

Aizpeolea, Martina

**Rendimiento y calidad
nutricional de híbridos de
maíz para silaje, en sistemas
productivos CREA, Región
Centro**

**Tesis para la obtención del título de
posgrado de Especialista en
producción**

Directora: Macor, Laura

Documento disponible para su consulta y descarga en Biblioteca Digital - Producción Académica, repositorio institucional de la Universidad Católica de Córdoba, gestionado por el Sistema de Bibliotecas de la UCC.



[Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.](#)



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESPECIALIZACIÓN EN PRODUCCIÓN BOVINA

Trabajo Final presentado para optar el título de Especialista en producción Bovina

TITULO: Rendimiento y calidad nutricional de híbridos de maíz para silaje, en sistemas productivos CREA, Región Centro.

Aizpeolea, Martina.

39.023.531

Directora: MV, MsC. Macor, Laura

Córdoba, Argentina

Diciembre 2025

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, unas gracias enormes a Santi, mi compañero de vida, que siempre confía en mí, me motiva y me acompaña a ser mejor cada día.

A mi familia, gracias por estar siempre a mi lado, sosteniéndome en cada paso.

A mi primo Dari, por abrirme las puertas de su casa y recibirme durante el cursado.

A mis amigos de posgrado, porque gracias a ustedes todo fue más fácil y divertido. En el camino conocí a tres grandes personas que me llevo para siempre: Pau, Leí y Panky.

Gracias a la UCC por brindarme esta posibilidad, y a Anita por su vocación y entrega.

A mi directora de tesis, por acompañarme, guiarme y motivarme hasta el final.

Un agradecimiento enorme a CREA Región Centro, por confiar en mí cada año para realizar estos ensayos que tanto conocimiento me aportan y que hoy hacen posible esta tesis.

Y gracias a Manu, que me acompañó desde la panza ♥

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	4
ABSTRACT	5
OBJETIVOS	9
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
a) Diseño experimental	10
b) Manejo del cultivo	11
c) Condiciones climáticas	12
d) Estimación del momento de Cosecha.....	13
e) Corte, pesaje y estimación de rendimiento	15
f) Chipeado y preparación de muestras para análisis de calidad	15
g) Análisis de Laboratorio	20
h) Estabilidad del híbrido	20
i) Análisis Estadístico.....	20
RESULTADOS	21
a) Rendimiento (MS/ha).....	21
b) Estabilidad	26
c) Calidad Nutricional.....	27
DISCUSIÓN.....	32
a) Rendimiento de Materia Seca.....	32
b) Estabilidad	33
c) Calidad Nutricional.....	34
d) Evaluación Integral	35
CONCLUSIONES	37
BIBLIOGRAFÍA.....	38

RESUMEN

La intensificación ganadera en Argentina exige forrajes conservados de alta calidad y estabilidad productiva. Tradicionalmente, la elección de híbridos de maíz para silaje se ha centrado en el rendimiento de grano, sin considerar plenamente la interacción entre productividad, adaptabilidad ambiental y valor nutritivo de la planta entera. En la campaña 2023/24 se evaluaron trece híbridos comerciales en cuatro ambientes contrastantes de la Región Centro CREA, mediante un diseño de bloques completos aleatorizados. Se midió el rendimiento de materia seca (MS), la calidad por NIRS (MS, almidón, proteína cruda, FDN, FDA, TND, lignina) y la estabilidad fenotípica con regresión de Finlay-Wilkinson. Los resultados mostraron una amplia variación en rendimiento (8,6–18,9 t MS ha⁻¹), influida por la disponibilidad hídrica y el manejo. El análisis de estabilidad reveló una interacción Genotipo x Ambiente significativa, diferenciando híbridos adaptables (ej. DK 72-10 PRO4, BRV 8472 PWU), con alta productividad en ambientes favorables pero sensibles al estrés, y estables (ej. ACA 482 VT3P, NUFEED 4220 BMR), con desempeño más predecible en condiciones variables. El análisis multivariado de calidad permitió clasificar los materiales en tres grupos nutricionales: Grupo 3 (alta energía, alto almidón/TND y baja lignina), Grupo 2 (fibroso, alto FDN/FDA y bajo almidón) y Grupo 1 (balanceado, con mayor proteína cruda). De la integración de resultados surgen recomendaciones estratégicas: en lotes de alto potencial, híbridos adaptables del Grupo 3 (DK 72-10); en manejo de riesgo, híbridos estables del Grupo 3 (ACA 482 o BMR); y en sistemas pastoriles, materiales del Grupo 1 (ACA 484). La selección de híbridos para silaje debe basarse en un enfoque multicriterio que combine rendimiento, estabilidad y perfil nutricional, maximizando nutrientes digestibles por hectárea y la rentabilidad del sistema.

