiable	(meq/100g)	0,32	0,4	0,38
Potasio Intercambiable	(meq/100g)	0,924	0,726	1,388
Calcio Intercambiable	(meq/100g)	8,74	12,36	946
Magnesio intercambiable	(meq/100g)	2,08	2,34	2,2

Se evaluaron tres híbridos de maíz: Pioneer 2353 PWU (P2353), Dekalb 7210 VT 3Pro (DK7210) y Brevant 8472 PWUN (B8472). El híbrido P2353, es cruza de templado por tropical, maíz de doble propósito (grano y silo), con madurez relativa de 126 días. DK 7210 es un híbrido templado adaptado a la región norte, con alta

estabilidad en ambientes restrictivos, la madurez relativa es 122 días. Y el híbrido B8472 es un híbrido templado y la madurez relativa de 123 días.

Las densidades de siembra empleadas fueron 38.462 plantas ha<sup>-1</sup> (D1), 57.693 plantas ha<sup>-1</sup> (D2) y 76.924 plantas ha<sup>-1</sup> (D3).

### Manejo del cultivo

*Laboreo del suelo y siembra:* previo a la siembra se realizó cincel y rastra de siembra. La siembra se realizó de forma manual, el 26 de enero del 2021. La parcela experimental consistió en cuatro surcos de 5 m de largo, distanciados a 0.52 m, en total se trabajó con 54 parcelas de 10.4m<sup>2</sup> cada una.

*Control de malezas:* en pre-emergencia del cultivo se aplicó la mezcla de Atrazina (1 kg ha<sup>-1</sup>) y Metolaclo (1l ha<sup>-1</sup>). En post-emergencia del cultivo se realizaron dos aplicaciones de herbicidas: 1) en V5 (Ritchie y Hanway, 1982) mezcla de Glifosato (2l ha<sup>-1</sup>) y Atrazina (1 kg ha<sup>-1</sup>) y 2) aplicación dirigida de Glifosato (2l ha<sup>-1</sup>) en V13.

*Aplicación preventiva de fungicidas:* en dos momentos del ciclo, en V10-11 y en VT-R1 con la mezcla de Azoxistrobina (0,5 l ha<sup>-1</sup>), Azoxistrobina - Benzovindiflupyr (0,3 kg ha<sup>-1</sup>) y aceite.

*Fertilización:* se realizó en V6-V7 con 100 kg N. ha<sup>-1</sup> en forma de urea.

### Variables medidas

*Variables meteorológicas:* temperatura mínima, máxima y media, precipitaciones acumuladas, humedad relativa y evapotranspiración potencial (ETo), que representa la demanda del ambiente (Dardanelli, 2003). Dichos datos fueron contrastados con de la serie histórica 1931/98 de INTA Cerrillos, y se calculó el balance hídrico ambiental como la diferencia entre precipitación y ETo.

*Variables del cultivo:* número de plantas por parcela, transformado a número de plantas por hectárea (plantas ha<sup>-1</sup>).

Materia Verde Total (MVT): en R5 ( Zadocks, 1974) se cortaron dos plantas por parcela, la altura de corte fue a los 20 cm del suelo. Se pesaron las plantas enteras y se obtuvo el peso de planta entera (PPE) y luego por separado, los

componentes hoja tallo y espiga y se expresaron como peso de componente (Pc) de cada componente en kg (PH, PTa y PE).

$$\text{MVT (T ha}^{-1}\text{)} = (\text{PPE} \times \text{n}^{\circ} \text{ plantas ha}^{-1}\text{)} / 2$$

Se cortó la porción apical, media y basal de cada componente, de manera de obtener una muestra representativa por componente, las cuales fueron picadas hasta tamaño de ensilaje (1 cm aproximadamente) y homogeneizadas. Se tomó una sub-muestra para la determinación de materia seca.

