INNOVACIÓN PRODUCTIVA EN AMBIENTES AUSTRALES: EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DE CICLO CORTO EN PERITO MORENO (SANTA CRUZ)

Mora J[1]; Ivars Y[1]; Toledo S[2]; Literas M[3]

[1]OIT Perito Moreno INTA Santa Cruz; [2]EEA INTA Santa Cruz.; [3]LILAB SA Argentina (semillera Laboulet Semences) / mora.julio@inta.gob.ar; ivars.yanina@inta.gob.ar; toledo.santiago@inta.gob.ar mliteras@lilabsa.com

PRODUCTIVE INNOVATION IN SOUTHERN ENVIRONMENTS: EVALUATION OF ULTRA-EARLY MAIZE HYBRIDS IN PERITO MORENO (SANTA CRUZ, ARGENTINA)

Resumen/Abstract

Livestock production in Santa Cruz Province, Argentina, relies primarily on natural rangelands, whose low productivity limits forage availability. In this context, the incorporation of annual crops represents a promising alternative to diversify the forage base and enhance the sustainability of agricultural-livestock systems. The objective of this study was to evaluate the agronomic performance of four short-season commercial maize hybrids (ZETA 105, ZETA 110, ZETA 115, and BAJK) grown under supplementary irrigation in Perito Moreno, Santa Cruz. The experiment was conducted during the 2025–2026 growing season using a randomized complete block design with three replicates. Plant height, yield components, biomass production, and grain yield were evaluated at 100 and 140 days after sowing. All four hybrids completed their growth cycle under the agroecological conditions evaluated, providing initial evidence of maize cultivation feasibility in northwestern Santa Cruz. The Z110 and Z115 hybrids achieved the highest fresh grain yield, grain yield corrected to 14% moisture, and total dry matter production at harvest. These findings represent one of the first experimental reports from the province and provide local evidence supporting further evaluation of maize as an alternative crop to promote innovation and diversification of agricultural-livestock systems in southern Patagonia.

Palabras claves - Keywords:

Maíz ciclo corto; Patagonia austral; Diversificación productiva; Cadenas forrajeras; Producción de granos.

Ultra-early maize; Southern Patagonia; Productive diversification; Forage production systems; Grain yield.

Introducción

La ganadería constituye una de las principales actividades productivas de la provincia de Santa Cruz y se desarrolla mayoritariamente sobre sistemas extensivos sobre pastizales naturales (Borrelli et al., 2001). La marcada estacionalidad en la producción de forraje y las limitaciones propias de los ambientes semiáridos de la Patagonia Austral condicionan la disponibilidad de recursos para la alimentación animal, generando la necesidad de explorar alternativas que contribuyan a diversificar la base forrajera y fortalecer la sustentabilidad de los sistemas productivos (Utrilla et al., 2025).

En este contexto, la incorporación de cultivos anuales destinados a la producción de biomasa y grano constituye una alternativa de interés para complementar la oferta forrajera regional. Entre ellos, el maíz (*Zea mays* L.) presenta un elevado potencial para la producción de biomasa y grano destinados a la alimentación animal. Sin embargo, su

cultivo en ambientes australes continúa representando un desafío debido a las bajas temperaturas, la menor acumulación térmica durante la estación de crecimiento, y el riesgo de ocurrencia de heladas durante gran parte del ciclo del cultivo (Andrade et al., 1996; Eyhérabide, 2012).

El desarrollo de híbridos de ciclo corto y ultra cortos, con menores requerimientos térmicos y rápida pérdida de humedad del grano, ha ampliado las posibilidades de evaluar el cultivo en regiones de mayor latitud. En la provincia de Santa Cruz, los antecedentes experimentales publicados son aún escasos y corresponden principalmente a experiencias realizadas en Los Antiguos con híbridos de maíz dulce de ciclo corto destinados a consumo fresco, constituyendo uno de los primeros registros de evaluación del cultivo en la provincia (Arhancet y San Martino, 2017).