Palabras clave: Silaje de maíz – Híbridos - Interacción Genotipo x Ambiente

ABSTRACT

Livestock intensification in Argentina requires conserved forages of high quality and stable productivity. Traditionally, maize hybrid selection for silage has focused on grain yield, overlooking the interaction between productive potential, environmental adaptability, and the nutritive value of the whole plant. During the 2023/24 season, thirteen commercial hybrids were comprehensively evaluated across four contrasting environments in the CREA Central Region, using a randomized complete block design. Dry matter (DM) yield was measured, quality was assessed via NIRS (DM, starch, crude protein, NDF, ADF, TDN, lignin), and stability was analyzed through Finlay-Wilkinson regression. Results revealed wide variation in DM yield (8.6–18.9 t ha⁻¹), largely explained by water availability and management. Stability analysis showed a significant Genotype × Environment (G×E) interaction, distinguishing adaptable hybrids (e.g., DK 72-10 PRO4, BRV 8472 PWU), which achieved high productivity under optimal conditions but were more stress-sensitive, from stable hybrids (e.g., ACA 482 VT3P, NUFEED 4220 BMR), which delivered predictable performance under variable conditions. Multivariate quality analysis classified hybrids into three nutritional groups: Group 3 (high energy, high starch/TDN, low lignin), Group 2 (fibrous, high NDF/ADF, low starch), and Group 1 (balanced, higher crude protein). Strategic recommendations emerge from these findings: in high-potential fields, adaptable Group 3 hybrids (DK 72-10) are preferred; under risk-prone management, stable Group 3 hybrids (ACA 482 or BMR) are advantageous; and for pasture-based systems, Group 1 materials (ACA 484) offer a balanced protein-energy profile. Hybrid selection for silage should rely on a multicriteria approach integrating yield, adaptive stability, and nutritional profile, thereby optimizing digestible nutrient production per hectare and overall system profitability.

Key words : Maize silage, Hybrids, Genotype × Environment interaction

INTRODUCCIÓN

El maíz, junto con el arroz y trigo es uno de los tres cereales de los que depende la humanidad para proveerse de alimentos y derivados industriales. En Argentina se consolida como un recurso forrajero fundamental para la alimentación de rumiantes domésticos, utilizándose tanto su grano como la planta entera en forma de silaje para la producción de carne y leche en Argentina (Rimieri, 2023). La información provista por la Cámara Argentina de Contratistas Forrajeros (2025) indica que en el país se ensilan aproximadamente 1,21 millones de hectáreas de maíz, con una mayor adopción de esta tecnología en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe.

La calidad del cultivo de maíz para silaje está afectada por factores ambientales (Temperatura del suelo y Grados/día), el manejo agronómico (densidad adecuada y el uso eficiente del nitrógeno) y la selección del híbrido, que debe considerar productividad, estabilidad meiótica, tolerancia al estrés, digestibilidad y adaptación climática, incluyendo materiales con menor contenido de lignina y mayor aprovechamiento de la fibra. La combinación correcta de estos tres factores aumenta la calidad final del silaje. Respecto al momento de cosecha, la proporción apropiada de materia seca optimiza la calidad del silaje, incrementando la EM/Kg MS y de esta manera permite reducir emisiones de metano (Zhang, et al., 2025).

Cada material posee un potencial productivo que se expresa según el suelo y el clima en que se encuentre. Por ello, conocer el comportamiento de los híbridos de maíz en las condiciones ambientales de nuestra región, es de utilidad al momento de elegir los materiales. La eficacia de las variedades de maíz para silaje en aplicaciones de producción animal está influida por sus parámetros de fermentación y nutricionales, los cuales difieren entre tipos de híbridos. El maíz para silaje de doble propósito generalmente presenta una mayor proporción de ácido láctico respecto al ácido acético, así como niveles más elevados de ácido propiónico, extracto etéreo y contenido de almidón, mientras que el maíz específico para silaje se caracteriza por un mayor rendimiento de materia seca y un mayor contenido de fibra detergente neutra (Liu et al., 2021).

La selección de maíz de planta entera para silaje requiere una consideración integral de las características de la variedad, el potencial de rendimiento, la calidad nutricional, la resistencia al estrés y la adaptabilidad. Se debe dar prioridad a aquellas variedades con alto rendimiento y alta eficiencia, fuerte resistencia al estrés y

características adecuadas para la cosecha mecánica (Zhang et al., 2025). En general los híbridos para maíz con destino a silo han sido seleccionados y elegidos a partir de los rendimientos en grano, asumiendo que el rendimiento de forraje y su calidad estaban determinados por la relación grano/(tallos+hojas). Sin embargo, el contenido de grano sólo representa entre 30-35 % del rendimiento de materia seca, el resto es aportado por la caña, las hojas, el marlo, las chalas, y juegan un rol igual o más importante de contribución al rendimiento forrajero y a la calidad. Por otro lado, el contenido de materia seca al momento de picado tiene una relación directa con la calidad por lo que debe ser tenido en cuenta a la hora de evaluar materiales.

La digestibilidad y la calidad del silaje dependen tanto del contenido de grano como de la composición de la planta entera, siendo clave no solo la proporción grano/(tallos+hojas) sino también la calidad y cantidad de materia seca total producida, incluyendo el marlo y las chalas como componentes nutricionales relevantes (Rodríguez-Ortega et al., 2024).

Rimieri (2023) remarca la necesidad de que se consolide el desarrollo de híbridos específicos para silaje, señalando que la creciente intensificación de los sistemas ganaderos exige materiales genéticos capaces de ofrecer altos rendimientos de materia seca, buena proporción de espiga y una calidad nutricional estable bajo distintos ambientes.

Rebora et al., (2018) evaluaron el desempeño de tres híbridos de maíz para silaje bajo riego durante dos campañas agrícolas (2015–2016 y 2016–2017), en Luján de Cuyo, Mendoza, Argentina. No hubo diferencias significativas en los rendimientos o calidad nutricional entre los híbridos evaluados en ninguno de los dos ciclos, y los valores observados se mantuvieron dentro de parámetros esperados para maíces sileros. Por su parte, Rodríguez-Ortega et al., (2024) realizaron una evaluación comparativa de distintos materiales genéticos en varios ambientes del Valle de Tulancingo y observaron diferencias significativas en el rendimiento de forraje, grano y calidad, con variaciones según las características ambientales locales.