-Porcentaje de materia seca de hoja, tallo y espiga (%MSH, %MSTa y %MSE, respectivamente): se determinó el peso de la muestra verde húmeda (PV), luego se llevó a estufa de circulación forzada, a 105°C, durante aproximadamente 72 horas hasta alcanzar peso constante, se determinó el peso seco (PS) y se calculó el porcentaje de MS como:

$$\% \text{MS} = \text{PS} / \text{PV} \times 100.$$

-Materia seca de hoja, tallo y espiga (MSH, MSTa, MSE): se calcularon como

$$\text{MSTa} = (\% \text{MSTa} \times \text{PTa}) / 100$$

$$\text{MSH} = (\% \text{MSH} \times \text{PH}) / 100$$

$$\text{MSE} = (\% \text{MSE} \times \text{PE}) / 100$$

-Materia seca de planta entera referida como materia seca total (MST) se calculó como la sumatoria de la MS de cada componente (MSH, MSTa, MSE) expresada en kilogramos ha<sup>-1</sup>

$$\text{-Humedad (H}^{\circ}\text{)} = ((\text{MVT} - \text{MST}) / \text{MVT}) \times 100$$

- Porcentaje de aporte de cada componente en la MSPE (%Hoja, %Ta, % E) se calculó como:

$$\% \text{ Hoja} = (\text{MSH} / \text{MSPE}) \times 100$$

$$\% \text{Ta} = (\text{MSTa} / \text{MSPE}) \times 100$$

$$\% \text{E} = (\text{MSE} / \text{MSPE}) \times 100$$

Y por último el rendimiento de MST expresado en kg ha<sup>-1</sup>, que se calculó como

$$\text{Rendimiento de MST (T ha}^{-1}\text{)} = (\text{MSPE} \times \text{n}^{\circ} \text{ plantas ha}^{-1}\text{)} / 2$$

## Análisis estadístico

El ensayo se sembró con un diseño de bloques completamente aleatorizado en cada ambiente de distinto potencial productivo.

Para la confección de la base de datos se utilizó el software Excel®. Los datos se analizaron a través del ANAVA de INFOSTAT (2018); y la comparación de medias con el test LSD Fisher con un grado de confianza del 95%. Se analizaron tres factores: ambiente, híbrido, densidad de siembra.

## Resultados

Las precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo fueron inferiores al promedio histórico de la zona durante el ciclo del cultivo, excepto en marzo que el registro superó el promedio (Tabla 2). Las precipitaciones registradas durante el ciclo de cultivo sumaron un total de 543 mm.

**Tabla 2. Precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo y serie histórica. (Fuente: EMA Cerrillos, INTA. Campaña 2020-2021).**

Mes	Dic	Ene	Feb	Mzo	Abr
<b>Registro precipitaciones 2020-2021 (mm) (1)</b>	116	136	103	140	36
<b>Días de lluvia (nº) (2)</b>	16	17	12	22	6
<b>Registro histórico de precipitaciones (mm) (3)</b>	148,9	196	154	112,9	35
<b>Diferencia (3) y (4)</b>	-33	60	51	-17,1	-2

En la Figura 1 se grafican las variables meteorológicas acumuladas para el ciclo del cultivo. Durante el período vegetativo, hasta V6 hubo dos momentos donde la ETo no fue satisfecha por las precipitaciones caídas, situación que se revirtió a partir de ese estado fenológico y se mantuvieron hasta R5-R6.

Las temperaturas medias descendieron progresivamente mes a mes, las mínimas no sufrieron grandes fluctuaciones a lo largo de la campaña y las máximas denotaron un descenso hasta el mes de febrero, donde posteriormente en marzo retomó un valor promedio de 30,6°C para luego descender en el mes de abril.