En los últimos años, distintas instituciones públicas y actores del sector productivo han impulsado experiencias orientadas a evaluar el comportamiento agronómico de materiales comerciales bajo las condiciones ambientales del norte de Santa Cruz. En regiones donde la información agronómica disponible es limitada, la generación de evidencia experimental local constituye una herramienta para reducir la incertidumbre asociada a la incorporación de nuevos cultivos, orientar futuras investigaciones y sustentar procesos de innovación productiva.

En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento agronómico y productivo de cuatro híbridos de maíz de ciclo corto cultivados con riego complementario en Perito Moreno (Santa Cruz), considerando la altura de planta, los componentes del rendimiento, la producción de biomasa y el rendimiento de grano, con el propósito de generar información experimental sobre la respuesta de híbridos de maíz precoces bajo las condiciones agroecológicas del noroeste de Santa Cruz.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

El ensayo se realizó durante la campaña agrícola 2025–2026 en la chacra experimental del Consejo Agrario Provincial (CAP), ubicada en la localidad de Perito Moreno, provincia de Santa Cruz, Argentina (46°35'26,7'' S; 70°54'37,2'' O). Durante el ciclo del cultivo se registraron diariamente las temperaturas máxima, media y mínima del aire, así como las precipitaciones ocurridas durante el período experimental. Estas variables permitieron caracterizar las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrolló el ensayo (Figura 1).

El suelo presentó textura franco-arcillosa, pH ligeramente alcalino (7,8), conductividad eléctrica de 1,05 mS cm^{-1} y bajo riesgo de sodicidad (RAS = 2,29). Los contenidos de materia orgánica (1,27 %), carbono orgánico (0,74 %) y nitrógeno total (0,07 %) fueron bajos, mientras que el fósforo disponible fue de 24,4 ppm y el potasio intercambiable de 0,76 meq 100 g^{-1}.

Material vegetal

Se evaluaron cuatro híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.) de ciclo corto: ZETA 105, ZETA 110, ZETA 115 y LS BAJKALIA (BAJK) (Laboulet Semences). Estos materiales corresponden a maíces tipo flint, caracterizados por presentar una

temperatura base de crecimiento cercana a 6 °C, ciclos de desarrollo aproximados de 100 a 120 días y rápida pérdida de humedad del grano.

Diseño experimental y manejo del cultivo

El ensayo se estableció bajo un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por cuatro surcos de 18 m de longitud separados a 0,50 m, con una distancia entre plantas de 0,20 m, alcanzando una densidad objetivo de 100.000 plantas ha^{-1}. Se dispusieron además dos surcos de bordura para minimizar efectos de borde. La siembra se realizó el 22 de noviembre de 2025.

Como fertilización de base se aplicaron 100 kg ha^{-1} de fosfato diamónico al momento de la siembra y, en el estadio V6, se realizó una fertilización nitrogenada mediante la aplicación de 200 kg ha^{-1} de urea. El cultivo fue manejado bajo riego por goteo, ajustando la frecuencia y duración de los riegos de acuerdo con los requerimientos hídricos del cultivo y las condiciones ambientales, aplicándose una lámina total aproximada de 600 mm distribuida semanalmente (≈35mm). El control de malezas consistió en una aplicación preemergente de atrazina (50 % SC) a razón de 1 L ha^{-1}, complementada con desmalezado manual durante el desarrollo vegetativo.

Variables evaluadas

Se realizaron dos momentos de evaluación del cultivo: a los 100 y a los 140 días después de la siembra (DDS), correspondiendo este último a la cosecha del ensayo. En cada momento se determinaron altura de plantas (cm), número de espigas por hectárea, longitud de espiga, número de carriles por espiga, materia fresca (MF) y seca (MS) de planta entera, y rendimiento de grano fresco y corregido a 14 % de humedad. Para estas determinaciones se tomaron cinco plantas al azar dentro de cada repetición. La materia seca se determinó mediante secado en estufa de circulación forzada a 60 °C hasta peso constante. Para el rendimiento de grano se registró el peso fresco de los granos y, sobre una submuestra, se determinó el contenido de materia seca mediante secado en estufa de circulación forzada a 60 °C hasta peso constante. El contenido de humedad se calculó por diferencia entre el peso fresco y el peso seco de la submuestra.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados utilizando el software INFOSTAT (Di Rienzo et al.,2013). Los datos fueron sometidos a análisis de la varianza (ANOVA) para un diseño en bloques completos al azar. Las diferencias significativas entre medias fueron separadas con el test de Tukey con un nivel de significancia de $p< 0,05$.

