

RESPUESTA DEL CRECIMIENTO Y LA ACUMULACIÓN DE BIOMASA DE HÍBRIDOS DE MAÍZ EN LAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS DE PERITO MORENO, SANTA CRUZ

Ivars Y¹; Toledo S²; Mora J¹; Bertoia L³

¹OIT Perito Moreno INTA Santa Cruz; ²EEA INTA Santa Cruz; ³Coord. Comisión de Forrajes MAIZAR / ivars.yanina@inta.gob.ar; toledo.santiago@inta.gob.ar; mora.julio@inta.gob.ar; lbertoia@yahoo.com.ar

GROWTH AND BIOMASS ACCUMULATION RESPONSE OF MAIZE HYBRIDS UNDER THE AGROECOLOGICAL CONDITIONS OF PERITO MORENO, SANTA CRUZ

Abstract

The expansion of maize production into southern environments requires information on the performance of commercial hybrids under agroecological conditions that differ from those of the main maize-producing regions. The objective of this study was to evaluate growth, biomass accumulation, and phenological development of seven commercial maize hybrids under the agroecological conditions of Perito Moreno, Santa Cruz, Argentina. The experiment was conducted during the 2025–2026 growing season, with sowing on November 22 and crop management under drip irrigation. Plant height, fresh matter, and dry matter were evaluated at 100 and 140 days after sowing (DAS), while phenological development was recorded throughout the crop cycle. Significant differences among hybrids were detected for plant height, fresh matter, and dry matter. Greater plant height was not necessarily associated with greater biomass accumulation, indicating differential growth responses among hybrids. The maximum vegetative stage was V12, and tasseling (VT) occurred, on average, at 94 DAS. Around 100 DAS, R1 was recorded for the hybrids, although H3 and H5 had already reached R2. At 140 DAS, H3 and H5 reached R3, whereas the remaining hybrids generally remained at R1. None reached physiological maturity during the experimental period. These results provide information on differential growth, biomass accumulation, and phenological development of commercial maize hybrids under the agroecological conditions of Perito Moreno.

Keywords: *Zea mays* L.; plant growth; biomass accumulation; phenology; maize hybrids; southern environments; Santa Cruz.

Introducción

La producción ganadera constituye una de las principales actividades agropecuarias de la provincia de Santa Cruz y depende, en gran medida, de la disponibilidad de recursos forrajeros para sostener la alimentación animal durante el año. La baja productividad de los pastizales y la marcada estacionalidad en la oferta de forraje impulsan la búsqueda de alternativas que permitan incrementar la producción de reservas forrajeras y contribuir a una mayor estabilidad de los sistemas productivos (Utrilla et al., 2025). En este contexto, el maíz (*Zea mays* L.) representa una especie de interés por su capacidad de producir elevados niveles de biomasa, particularmente para la confección de silaje, sin excluir su potencial para producción de grano cuando las condiciones ambientales permiten completar su ciclo.

Durante las últimas décadas, el mejoramiento genético y los avances en el manejo del cultivo han favorecido la expansión del maíz hacia ambientes considerados no tradicionales. Este proceso genera la necesidad de evaluar el comportamiento de materiales comerciales actualmente disponibles bajo condiciones agroecológicas

diferentes a las principales regiones maiceras argentinas, particularmente en ambientes australes donde la disponibilidad térmica y la ocurrencia de heladas durante la estación de crecimiento pueden condicionar el desarrollo del cultivo.

La provincia de Santa Cruz presenta una marcada variabilidad espacial y temporal de las condiciones térmicas. Almonacid et al. (2022) caracterizaron esta variabilidad mediante una base de datos reticulada de temperatura para la provincia y señalaron la ausencia de un período estadísticamente libre de heladas, con ocurrencia de eventos térmicos bajo cero incluso durante los meses estivales. Este antecedente constituye un marco climático regional para interpretar las condiciones térmicas que condicionan las actividades agropecuarias. En este contexto, la evaluación de materiales comerciales bajo condiciones locales permite generar información específica sobre su comportamiento en ambientes donde la disponibilidad térmica y la ocurrencia de heladas pueden limitar el desarrollo del cultivo.