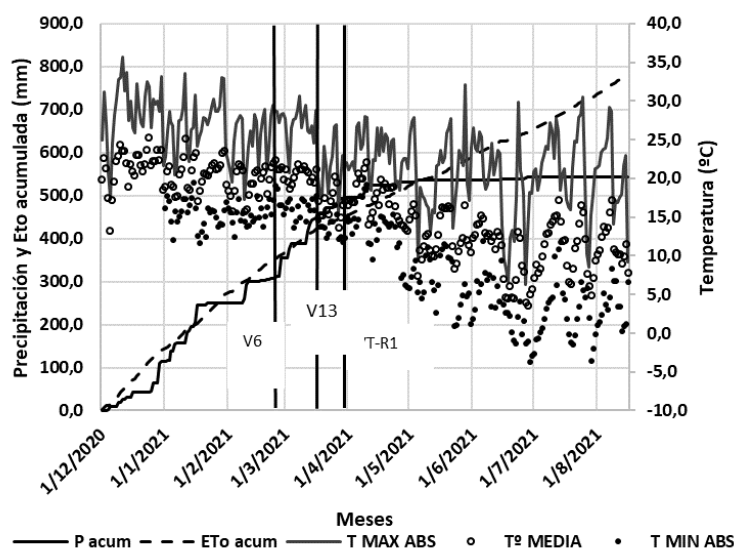


Figura 1. Variables meteorológicas acumuladas durante el ciclo del cultivo. (Fuente: EMA Cerrillos, INTA. Campaña 2020-2021).

Con respecto a la densidad de siembra, el número de plantas logradas a cosecha fue diferente al número de semillas implantadas, las diferencias oscilaron alrededor del 1% (Tabla 3).

Tabla 3. Diferencia de densidades entre tratamientos.

Tratamiento	Población objetivo (plantas ha <sup>-1</sup> )	Población alcanzada (plantas ha <sup>-1</sup> )
D1	38.462	40.277
D2	57.693	54.487
D3	76.924	70.459

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Los rendimientos de MST y MVT correlacionaron positivamente con un  $R^2$  de 0,849 (Figura 2)

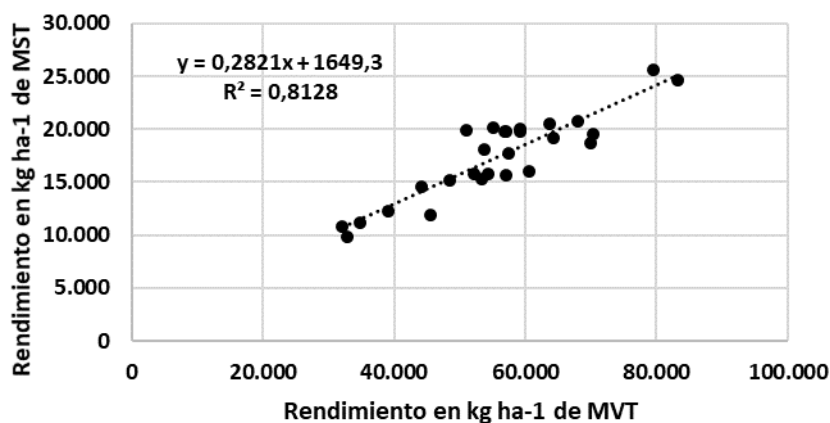


Figura 2. Regresión de MST y MVT.

Describiendo el comportamiento de las variables MVT y MST en cada ambiente, representados en la figura 3, se observaba que la variable MVT de los híbridos aumentaba con el incremento de la densidad y la MST expresaba un comportamiento similar pero las diferencias entre los híbridos se acortaban. El rendimiento promedio de MVT fue  $55.705 \text{ kg ha}^{-1}$ , la variabilidad de rendimiento osciló entre  $32.188$  y  $83.149 \text{ kg ha}^{-1}$ . El rendimiento promedio de MST fue  $17.361 \text{ kg ha}^{-1}$ , y la variabilidad osciló entre  $9834$  y  $25.666 \text{ kg ha}^{-1}$ .