Resultados

Condiciones ambientales durante el ciclo del cultivo

La precipitación acumulada durante el ciclo fue cercana a 50 mm, con temperaturas medias de 15°C, máximas que estuvieron cercanas a las 30°C en algunos momentos con temperaturas mínimas generalmente cercanas a 5 °C y una helada de −2 °C ocurrida el 25 de febrero (100 días de cultivo), que generó daño en las hojas superiores. Estas condiciones ambientales constituyeron el contexto bajo el cual se evaluó el desempeño agronómico de los híbridos.

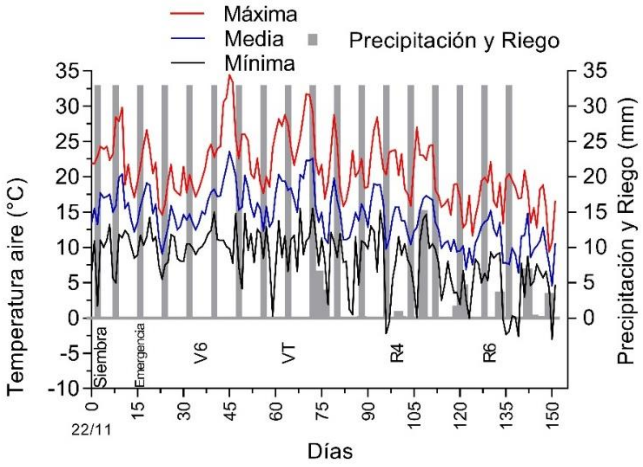

Figura 1. Condiciones ambientales registradas durante el ciclo del cultivo de maíz en Perito Moreno (Santa Cruz). Se muestran temperaturas máximas (línea roja), media (línea azul) y mínima (línea negra), junto con los aportes de agua por precipitaciones y riego (barras grises, eje derecho). En el eje inferior se indican los días desde siembra y principales estadios fenológicos del cultivo (siembra, emergencia, V6, VT, R4 y R6).

Altura y componentes del rendimiento

La altura de planta mostró diferencias significativas entre híbridos en ambos momentos de evaluación (Figura 2A). A los 100 días, los híbridos Z 105, Z 110 y Z 115 presentaron mayores alturas respecto a BAJK, alcanzando valores cercanos a 190–195 cm. Una tendencia similar se observó a los 140 días, donde nuevamente los híbridos Z superaron significativamente a BAJK, sin diferencias entre ellos.