El crecimiento y la acumulación de biomasa constituyen procesos integradores de la interacción entre el genotipo, el ambiente y el manejo, por lo que su evaluación permite caracterizar la respuesta de los materiales bajo condiciones determinadas (Andrade et al., 2023). Asimismo, el seguimiento del desarrollo fenológico permite establecer el grado de avance alcanzado por los materiales durante el período de crecimiento y relacionarlo con las condiciones ambientales registradas.

En la provincia de Santa Cruz, los antecedentes disponibles sobre el cultivo de maíz corresponden principalmente a experiencias de factibilidad agronómica desarrolladas en ambientes irrigados, que demostraron la posibilidad de incorporar este cultivo en determinadas áreas de la provincia (Arhancet y San Martino, 2017). Sin embargo, continúa siendo limitada la información sobre el comportamiento de híbridos comerciales bajo las condiciones agroecológicas de otros ambientes australes, particularmente en relación con el crecimiento, la acumulación de biomasa y el desarrollo fenológico.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento y la acumulación de biomasa de siete híbridos comerciales de maíz cultivados bajo riego por goteo en Perito Moreno, Santa Cruz, y caracterizar su desarrollo fenológico durante el ciclo del cultivo bajo las condiciones ambientales del sitio.

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). La localidad constituye un ambiente irrigado con potencial para la incorporación de cultivos estivales, aunque presenta condiciones agroclimáticas diferentes a las principales regiones maiceras del país.

Durante el ciclo del cultivo se registraron las temperaturas máxima, media y mínima del aire, las precipitaciones y los aportes de agua mediante riego. Los datos climáticos correspondientes a la campaña experimental fueron obtenidos del Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica (SIGA) del INTA.

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, carbono orgánico y nitrógeno total fueron de 1,27 %, 0,74 % y 0,068 %, respectivamente, mientras que el fósforo disponible alcanzó 24,4 ppm y el potasio intercambiable fue de 0,76 meq 100 g⁻¹. El muestreo de suelo se realizó a 20 cm de profundidad.

Material vegetal

Se evaluaron siete híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.), provistos por la Red MAIZAR e identificados mediante códigos H1 a H7, con el propósito de preservar la confidencialidad de la información comercial. La caracterización de los materiales se realizó a partir de información técnica suministrada por las empresas semilleras. La selección de los híbridos respondió al interés de generar información comparativa sobre materiales comerciales bajo las condiciones agroecológicas del ambiente austral.

Tabla 1. Caracterización de los híbridos comerciales de maíz evaluados.

Híbrido	Características generales	MR (días)
H1	Ciclo intermedio-precoc, buen comportamiento sanitario y estabilidad de rendimiento	119
H2	Ciclo intermedio, orientado a producción de grano y silaje	120
H3	Ciclo intermedio, elevado potencial productivo y protección contra lepidópteros	88
H4	Ciclo intermedio, orientado a producción de grano y forraje	119
H5	Ciclo intermedio, buena estabilidad productiva y adaptación a diferentes ambientes	101
H6	Híbrido experimental/comercial de ciclo intermedio y tolerancia a herbicidas	s/d
H7	Ciclo intermedio, orientado a maximizar rendimiento y estabilidad productiva	s/d

* **MR:** madurez relativa informada por las empresas semilleras. Los valores se presentan con carácter descriptivo y no constituyen una determinación realizada en el presente ensayo.

Implantación y manejo del cultivo

El ensayo se estableció como una evaluación comparativa de los híbridos comerciales. Cada híbrido ocupó una parcela de cuatro surcos de 18 m de longitud, separados a 0,50 m, con una distancia entre plantas de 0,20 m y una densidad objetivo de 100.000 plantas ha⁻¹. Se dispusieron además dos surcos de bordura para minimizar los 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. 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, con aplicaciones semanales de aproximadamente 35 mm, ajustadas de acuerdo con las condiciones ambientales y los requerimientos del cultivo. 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 140 días después de la siembra (DDS). La primera evaluación se realizó el 2 de marzo de 2026 y la segunda el 13 de abril de 2026, correspondiendo esta última a la evaluación final y



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

cosecha del ensayo. A los 100 DDS se evaluaron cinco plantas por híbrido y a los 140 DDS diez plantas por híbrido, seleccionadas al azar dentro de cada parcela. En cada planta se determinó la altura y se registró la materia fresca y la materia seca de la fracción vegetativa, sin espiga, y de la planta completa, incluyendo la espiga. La materia seca se determinó mediante secado en estufa de circulación forzada a 60 °C hasta alcanzar peso constante.