Anomale et al., (2020) realizaron un relevamiento en 55 silos de maíz pertenecientes a establecimientos CREA de la Región Centro e identificaron tres aspectos centrales de mejora: ajustar el momento de picado para alcanzar MS óptima, controlar la compactación para asegurar buena densidad y monitorear el tamaño de picado para optimizar el procesamiento del material. La calidad final del silaje no depende solo del manejo, sino también de la elección de híbridos con características adecuadas de secado, contenido de grano y comportamiento en la confección (Liu, et al

2021; Neumann et al., 2020). En este sentido, la Zona Centro de CREA (Consortios Regionales de Experimentación Agrícola) —relevante por su importancia en la producción de leche y carne— requiere información ajustada a sus propias condiciones climáticas y edáficas para la toma de decisiones respecto al uso de híbridos de maíz para la confección de silaje.

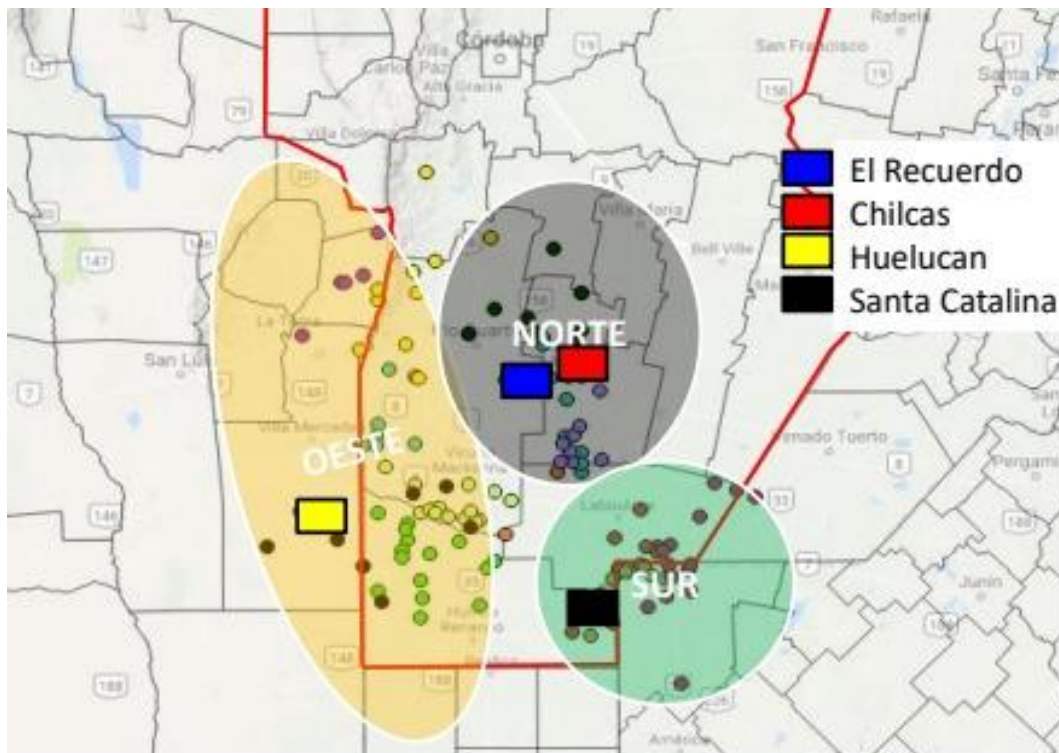


Figura 1: Ubicación de la Región Centro del Movimiento CREA, las zonas agroclimáticas (Oeste, Norte y Sur) y los sitios del ensayo. Fuente : CREA (2024).

El presente trabajo se propone aportar información actualizada sobre el potencial de rendimiento, el comportamiento productivo y la calidad nutricional de un conjunto de híbridos de maíz para silaje evaluados durante la campaña 2023/24 en la Región Centro de CREA. Para ello, se evaluó el rendimiento, la estabilidad y la calidad nutricional de la planta entera al momento de la cosecha y picado del material en cuatro ambientes contrastantes, con el fin de identificar las principales características de los materiales utilizados en la región.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Proporcionar información actualizada sobre el potencial de rendimiento, comportamiento productivo y la calidad nutricional de un conjunto de híbridos de maíz para silaje en la campaña 2023/24, en la Región Centro de CREA.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar las diferencias de rendimiento de distintos híbridos de maíz bajo condiciones de trabajo frecuentes en las diferentes regiones agroclimáticas de la Región Centro de CREA.
2. Caracterizar la calidad nutricional de los diferentes materiales como planta entera al momento de picado.
3. Analizar diferencias entre materiales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se establecieron en cuatro establecimientos representativos de tres zonas agroclimáticas dentro de la Región Centro CREA, El Recuerdo, Chilcas, Huelucan y Santa Catalina (Figura 2). En cada establecimiento se evaluó un conjunto de trece híbridos de maíz al momento de picado (Tabla 1).

Tabla 1: Híbridos evaluados, campaña 2023/24.