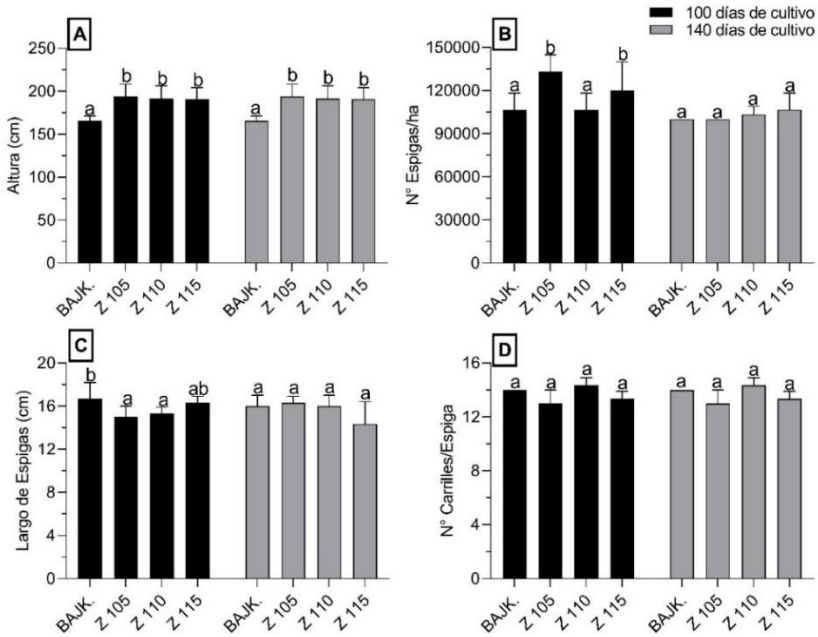

Figura 2. Altura de las plantas y componentes del rendimiento evaluados en cuatro híbridos de maíz (BAJK, Z105, Z110 y Z115) a los 100 (barras negras) y 140 días después de la siembra (barras grises). A) Altura de las plantas; B) Número de espigas por hectárea; C) Longitud de espiga (cm) y D) Número de carriles por espiga. Las barras representan los valores medios ± desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre híbridos dentro de cada momento de evaluación (Tukey $p < 0,05$).

El número de espigas por hectárea presentó diferencias significativas entre híbridos únicamente en el primer momento de evaluación (100 DDS) (Figura 2B). En esa evaluación, los híbridos Z105 y Z115 registraron los mayores valores, superando

significativamente a BAJK y Z110. En el segundo momento de evaluación (140 DDS), correspondiente a la cosecha del ensayo, no se detectaron diferencias significativas entre híbridos. Este comportamiento se atribuyó a la presencia de plantas que desarrollaron más de un macollo con espiga. La longitud de espiga presentó diferencias significativas únicamente a los 100 DDS (Figura 2C). BAJK registró las espigas de mayor longitud, mientras que Z105 y Z110 presentaron los menores valores. Z115 mostró valores intermedios. En la evaluación realizada a los 140 DDS no se observaron diferencias estadísticas entre híbridos. El número de carriles por espiga no presentó diferencias significativas entre híbridos en ninguno de los momentos de evaluación (Figura 2D), manteniéndose valores próximos a 13–14 carriles por espiga. En conjunto, los componentes del rendimiento mostraron escasas diferencias entre híbridos al momento de la cosecha, mientras que las diferencias observadas durante la primera evaluación tendieron a disminuir hacia el final del ciclo del cultivo.

Rendimiento de grano y producción de forraje planta entera (MF y MS)

El rendimiento de grano fresco presentó diferencias significativas entre híbridos en ambos momentos de evaluación (Figura 3A). A los 100 DDS, Z110 alcanzó el mayor valor, diferenciándose significativamente de BAJK y Z105, mientras que Z115 presentó un comportamiento intermedio. En la evaluación realizada a los 140 DDS, Z110 y Z115 registraron los mayores rendimientos, superando significativamente a Z105, mientras que BAJK presentó valores intermedios.