En el ambiente AP los tres híbridos aumentaron el rendimiento de MST con el aumento de la densidad. Los rendimientos más altos se registraron en la densidad D3, siendo el híbrido B8472 PWUN el de rendimiento más alto ( $20.748 \text{ kg ha}^{-1}$ ), luego el híbrido P2353 PWU ( $18.696 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y con el menor rendimiento el híbrido DK7210 VT3Pro ( $17.742 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

En el ambiente MP, se observó un incremento más pronunciado del rendimiento de MST al variar la densidad D1 a D2, mientras que en el aumento de D2 a D3, los rendimientos no variaron o disminuyeron con respecto a los rendimientos medidos en la densidad D2. Los híbridos B8472 PWUN y P2352 PWU expresaron mayores rendimientos a la D2, mientras que DK7210 VT3Pro rindió alrededor de 2% más en D3.

En el ambiente de BP, el híbrido B8472 PWUN incrementó rendimientos con el aumento de la densidad de D1 a D3, alcanzando los  $19.519 \text{ Kg ha}^{-1}$ . El híbrido DK7210 VT3Pro mostró menor rendimiento a la densidad D2, esto se debió a que el número de plantas fue menor que la población objetivo e incluso menor al número de plantas en D1, sin embargo, en D3 mostró mayor rendimiento con respecto a D1. El híbrido P2353 PWU a la densidad D3 disminuyó el rendimiento con respecto a D2.

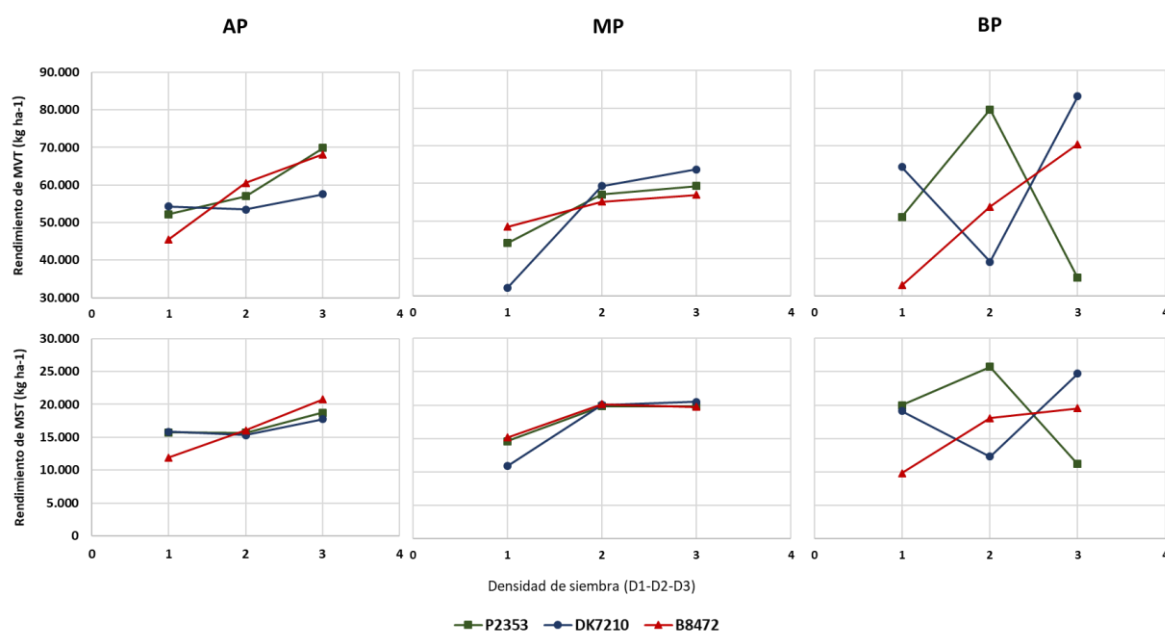


Figura 3. Rendimiento de MVT y MST expresado en kg ha<sup>-1</sup> de cada híbrido en las distintas densidades de siembra y ambientes. En la parte superior se representa la MVT y en la parte inferior la MST

La variable MVT mostró que las diferencias observadas en la Figura 3, eran estadísticamente significativas y se explicaban por la interacción ambiente x híbrido x densidad y por el cambio de la densidad (Tabla 4)

La variable humedad indicó que hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambientes, los valores de humedad oscilaron entre 62 y 78%, obteniéndose los valores más bajos de humedad en el ambiente MP (66%). Se observó que los rendimientos promedios de MVT estaban en relación con los valores promedios de H<sup>0</sup> en los distintos ambientes.