Semillero	Híbrido
NuSeeds	NUFEED 4220 BMR
	MGRR2
KWS	KWS 60-050 VIPFull
	KWS 60-950 VIP3
SPS	SPS 2743 VIP3
Bayer	DK 72-10 PRO4 SPR
	LT 723 TRE R8
Brevant	BRV 8472 PWU
NK	SYN 979 VIP3
Gentos	Gentos 4811 TIH
ACA Coop	ACA 484 vt3p
	ACA 482 vt3p
Albert	8850 Viptera 3
Nidera	NS 7921 VIP3CL

a) Diseño experimental

Se realizó un diseño experimental de cuatro bloques completos aleatorizados, implementados en lotes de producción.

La siembra se realizó en un esquema de dos híbridos por carga de sembradora para optimizar la logística operativa, y la limpieza del cajón sembrador entre materiales (Figura 2). Los lotes (se seleccionaron en base a su homogeneidad, fertilidad, ausencia de malezas problemáticas e historial de manejo similar, según el criterio de los responsables de cada establecimiento).

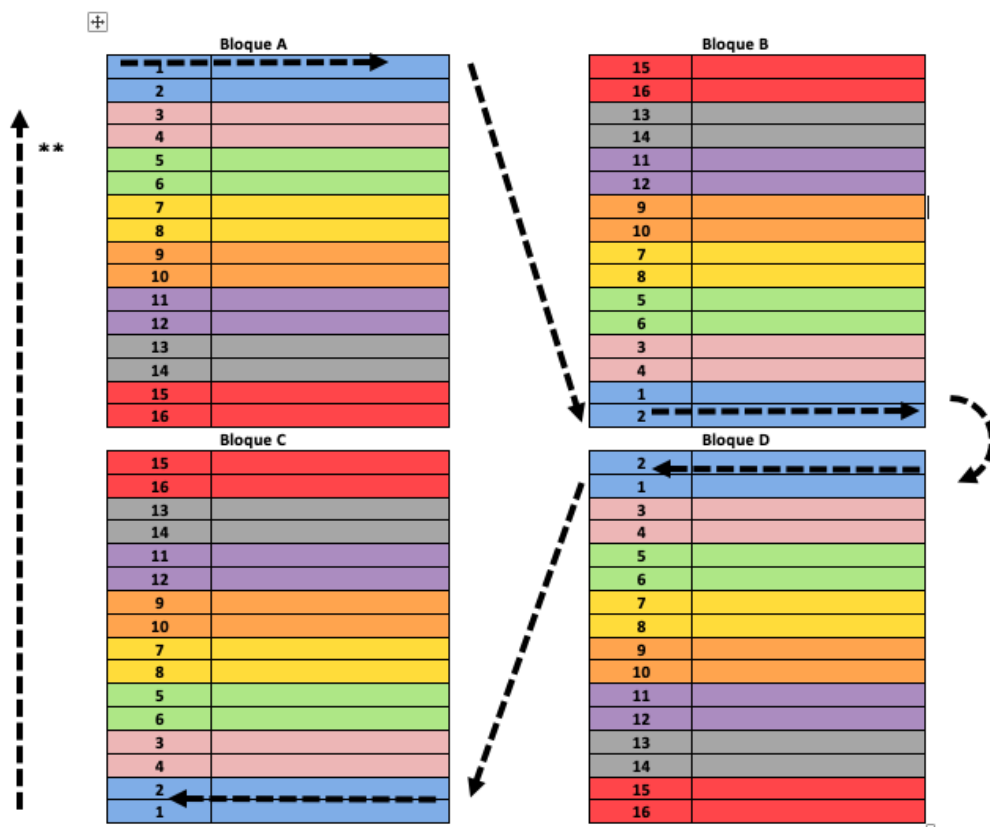


Figura 2: Diseño experimental. Cada número representa un híbrido, y cada color una carga de sembradora. Las flechas muestran el recorrido de la siembra.

b) Manejo del cultivo

La densidad de siembra se ajustó en función de las características ambientales de cada sitio, oscilando entre 45.000 y 65.000 semillas por hectárea (Tabla 1). Todas las parcelas de un mismo ensayo se sembraron a la misma densidad. La fertilización se adaptó a las condiciones particulares de cada establecimiento. Como referencia, se aplicaron dosis de base de 70-100 kg/ha de fertilizante arrancador, seguidas de aplicaciones de nitrógeno que variaron entre 0 y 200 kg/ha. Una excepción a este esquema fue el establecimiento "El Recuerdo", donde se aplicaron 1.900 kg/ha de purín de cerdo como enmienda.

Las fechas de siembra se clasificaron como tardías, realizándose en cada campo una vez que se presentaron las condiciones agroclimáticas apropiadas. Durante el ciclo del cultivo, se ejecutaron monitoreos y controles fitosanitarios pertinentes para el manejo de malezas, plagas y enfermedades.

Tabla 2: Detalle de fecha de siembra, densidades y fertilización por sitio.

	SITIO	El Recuerdo	Chilcas	Huelucan	Santa Catalina
Siembra	Fecha de siembra	1/12/2023	15/12/2023	22/12/2023	23/12/2023
	ESPACIAMIENTO	52	52	52	52
	DENSIDAD (pl/ha)	65 mil	65 mil	45 mil	60 mil
Fertilización	Antecesor	Soja/CS centeno	Soja	Vicia	Soja
	FERTILIZANTE	Efluente porcino	DAP	Urea	MAP
	DOSIS (kg/ha)	1900	95	100	70
	FERTILIZANTE	Urea	Urea	Urea	
	DOSIS (kg/ha)	100	140	100	

c) Condiciones climáticas

Durante la campaña 2023/24 las condiciones climáticas se caracterizaron por una precipitación acumulada de unos 830 mm, excepto para Huelucán que las precipitaciones fueron de unos 511 mm (Figura 3).