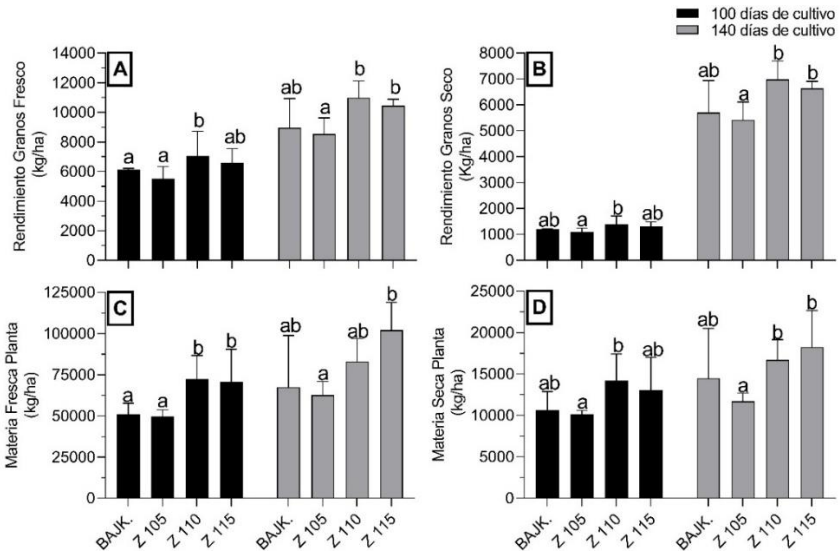

Figura 3. Rendimiento de grano y producción de forraje planta para los cuatro híbridos de maíz (BAJK, Z105, Z110 y Z115) evaluados a los 100 (barras negras) y 140 días después de la siembra (barras grises). A) Rendimiento de grano fresco (kg ha^{-1}); B) Rendimiento de grano corregido a 14 % de humedad (kg ha^{-1}); (C) materia fresca total de planta (kg ha^{-1}) y D) materia seca total de planta (kg ha^{-1}). Las barras representan valores medios ± desvío estándar. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas entre híbridos dentro de cada fecha de evaluación ($p < 0,05$).

El rendimiento de grano corregido a 14 % de humedad mostró un patrón de diferencias similar al observado para el rendimiento fresco (Figura 3B). A los 100 DDS, Z110 presentó el mayor rendimiento, mientras que Z105 registró el menor valor; BAJK y Z115 presentaron valores intermedios. A los 140 DDS, Z110 y Z115 alcanzaron los mayores rendimientos, con valores cercanos a 7.000 y 6.600 kg ha^{-1}, respectivamente,

superando significativamente a Z105, mientras que BAJK presentó un comportamiento intermedio.

La producción de materia fresca total de planta (Figura 3C) presentó diferencias significativas entre híbridos en ambos momentos de evaluación. A los 100 DDS, Z110 y Z115 registraron los mayores valores. En la evaluación realizada a los 140 DDS, Z115 alcanzó la mayor producción de materia fresca total (≈100 t ha^{-1}), diferenciándose significativamente de Z105, mientras que Z110 y BAJK presentaron valores intermedios, sin diferir estadísticamente de ninguno de esos híbridos.

El contenido de materia seca de planta entera y grano para ambos momentos de evaluación se presenta en la Tabla 1. En el grano, la materia seca aumentó marcadamente entre 100 y 140 DDS, mientras que en planta entera los valores se mantuvieron en un rango relativamente estable entre ambos momentos.

Híbrido	Planta entera 100 DDS	Planta entera 140 DDS	Grano 100 DDS	Grano 140 DDS
BAJKALIA	20,9	21,9	17,7	54,5
ZETA 105	20,5	19,0	15,7	53,7
ZETA 110	19,5	20,2	17,5	56,5
ZETA 115	18,3	17,8	16,4	55,9

Tabla 1. Contenido de materia seca (%) de planta entera y granos de cuatro híbridos de maíz a los 100 y 140 días después de la siembra (DDS). Nota: valores medios de tres repeticiones.

La producción de materia seca total de planta (Figura 3D) fue mayor en la evaluación realizada a los 140 DDS respecto de los 100 DDS. A los 100 DDS, Z110 presentó los mayores valores de materia seca de planta (≈14 t ha^{-1}). Al finalizar el ciclo, Z110 y Z115 registraron los mayores valores medios (>15 t ha^{-1}) y superaron significativamente a Z105, mientras que BAJKALIA presentó valores intermedios, sin diferir estadísticamente de los restantes híbridos.

Discusión

La generación de información experimental constituye una etapa necesaria para la evaluación de nuevos cultivos en regiones donde los antecedentes agronómicos son escasos. En este sentido, el presente trabajo aporta evidencia local sobre el comportamiento de híbridos comerciales de maíz de ciclo ultra corto bajo las condiciones agroecológicas de Perito Moreno, contribuyendo a ampliar el conocimiento disponible para ambientes australes de Santa Cruz. Más allá de la comparación entre híbridos, el principal aporte del estudio radica en la obtención de información experimental generada bajo condiciones de producción representativas del norte provincial, aspecto fundamental para orientar futuras investigaciones y procesos de innovación productiva.