La producción de MST no mostró diferencias estadísticamente significativas debidas al ambiente, ni a los híbridos, la significancia se observó para los cambios de la densidad. El rendimiento promedio de MST en la densidad D1 fue de 14.781 kg ha<sup>-1</sup>, en la densidad D2 se midieron 18.119 kg ha<sup>-1</sup> de MST y en la densidad D3 rindieron 19.183 kg ha<sup>-1</sup>.

Tabla 4. Potencial alcanzable de los híbridos en los distintos ambientes y densidades. Híbrido, ambiente (A), densidad (D), humedad (H<sup>0</sup>), MVT (Kg. ha<sup>-1</sup>), MST (Kg ha<sup>-1</sup>), porcentaje de aporte de tallos (%Ta), hojas (%H) y espigas (%E) a MST. Las letras “S” indican diferencias significativas, las no significativas se expresan con “NS” y las letras que marcan diferencias estadísticas están referidas al factor que mostró significancia.

Híbrido	A	D	H <sup>0</sup>	MVT	MST	% Ta	% H	% Esp
DK7210 VT 3 PRO	BP	1	70,3 a	64,4 abcd	19,1	23	19	58
		2	68,2 a	39,2 efgh	12,3	25	21	54
		3	70,6 a	83,1 a	24,0	29	19	52
	MP	1	66,2 b	32,2 h	10,9	35	20	45
		2	66,1 b	59,3 bcdef	20,0	29	18	52
		3	67,9 b	63,8 abcde	20,5	32	16	51
	AP	1	70,9 a	54,3cdefgh	15,8	28	17	55
		2	71,7 a	53,4 cdefgh	15,3	36	28	36
		3	69,1 a	57,5bcdefg	17,7	25	21	54
P2353 PWU	BP	1	61,1 a	51,1 cdefgh	19,9	43	16	41
		2	67,9 a	79,6 ab	25,7	25	21	54
		3	70,1 a	34,8 gh	11,2	27	25	47
	MP	1	66,9 b	44,1 defgh	14,6	31	16	53
		2	65,1 b	57,0 bcdefgh	19,9	29	15	56
		3	66,6 b	59,3 abcdef	19,8	26	20	53
	AP	1	69,8 a	52,2 cdefgh	15,7	31	14	54
		2	72,5 a	60 bcdefgh	15,7	31	18	51
		3	73,2 a	69,8 abc	18,7	37	28	35
B8472 PWUN	BP	1	69,7 a	32,8 gh	9,8	32	14	54
		2	67,7 a	53,8 cdefgh	18,0	26	19	55
		3	72,3 a	70,4 abc	19,5	25	14	62
	MP	1	68,6 b	48,5 cdefgh	15,1	27	17	56
		2	63,6 b	55,1 bcdegh	20,1	29	18	53
		3	65,5 b	56,9 bcefgh	19,7	27	22	51
	AP	1	74,7 a	45,5 cdefgh	11,9	35	26	39
		2	73,2 a	60,6 abcde	16,0	26	19	55
		3	69,7 a	68,1 abcd	20,7	29	20	51
Promedio				17.361	30	19	51	
Ambiente		NS	NS	NS			NS	
Híbrido		NS	NS	NS			NS	
Densidad		S	S	S			NS	
A*H		NS	NS	NS			NS	
A*D		NS	NS	NS			NS	
H*D		NS	NS	NS			NS	
A*H*D		NS	S	NS			NS	

Para una misma columna medias seguidas con distinta letra indican diferencias significativas LSD Fisher ( $p \leq 0,05$ ).

El análisis del comportamiento de cada híbrido por separado no mostró diferencias significativas para los factores ambiente y densidad, sólo el híbrido DK7210 VT 3 Pro mostraría una tendencia a marcar diferencias por densidad ( $p=0.0523$ ). En el análisis de los datos vertidos en la Tabla 4, resulta llamativo que DK7210 en ambiente Baja Productividad tenga rendimientos similares y superiores a los de Alta Productividad. Lo mismo ocurre con observaciones en los restantes materiales.