Análisis estadístico

Los datos de altura de planta, materia fresca y materia seca fueron analizados mediante análisis de la varianza (ANOVA), considerando como fuente de variación los híbridos evaluados en cada momento de muestreo. Cuando se detectaron diferencias significativas entre medias, estas fueron comparadas mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Los resultados se expresaron como media $\pm$ desvío estándar. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software InfoStat, versión 2013 (Di Rienzo et al., 2013).

Resultados

Condiciones ambientales durante el ciclo del cultivo

El cultivo se desarrolló bajo condiciones de baja ocurrencia de precipitaciones, por lo que la disponibilidad hídrica fue asegurada mediante riego por goteo durante el ciclo. La precipitación acumulada fue cercana a 50 mm, mientras que la temperatura media del aire se mantuvo próxima a 15 °C, con temperaturas máximas cercanas a 30 °C y mínimas próximas a 5 °C. Alrededor de los 100 DDS se registró una helada de -2 °C, coincidente con el período reproductivo del cultivo. El evento produjo daño en las hojas superiores, aunque los materiales continuaron su crecimiento hasta la evaluación final realizada a los 140 DDS.

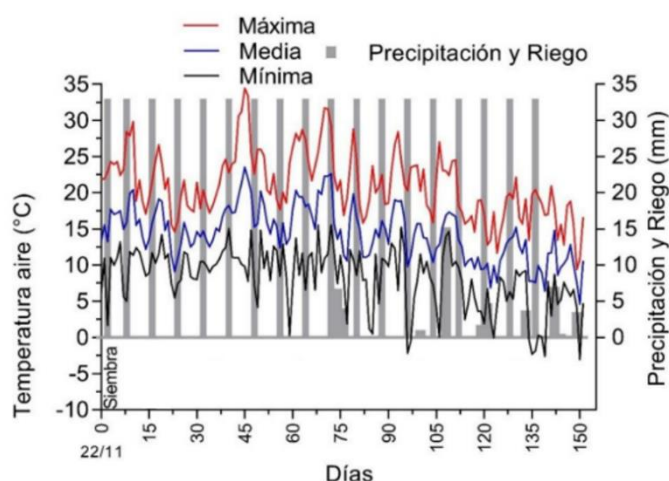


Figura 1. Evolución de las temperaturas máxima, media y mínima del aire y de los aportes de precipitación y riego registrados durante el ciclo del cultivo de maíz en Perito Moreno, Santa Cruz. Fuente de los datos climáticos: Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica (SIGA), INTA.

Desarrollo fenológico

La evolución fenológica promedio del cultivo de maíz desde la siembra hasta la evaluación final a los 140 días después de la siembra (DDS) fue registrada a partir de los



50 AÑOS
PENSANDO
EL FUTURO

XIII
CONGRESO
NACIONAL
DE MAÍZ

cambios morfológicos de las plantas (Figura 2). La emergencia (VE) ocurrió a los 7 DDS. Durante la etapa vegetativa, los estadios iniciales se desarrollaron progresivamente: V2 se registró a los 14 DDS, V4 a los 20 DDS, V6 a los 30 DDS y V8 a los 41 DDS. Posteriormente, el desarrollo foliar continuó hasta alcanzar el estadio V12. El panojamiento (VT) se registró en promedio, a los 94 DDS, marcando la transición hacia la etapa reproductiva. Alrededor de los 100 DDS se registró el estadio R1 para el conjunto de los materiales, aunque H3 y H5 presentaron un mayor avance fenológico y ya se encontraban en R2. A los 140 DDS, H3 y H5 alcanzaron R3, mientras que los restantes materiales se mantuvieron, en término general, hasta R1. En consecuencia, los híbridos no alcanzaron el mismo grado de desarrollo reproductivo al momento de la evaluación final y ninguno llegó a la madurez fisiológica durante el período experimental.