Los componentes del rendimiento evaluados presentaron escasas diferencias entre híbridos al momento de la cosecha, mientras que las variables asociadas al rendimiento de grano y a la acumulación de biomasa permitieron identificar respuestas productivas diferenciales entre los materiales evaluados.

La acumulación térmica registrada en Perito Moreno permite contextualizar el comportamiento de los híbridos respecto de otras regiones de altas latitudes. Considerando los registros ambientales disponibles durante la campaña, hasta aproximadamente 150 días desde la siembra se acumularon cerca de 1300 °C día, calculados considerando una temperatura base de 6 °C para los materiales evaluados,

de los cuales aproximadamente 750 °C día correspondieron al período comprendido hasta VT–R1 (58 %). Las bajas temperaturas durante las etapas iniciales y la ocurrencia de temperaturas restrictivas durante el ciclo resaltan la importancia de la precocidad para alcanzar los estadios reproductivos bajo una estación de crecimiento térmicamente limitada. En Suecia, Mussadiq et al. (2012) y Hetta et al. (2012) observaron que el desarrollo y desempeño del maíz estuvieron condicionados por la disponibilidad térmica y la interacción híbrido × ambiente, mientras que Dwyer et al. (1994), en ambientes de estación corta de Canadá, señalaron la importancia de seleccionar híbridos compatibles con la disponibilidad térmica para alcanzar la madurez y un rendimiento adecuado. En Finlandia, Lehtilä et al. (2023) también evidenciaron que las restricciones térmicas pueden limitar la acumulación de biomasa y almidón. En conjunto, estos antecedentes y los resultados obtenidos indican que los híbridos ultra precoces evaluados completaron su ciclo bajo las condiciones térmicas registradas durante la campaña, lo que sugiere que materiales de mayor duración podrían presentar mayores restricciones bajo condiciones similares. La continuidad de la evaluación del cultivo en Santa Cruz requiere integrar la caracterización agroclimática con la selección de híbridos según sus requerimientos térmicos y el ajuste de la fecha de siembra, considerando tanto las condiciones durante el establecimiento como el riesgo de heladas hacia etapas avanzadas del ciclo. Los resultados obtenidos constituyen una primera evidencia de factibilidad bajo las condiciones evaluadas y una base para futuras evaluaciones orientadas a definir estrategias de adaptación del maíz a las condiciones agroclimáticas australes.

En conjunto, estos resultados indican que los híbridos presentaron un comportamiento similar para las variables morfológicas consideradas, aunque expresaron diferencias en las variables directamente relacionadas con el rendimiento final. Estudios de ecofisiología del cultivo de maíz señalan que el rendimiento resulta de la interacción entre el ambiente, el genotipo y el manejo agronómico, por lo que diferencias observadas entre materiales pueden manifestarse con mayor intensidad en las variables de producción que en algunos de sus componentes individuales (Andrade et al., 1996; Eyhérabide, 2012).

Los antecedentes publicados para Santa Cruz corresponden principalmente a experiencias realizadas en Los Antiguos con híbridos de maíz dulce destinados a consumo fresco (Arhancet y San Martino, 2017). Si bien el objetivo productivo y el material vegetal evaluado difieren del presente estudio, ambos coinciden en destacar la importancia de generar información local sobre el comportamiento del cultivo bajo condiciones ambientales australes. En este sentido, los resultados obtenidos en Perito Moreno amplían la información disponible para la provincia al incorporar híbridos de maíz de ciclo ultra corto orientados a la producción de biomasa y grano, que podrían ser considerados al igual que otras especies forrajeras (Utrilla et al., 2025).