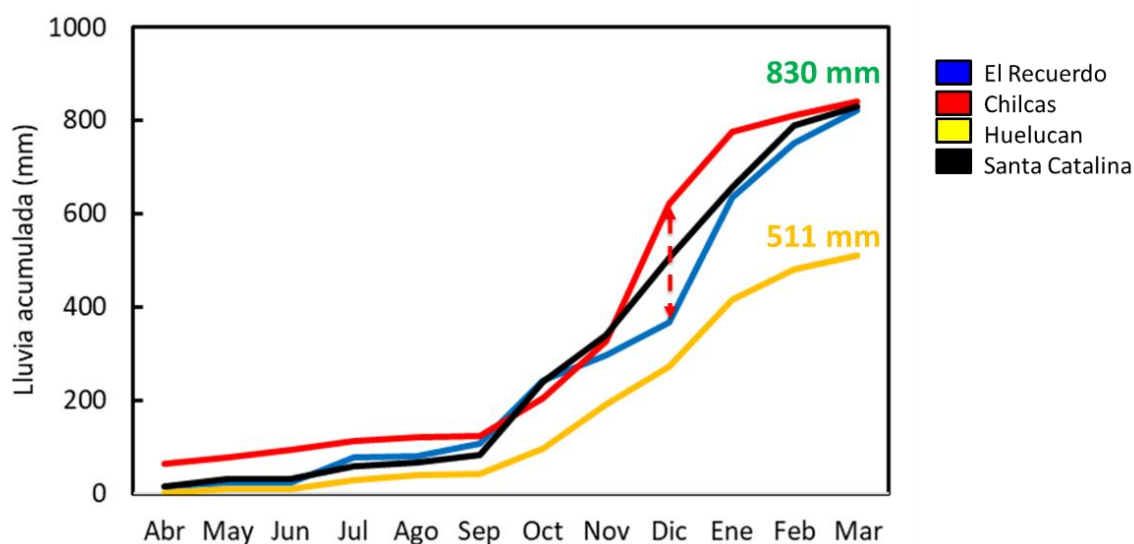


Figura 3: Precipitaciones acumuladas durante el ciclo productivo para cada uno de los sitios.

d) Estimación del momento de Cosecha

Cuando el 50% de los materiales alcanzó el estadio fenológico de grano ampolla (Figura 4), se programó la primera visita a uno o varios sitios, según el avance del ciclo en cada uno. El objetivo de esta primera visita fue medir el porcentaje de materia seca (%MS) en estadio de grano pastoso (Figura 4) y estimar el momento óptimo de picado del maíz para la confección del silo. Se procuró que todos los materiales fueron muestreados dentro del rango de 32-38% MS. Para ello se cortó al azar una planta por híbrido en cada bloque, se colocaron las cuatro plantas en una misma doble bolsa conformando una muestra compuesta y se identificó con el número del híbrido y el sitio. La muestra se pesó en fresco y se envió al laboratorio para calcular el %MS. Con el %MS determinado, se estimó un incremento diario de 0,5% para calcular el día de cosecha o picado a 35% MS del híbrido más avanzado. Se identificaron dos grupos de híbridos: aquellos que alcanzarían entre 32-38% MS en la primera cosecha y, para el resto, se tomó una nueva planta por bloque para repetir el análisis de MS y ajustar así una segunda fecha para la cosecha de estos materiales. La cosecha se realizó en seis oportunidades entre el 26 de marzo y el 22 de abril de 2024.



Figura 4. Evaluación visual de 1/3 de línea de leche, momento óptimo de picado

e) Corte, pesaje y estimación de rendimiento

Este trabajo se realizó con dos equipos de dos personas, cada equipo se posicionó en el primer híbrido del primer bloque a evaluar. Ingresaron a la parcela por un entresurco central y caminaron hasta la mitad, asegurándose de que el lugar fuera representativo. Se midieron 4 metros y se cortaron plantas a 30 cm de altura formando dos atados de 5 o 6 plantas cada uno (Figura 5). Cada atado correspondía cada uno a los extremos de la línea de 4 metros. Los mismos se ataron con sogas y mosquetones para su pesaje. Los atados se identificaron por el número del híbrido y del bloque. Y posteriormente se avanzó hacia la parcela siguiente, repitiendo el mismo proceso en cada bloque y para cada híbrido.



Figura 5. Recolección de las plantas y armado de los atados

f) Chipecado y preparación de muestras para análisis de calidad

La estación de trabajo se preparó colocando una lona de polietileno fijada con estacas y un gazebo para trabajar a la sombra. Se instaló la chipecadora con su generador y se dejaron cerca las cajas de telgopor y los refrigerantes, siempre a resguardo del sol (Figura 6).



Figura 6 Estación de chipecado : Máquina chipecadora, lona y conservadora

Los atados se depositaron sobre la lona y colocaron al lado la tarjeta correspondiente con número de híbrido y bloque.

El atado se procesó (Figura 7) y se depositó sobre la lona, el material picado se mezcló hasta homogeneizar, y se dividió en cuatro cuadrantes y recolectó dos cuadrantes

cruzados (Figura 8 y 9). Con una palita preparó una muestra mínima de 500 g, asegurando levantar también las partículas finas.