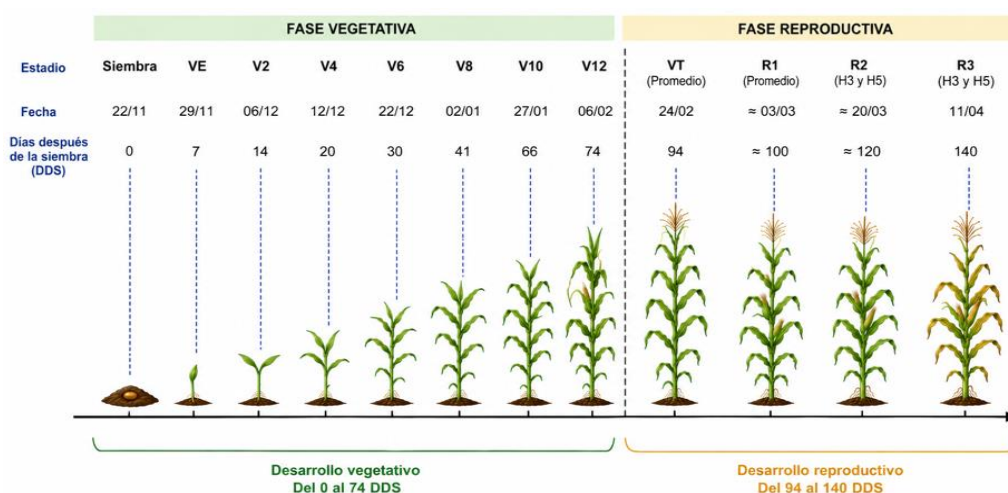


Figura 2. Desarrollo fenológico de los híbridos de maíz evaluados en Perito Moreno (Santa Cruz, Argentina), desde la siembra (22 de noviembre de 2025) hasta la evaluación final y cosecha a los 140 días después de la siembra.

Altura de la planta

La altura de planta presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los híbridos en los dos momentos de evaluación, a los 100 y 140 días después de la siembra (Figura 3). Los híbridos H3 y H5 presentaron los mayores valores de altura, mientras que H1, H4 y H7 registraron los menores valores y H2 y H6 presentaron valores intermedios.

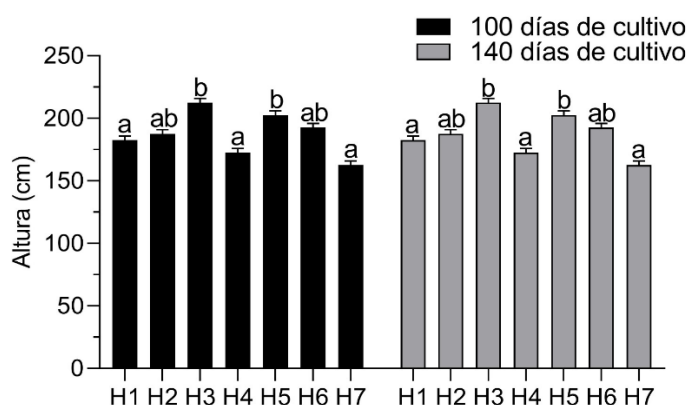


Figura 3. Altura de planta de los siete híbridos comerciales de maíz (H1 = MR 119, H2 = MR 120, H3 = MR 88, H4 = MR 119, H5 = MR 101, H6 y H7 = sin dato de MR) evaluados a los 100 (barras negras) y 140 días

después de la siembra (barras grises) en Perito Moreno, Santa Cruz. Las barras representan los valores medios $\pm$ desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre híbridos dentro de cada momento de evaluación (Tukey, $p < 0,05$).

Acumulación de biomasa

La materia fresca y la materia seca presentaron diferencias significativas entre los híbridos en ambos momentos de evaluación, tanto para la fracción vegetativa, sin espiga (Figura 4A y B), como para la planta completa, incluyendo la espiga (Figura 4C y D).