La continuidad de esta línea de investigación mediante nuevas campañas agrícolas, la evaluación en diferentes ambientes y la incorporación de nuevos materiales genéticos permitirá ampliar el conocimiento, generando información que contribuya a comprender el comportamiento agronómico del cultivo en ambientes australes y a fortalecer los procesos de evaluación orientados a la diversificación productiva de los sistemas agrícolas-ganaderos de Santa Cruz.

Conclusiones

Bajo las condiciones evaluadas, los cuatro híbridos comerciales de maíz de ciclo corto completaron su ciclo y permitieron caracterizar su desempeño agronómico mediante la evaluación de variables agronómicas, componentes del rendimiento, producción de biomasa y rendimiento de grano.

La información generada constituye uno de los primeros antecedentes experimentales para el norte de la provincia de Santa Cruz y aporta evidencia local sobre el comportamiento de híbridos comerciales de maíz de ciclo corto bajo riego complementario en un ambiente austral próximo al paralelo 47° S.

Si bien los resultados corresponden a una única campaña y a condiciones específicas de manejo, establecen una base para futuras investigaciones orientadas a ampliar la evidencia experimental sobre el cultivo de maíz en ambientes australes y a sustentar procesos de innovación productiva y diversificación de los sistemas agrícolas-ganaderos de la región.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Agrario Provincial (CAP) y a la Municipalidad de Perito Moreno por el acompañamiento logístico brindado durante el desarrollo del ensayo (Gil M., Burgos J. y Gómez F.). Asimismo, se destaca la participación de los productores locales Bautista V., Apaza G., Sarmiento F., Román A., Fernández C. y Cruz B., quienes acompañaron las tareas de siembra, riego y control de malezas durante la experiencia.

Bibliografía

Andrade, F. H., Cirilo, A. G., Uhart, S. A., & Otegui, M. E. (1996). *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Dekalb Press.

Arhancet, J. S., & San Martino, L. (2017). *Experiencia comparativa de tres híbridos de maíz dulce de ciclo corto en Los Antiguos, Santa Cruz. Temporada 2016–2017*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Santa Cruz.

Borrelli, P. R., Oliva, G. E., González, L., Rial, P., Noy-Meir, I., Cibils, A. F., Mueller, J. P., Robles, C. A., Olaechea, F., Manero, A., & Sturzenbaum, P. (2001). *Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral. Tecnología de manejo extensivo*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Eyhérabide, G. H. (2012). Bases para el manejo del cultivo de maíz. En *Bases para el manejo del cultivo de maíz*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Dwyer, L. M., Ma, B. L., Evenson, L., & Hamilton, R. I. (1994). Maize physiological traits related to grain yield and harvest moisture in mid- to short-season environments. Crop Science, 34(4), 985–992. https://doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183X003400040029x

Hetta, M., Mussadiq, Z., Gustavsson, A.-M., & Swensson, C. (2012). Effects of hybrid and maturity on performance and nutritive characteristics of forage maize at high latitudes, estimated using the gas production technique. Animal Feed Science and Technology, 171(1), 20–30. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.09.015

Lehtilä, A., Sairanen, A., Jaakkola, S., Kokkonen, T., Kuoppala, K., Jokiniemi, T., Wasonga, D. O., & Mäkelä, P. S. A. (2023). Response of forage maize yield and quality to mulch film and harvest time in Northern Europe. Agricultural and Food Science, 32(1), 22–35. https://doi.org/10.23986/afsci.125326.

Mussadiq, Z., Hetta, M., Swensson, C., & Gustavsson, A.-M. (2012). Plant development, agronomic performance and nutritive value of forage maize depending on hybrid and marginal site conditions at high latitudes. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science, 62(5), 420–430.

Di Rienzo, J. A. 2013. InfoStat v. 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Utrilla, V.R; Christiansen, R.; Mora, J.C.; Persoglia, A.; de Brea, P.; Ivars, Y.; Andrade, M.; Mayo, J.P. (2025) Red de ensayos de gramíneas y leguminosas forrajeras introducidas en valles de Santa Cruz. Informe técnico. EEA INTA Santa Cruz, 22 pp.