Figura 7 Procesamiento de cada atado con chipeadora



Figura 8. Mezclado del material y separación en cuadrantes



Figura 9 Armado de muestras

La muestra se colocó en una bolsa de polietileno, se cerró presionando para expulsar aire y se anudó firmemente. Luego se colocó dentro de una segunda bolsa. Entre ambas bolsas se ubicaron dos tarjetas idénticas (la realizada en parcela y una nueva) con sitio,

bloque y número de híbrido. La segunda bolsa se anudó y se guardó en una caja de telgopor con gel refrigerante.

El procedimiento se repitió para todos los híbridos. Al finalizar la jornada, las muestras se remitieron al laboratorio o se almacenaron en freezer hasta su envío.

g) Análisis de Laboratorio

Los análisis de laboratorio fueron realizados mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) (Rivera-Rivera y Alba-Maldonado, 2017). Los parámetros evaluados incluyeron: materia seca (MS), almidón, proteína cruda, fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN) y digestibilidad de la FDN a las 30 horas (FDNd30h).

h) Estabilidad del híbrido

El comportamiento productivo de los híbridos de maíz evaluados fue analizado mediante un enfoque de estabilidad y adaptabilidad basado en la relación entre la producción promedio de materia seca y el coeficiente de pendiente (b_0), obtenido a partir de un modelo de regresión lineal. Se estimaron análisis de regresión para cada híbrido por ambiente y en base al valor de las pendientes de las rectas de regresión lineal de cada material y el rendimiento promedio en cada ambiente ensayado se elaboró un gráfico de dispersión (Finlay y Wilkinson, 1963; Cainzo et al., 2022). La producción promedio, expresada en toneladas de materia seca por hectárea (t MS/ha), fue utilizada como indicador del rendimiento general de cada híbrido, mientras que el coeficiente b_0 permitió caracterizar su respuesta frente a variaciones ambientales.

i) Análisis Estadístico

Los datos obtenidos se analizaron a través de RStudio (RStudio Team, 2025) mediante un análisis de varianza (ANOVA). Para la comparación de medias entre híbridos se utilizó la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher (LSD). Para el análisis de estabilidad se utilizó el método de regresión de Finlay y Wilkinson (1963), donde el rendimiento de cada híbrido en cada ambiente se regresó en función del rendimiento medio de todos los híbridos en dicho ambiente. Adicionalmente, se realizó un análisis multivariado para identificar Grupos de híbridos.

RESULTADOS

a) Rendimiento (MS/ha)

En la Figura 10 se presentan los valores de rendimiento en MS/ha. El Recuerdo y Chilcas se diferenciaron significativamente ($p>0,05$) de Huelucan, mientras que Sta. Catalina no mostró diferencias significativas respecto a estos dos últimos. Los rindes variaron entre 8,6 y 18,9 tn/MS por hectárea, con un promedio de 13,2 tn MS/ha.

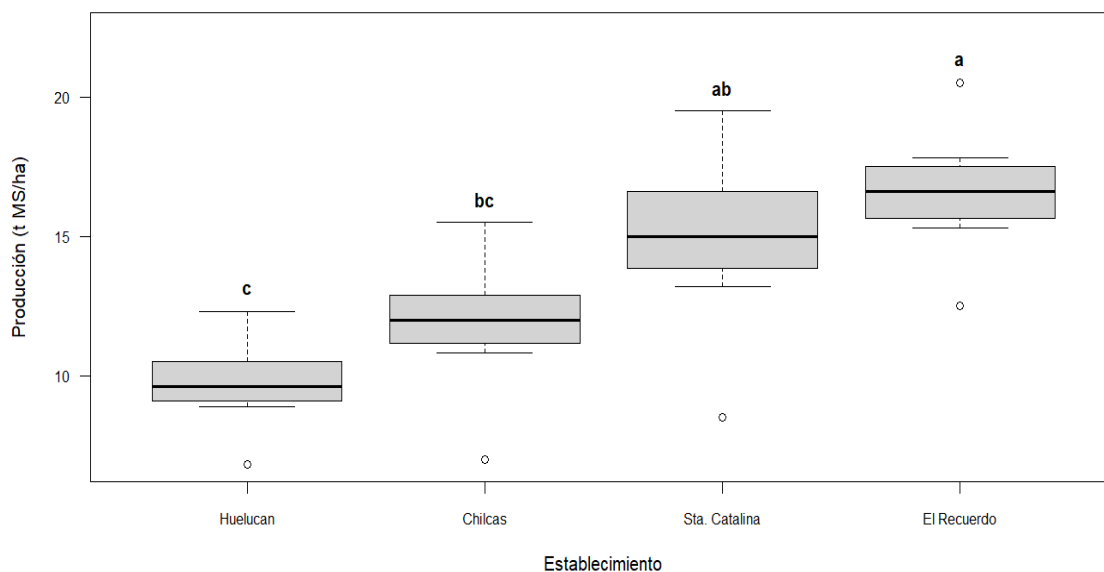


Figura 10. Rendimiento de materia seca (MS/ha) según sitio.

En las Figuras 11 a 14 se muestra el rendimiento de los distintos híbridos de maíz evaluados para cada uno de los sitios, y el desvío porcentual respecto al valor promedio estimado de cada sitio. Se observaron diferencias significativas entre grupos de híbridos para el rendimiento (Tn MS/ha) según los sitios de ensayo. Los mayores desvíos del promedio estuvieron en el rango del 15 al 20% para el sitio El Recuerdo.