Al analizar el aporte de los componentes del rendimiento a la materia seca total, se observó que, en promedio para todo el ensayo, las espigas contribuyeron en 51% a la composición de MST, las hojas aportaron un 19 % y el aporte de los tallos fue el 30%. No se observaron diferencias significativas entre ambientes, híbridos, ni densidades. En la Figura 4 se grafica el aporte que hizo cada componente del rendimiento a la MST obtenida por los distintos híbridos con el cambio de la densidad y en los distintos ambientes.

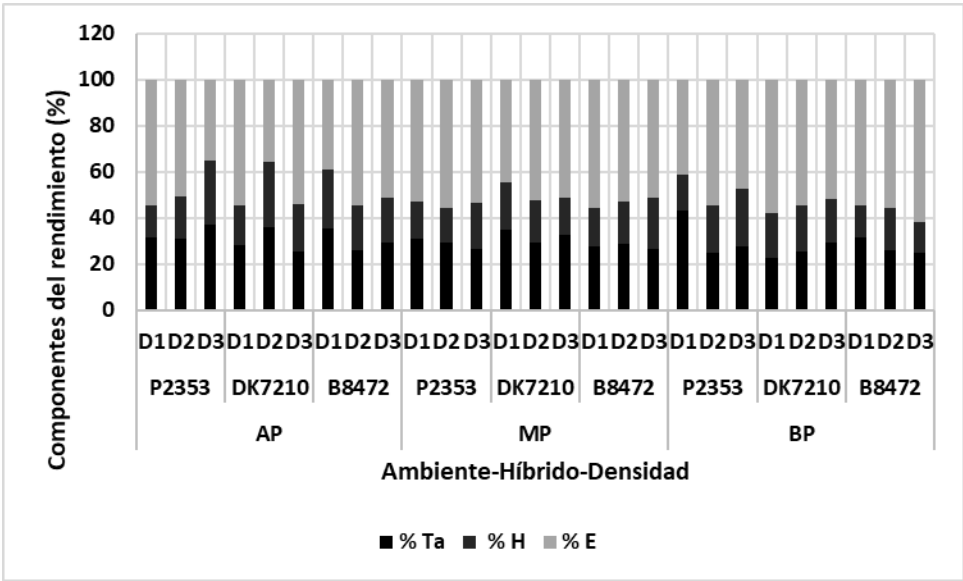


Figura 4. Aporte de los componentes tallo-hoja-espiga a la MST

### Discusión

La humedad de corte se encontraba dentro de los valores citados por Bragachini et al. (2008), lo que indicó que el momento de corte para conservación fue el adecuado.

La producción de MVT mostró significancia a la interacción ambiente x híbrido x densidad, sin embargo, el efecto del ambiente y el híbrido no fueron evidentes al considerar

la producción de MST, que sólo se explicó por las variaciones de densidad, resultado similar a lo encontrado por Peña Ramos et al. (2010).

El incremento significativo en 3.74 t ha<sup>-1</sup> de la producción de MST con el aumento de la densidad de plantas de 38.462 plantas ha<sup>-1</sup> a 57.693 plantas ha<sup>-1</sup>, se encontró dentro de los incrementos reportados por Cusicanqui y Lauer (1999) para 44.500 y 104.500 plantas ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, al elevar la población a 76.924 plantas ha<sup>-1</sup>, el incremento en 1.06 t ha<sup>-1</sup> de MST no fue significativo e incluso fue inferior a 1.6 t ha<sup>-1</sup> reportadas por Widdicombe y Thelen (2002) cuando elevaron la densidad de 64.000 a 88.900 plantas ha<sup>-1</sup>