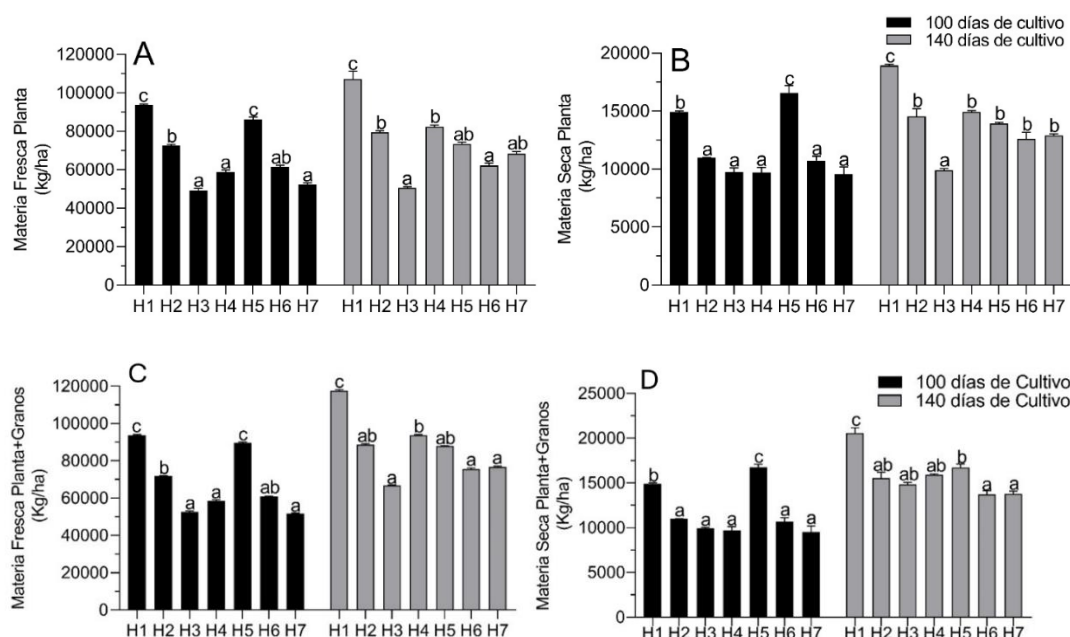


Figura 4. Producción de biomasa de los siete híbridos comerciales de maíz (H1 = MR 119, H2 = MR 120, H3 = MR 88, H4 = MR 119, H5 = MR 101, H6 y H7 = sin dato MR) evaluados a los 100 (barras negras) y 140 días después de la siembra (barras grises). A) Materia fresca de la fracción vegetativa (planta); B) Materia seca de la fracción vegetativa (planta); C) Materia fresca de planta completa + granos; D) Materia seca de planta completa + granos. Las barras representan los valores medios $\pm$ desvío estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre híbridos dentro de cada fecha de evaluación (Tukey, $p < 0,05$).

A los 100 días de cultivo, H1 y H5 registraron los mayores valores de materia fresca de la fracción vegetativa, con aproximadamente 88.000 y 84.000 kg ha^{-1} , respectivamente. Los menores valores correspondieron a H3 (≈ 48.000 kg ha^{-1}) y H7 (≈ 52.000 kg ha^{-1}), mientras que H2, H4 y H6 presentaron valores intermedios (Figura 4A). A los 140 días, H1 presentó el mayor valor (≈ 107.000 kg ha^{-1}), diferenciándose significativamente del resto. H2, H4 y H5 presentaron valores elevados, entre aproximadamente 72.000 y 82.000 kg ha^{-1} , mientras que H3 registró el menor valor (≈ 50.000 kg ha^{-1}).

La materia seca de la fracción vegetativa también presentó diferencias significativas entre híbridos (Figura 4B). A los 100 días, H5 mostró la mayor acumulación, mientras que a los 140 días el máximo valor correspondió a H1 (≈ 19.000 kg ha^{-1}). H3 registró los menores valores de materia seca en ambas fechas.

Para la planta completa, incluyendo la espiga, H1 y H5 presentaron a los 100 días los mayores valores de materia fresca, con aproximadamente 93.000 y 89.000 kg ha^{-1} .

ha⁻¹, respectivamente (Figura 4C). H3 registró el menor valor (≈ 50.000 kg ha⁻¹), mientras que H2, H4, H6 y H7 presentaron valores intermedios. A los 140 días, H1 alcanzó el mayor valor (≈ 118.000 kg ha⁻¹), diferenciándose significativamente del resto. H4 presentó aproximadamente 95.000 kg ha⁻¹, mientras que H2, H5, H6 y H7 se ubicaron entre 74.000 y 80.000 kg ha⁻¹. H3 registró el menor valor (≈ 67.000 kg ha⁻¹).

La materia seca de la planta completa también presentó diferencias significativas entre híbridos (Figura 4D). A los 100 días, H5 presentó la mayor acumulación, mientras que a los 140 días el máximo valor correspondió a H1 (≈ 20.500 kg ha⁻¹). H4 y H5 también presentaron valores elevados al final de la evaluación, mientras que H6 y H7 registraron los menores valores.