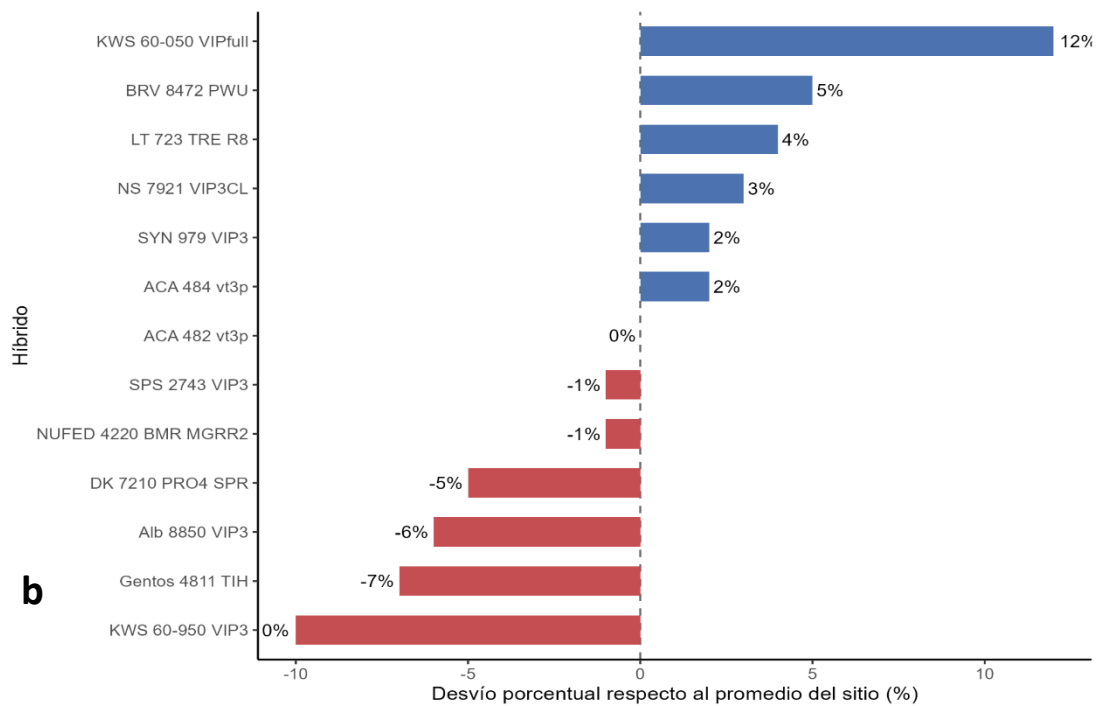
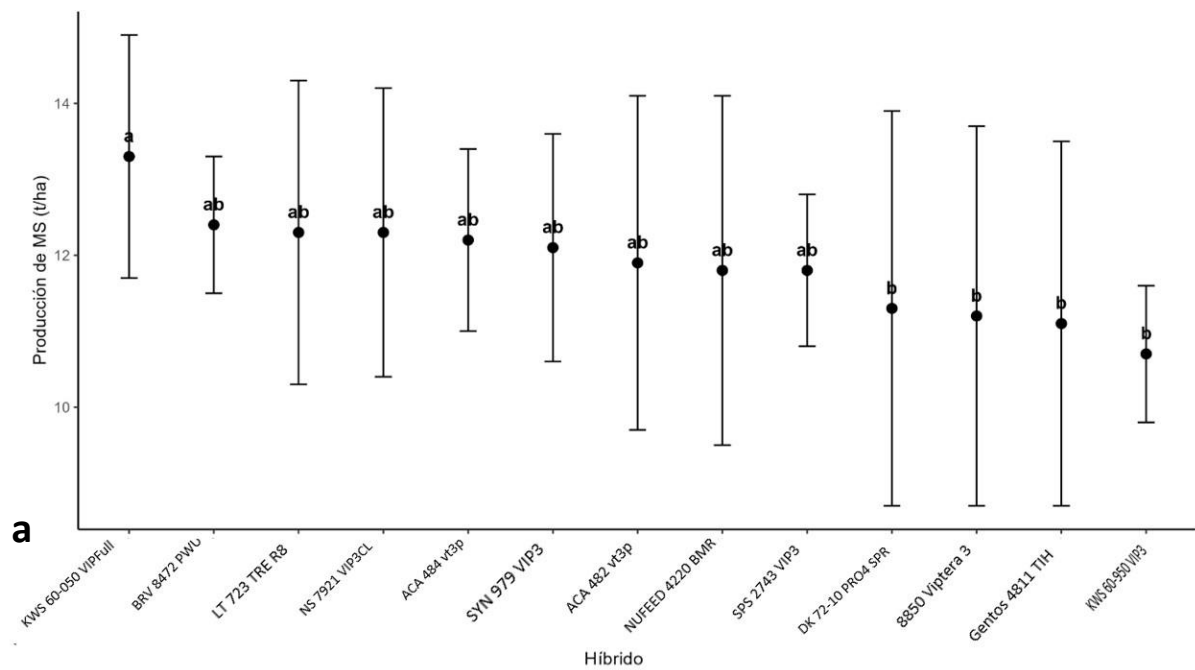
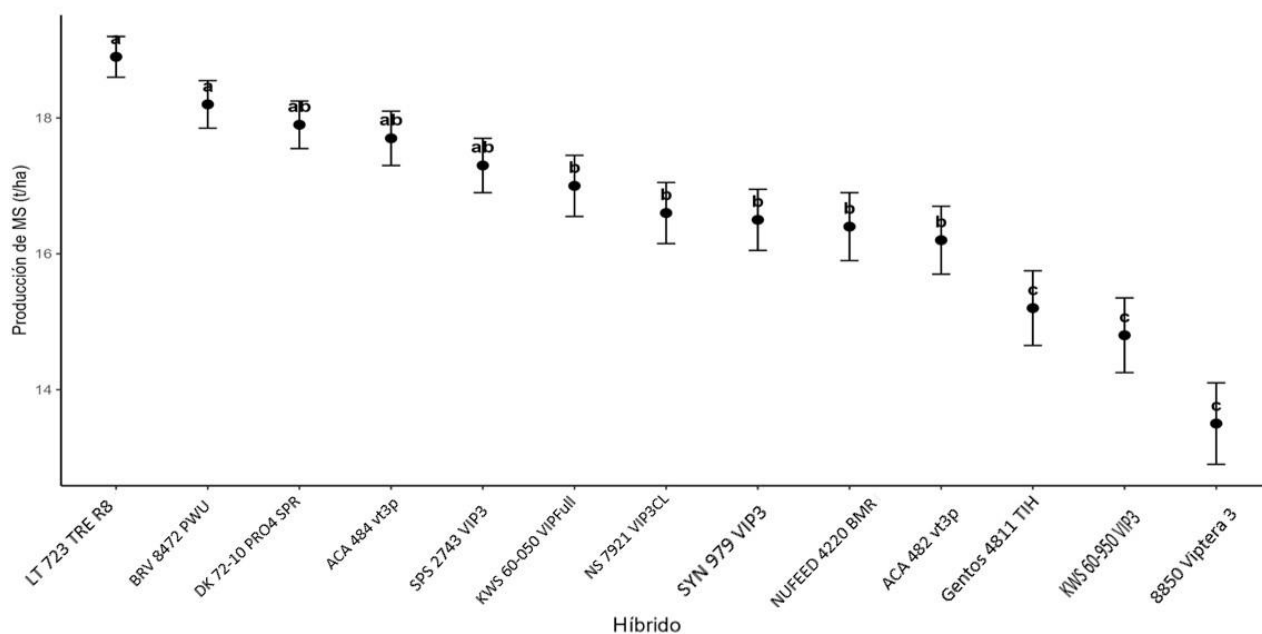