Aunque la producción de MST no mostró significancia para el efecto ambiente, el comportamiento observado de los híbridos al incremento de la densidad de plantas, estarían en relación con la plasticidad de los mismos. Este comportamiento coincide con lo observado por Failde et al. (2019) y Valdez Naval et al. (2021), respecto a que híbridos con mayor plasticidad se comportan mejor, en ambientes menos productivos, que los híbridos con menor plasticidad. El incremento del rendimiento en los híbridos menos plásticos, fue significativo al aumento de la densidad hasta 67.000 plantas ha<sup>-1</sup>, perdiendo significancia a densidades de 86.500 plantas ha<sup>-1</sup>. Con respecto a los híbridos menos plásticos, éstos rindieron más en la medida que mejoraba la productividad del ambiente y permitían incrementar la densidad de plantas. En este aspecto el híbrido P2353 PWU en el ambiente de BP sembrado a la densidad más alta, fue el que expresó menor producción de MST y en la medida que mejoró el ambiente mostró tendencia a incrementar el rendimiento con el aumento de la densidad. Al igual que DK7210 VT3 Pro, que en el ambiente de BP alcanza el mayor rendimiento a la densidad más alta y en la medida que mejoró el ambiente la tendencia a incrementar la producción de MST, con el aumento de la densidad fue menos pronunciada, pero se estabilizaba. Mientras que el híbrido B8472 PWUN mostró tendencia a aumentar el rendimiento en la medida que mejoraba la productividad del ambiente y con el aumento de la densidad.

El ciclo de los híbridos podría explicar también el comportamiento de los mismos al incremento de la densidad de plantas, al respecto Nuñez et al. (1994) observaron una relación positiva en la producción de materia seca al aumentar la densidad. La respuesta positiva en híbridos con más días de ciclo se mantenía hasta 80.000 plantas ha<sup>-1</sup> y en los de menos días de ciclo hasta las 120.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Con respecto a la calidad de material para silo, las espigas aportan a la calidad del mismo por el ser la parte más digestible de la planta y altamente energéticas, gracias a los azúcares solubles del grano (Peña et al., 2003). En este trabajo el aporte promedio de las espigas a la MST fue del 51 %, encontrándose dentro de los valores citados por Bragachini

et al. (2008) como óptimos para garantizar calidad del silo de planta entera. El aporte medido en los distintos ambientes y densidades osciló entre 36-62 %, dicha oscilación no fue significativa. El porcentaje de espigas obtenido en este trabajo fue mayor que el citado por Camarassa y Barletta (2019), donde observaron que la calidad nutricional no estuvo afectada por la densidad de plantas, sino por el estado de madurez al momento de corte. A medida que aumentó la madurez, se compensó la calidad de la porción fibrosa con mayor proporción de espiga.

La ausencia de significancia para el efecto ambiente sobre la producción de MST se explicaría por el efecto de las precipitaciones y las temperaturas registradas durante la campaña. Se debe destacar que la siembra del ensayo correspondió a una fecha más tardía que la recomendada. En el ciclo del cultivo, las precipitaciones fueron, con excepción de dos eventos, de poco volumen e intensidad, lo que favoreció la infiltración del agua en el perfil del suelo, incluso en los perfiles que mostraban mayores impedimentos físicos. La distribución de las precipitaciones fue uniforme, salvo en dos oportunidades durante el período vegetativo, en el cual hubo 25 días sin lluvia, el resto de las precipitaciones se produjeron en cortos períodos de tiempo, lo que favoreció la acumulación de agua en el perfil, favoreciendo el crecimiento de las raíces y la disponibilidad de agua para el cultivo. La temperatura del aire disminuyó paulatinamente a partir de la primera semana de febrero, sin superar los 30° C, lo que favoreció que el cultivo no experimentase déficit hídrico.

## Conclusión

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten concluir que la producción de materia seca total de los híbridos evaluados responde a los cambios de densidad, aunque en esta campaña en particular no se observaron diferencias entre ambientes. Por lo tanto, se acepta parcialmente la hipótesis de trabajo y se sugiere repetir el ensayo en la fecha de siembra recomendada para la zona y evaluar si bajo otras condiciones meteorológicas se expresan las limitaciones del ambiente para la infiltración, acumulación y disponibilidad de agua en el perfil de manera de ajustar la densidad de siembra por ambientes a escala de lote.