Discusión

La evaluación conjunta de la altura de planta y la acumulación de biomasa mostró diferencias entre los híbridos evaluados bajo las condiciones agroecológicas de Perito Moreno. Estas diferencias, observadas bajo un mismo ambiente y manejo agronómico, evidencian una respuesta diferencial de los materiales. El crecimiento y la acumulación de materia seca integran los efectos del genotipo, el ambiente y el manejo, por lo que constituyen variables apropiadas para caracterizar el comportamiento de los híbridos bajo condiciones específicas de producción (Andrade et al., 2023).

La altura de planta no se correspondió necesariamente con una mayor acumulación de biomasa. H3 y H5 presentaron los mayores valores de altura, mientras que H3 registró bajos valores de materia fresca y seca. En contraste, H1 alcanzó los mayores valores de biomasa a los 140 DDS. Este comportamiento indica que la altura, considerada de manera aislada, no permite explicar la capacidad de acumulación de materia seca de los materiales. Capristo et al. (2007) destacan la importancia de considerar la acumulación de materia seca como un componente integrador del crecimiento del maíz.

El desarrollo fenológico presentó diferencias entre materiales y aporta un elemento relevante para interpretar los resultados de biomasa. El máximo estadio vegetativo registrado fue V12 y el panojamiento ocurrió, en promedio, a los 94 DDS. Posteriormente, alrededor de los 100 DDS, se registró R1 para el conjunto de los materiales, aunque H3 y H5 ya se encontraban en R2. A los 140 DDS, estos híbridos alcanzaron R3, mientras que los restantes se mantuvieron, en términos generales, hasta R1. Esta diferencia en el ritmo de desarrollo debe considerarse al interpretar la biomasa de planta completa, dado que los materiales no se encontraban en el mismo estado reproductivo al momento de la evaluación final.

El comportamiento observado corresponde a una única fecha de siembra y a las condiciones particulares de la campaña 2025–2026 en Perito Moreno. Por lo tanto, los resultados permiten caracterizar la respuesta de los materiales bajo las condiciones evaluadas, pero no establecer su potencial productivo ni extrapolar directamente su comportamiento a otras fechas de siembra o ambientes.

En conjunto, los resultados aportan información sobre el comportamiento diferencial de híbridos comerciales de maíz en un ambiente austral y constituyen una base para futuras evaluaciones que incorporen nuevas campañas, fechas de siembra y materiales. Estas evaluaciones permitirán determinar la consistencia de las respuestas

observadas y profundizar el conocimiento sobre el crecimiento, la acumulación de biomasa y el desarrollo fenológico del cultivo en ambientes australes.

Conclusiones

Los siete híbridos comerciales evaluados presentaron respuestas diferenciales en crecimiento y acumulación de biomasa bajo las condiciones agroecológicas de Perito Moreno, evidenciando variabilidad entre materiales aún bajo un mismo ambiente y manejo agronómico.

La altura de planta no constituyó, por sí sola, un indicador de la capacidad de acumulación de biomasa, por lo que la evaluación conjunta de variables de crecimiento y biomasa permitió caracterizar de manera más completa el comportamiento de los materiales.

El estudio aporta una referencia sobre el comportamiento de híbridos comerciales de maíz en las condiciones agroecológicas de Perito Moreno, y constituye una base para futuras evaluaciones que permitan profundizar el conocimiento de la respuesta del cultivo en ambientes australes.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Red Maizar por la provisión de los híbridos comerciales utilizados en el ensayo, al Consejo Agrario Provincial por facilitar la infraestructura y el predio experimental para el desarrollo de la investigación, y al personal técnico que colaboró en las tareas de implantación, manejo y evaluación del cultivo.

Bibliografía

- Almonacid, L., Pessacg, N., Diaz, B., Bonfili, O., Peri, P.L. (2022). Nueva base de datos reticulada de temperatura para la provincia de Santa Cruz, Argentina. *Meteorológica*, 47(1).
- Andrade, F. H., Cirilo, A. G., Uhart, S. A. & Otegui, M. E. 2023. *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Arhancet, J. P. & 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.
- Capristo, P. R., Rizzalli, R. H., & Andrade, F. H. (2007). Ecophysiological yield components of maize hybrids with contrasting maturity. *Agronomy Journal*, 99(4), 1111–1118.
- Di Rienzo, J. A. et al. 2013. InfoStat versión 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.