Sería interesante contemplar el efecto de la fertilización en la disponibilidad de nitrógeno entre Ambientes dado que, por ser una única dosis puede potenciar los ambientes con limitantes en desmedro de los mejores y también se sugiere completar el análisis de calidad de silo en lo referido a digestibilidad.

## Agradecimientos

Se agradece al semillero Pioneer, que con su aporte hizo posible la evaluación de rendimiento de híbridos para silo de planta entera y la formación de recursos humanos.

El ensayo de maíz se sembró en el marco del Proyecto Estructural: Desarrollo y aplicación de tecnologías de mecanización, precisión y digitalización de la Agricultura con el apoyo de la Asociación Cooperadora de INTA EEA Salta y su personal.

## Referencias bibliográficas

- Almeida, R. 2014. Elección de maíz para silo. Forratec Pergamino. Disponible en <https://forratec.com.ar/newsletter/angus-2014-09.html>.
- Dardanelli, J., Collino, D., Otegui, M. E., Sadras, V. O. (2003). Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- [MAGyP. 2021. Estimaciones agrícolas. Disponible en: http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones](http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones)
- Ortega, A.; Corvalán, E. 1999. Diagnóstico de Suelos. Laboratorio Central de Análisis. INTA. EEA Salta. 3 pp. Disponible en <https://www.profertilnutrientes.com.ar/archivos/diagnostico-de-suelos>.
- Otegui, M. E. 1997. Kernel set and flower synchrony within the ear of maize. II Plant population effects. Crop Sci. 37:448-455.
- Ritchie, S. W.; Hanway, J.J. (1982) How a corn plant crop develops. Special Report 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service, Ames, IA.



## Bibliografía

- Bragachini, M.; Cattani, P.; Gallardo, M.; Peiretti, J. 2008. Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. INTA E.E.A. Manfredi, Córdoba (AR):135- 149.ISSN 1667-9199.
- Camarasa, J.N.; Barletta, P.F. 2019. Densidad y momento de cosecha sobre la producción y la calidad nutricional del ensilaje de maíz. Revista argentina de producción animal, vol. 39 supl. 1: 99-167
- Cuomo, G. J.; Rdfearn, D.; Blovin, D. C. 1998. Plant density effects on tropical corn forage mass, morphology, and nutritive value. Agron. J. 90:93-96.
- Cusicanqui, J. A.; Lauer, J. G. 1999. Plant density and hybrid influence of corn forage yield and quality. Agron. J. 91:911-915.
- Failde, V.; De Simone, M.; Valdez Naval, G.; Rivadeneira, M.; Renfijes, C.R. 2019. Ensayo de intensificación productiva de maíz. Informe de Campaña 2018-2019. No publicado
- González Castañeda, F.; Peña Ramo, A.; Nuñez Hernández; G.; Jiménez González; C.A. 2005. Efecto de la densidad y altura de corte en el rendimiento y calidad del forraje de maíz. Revista Fitotécnica Mexicana, vol.28, núm 4. Pp393-397. ISSN 0187-7380.
- Núñez, H G; González,F.C.; Martín del Camp, S.V. (1994). Efecto de la densidad de plantas en la producción y calidad de maíz en híbridos de hojas erectas para ensilaje. Av. Invest. Agropec. 3(1):25-30.
- Peña, A.; Nuñez, G.; González, F. 2003. Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. Téc. Pec. Méx.41:6374
- Peña Ramos, A.; González Castañeda, F.; Robles Escobedo, F.J. 2010. Manejo agronómico para incrementar el rendimiento de grano y forraje en híbridos tardíos de maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.1 Núm.1, p. 27-35
- Valdez Naval, G.; Failde, V.; De Simone, M.E.; Speranza, F. 2020. Informe campaña 2020. INTA EEA Salta. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12123/9346>