Figura 11. Rendimiento de materia seca por hectárea (MS/ha) (a) Valores promedios, desvíos (a) y desvío porcentual promedio (b), de híbridos en el sitio Chilcas (Letras diferentes muestran diferentes niveles de significancia).

a



b

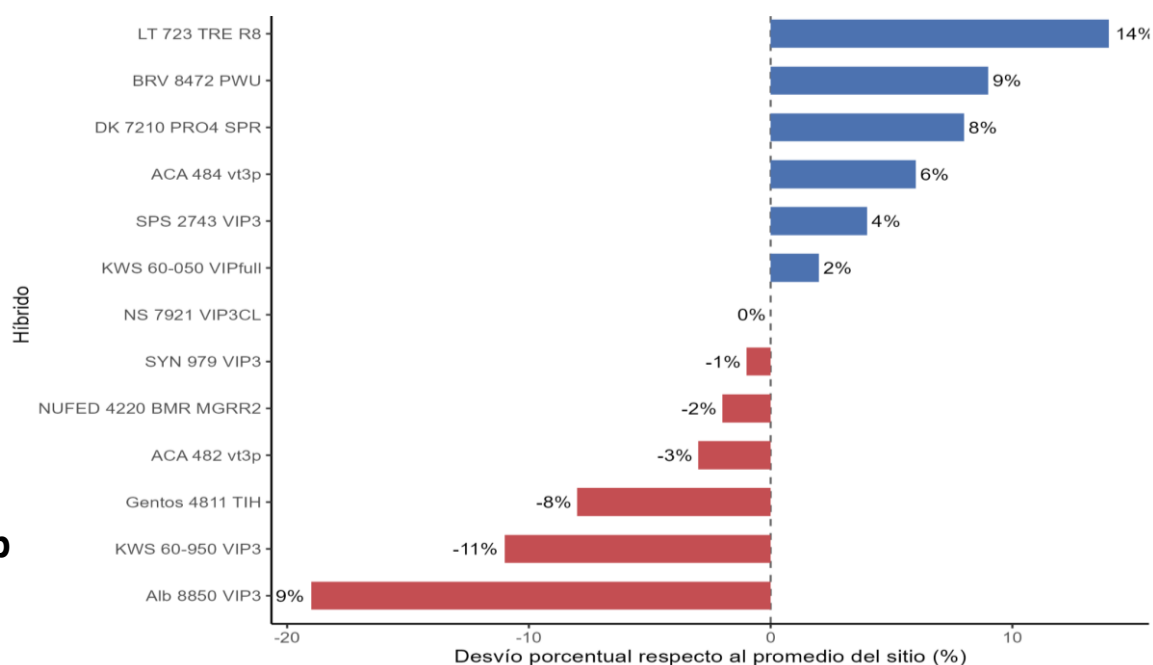


Figura 12. Rendimiento de materia seca por hectárea (MS/ha). Valores promedios, desvíos (a) y desvío porcentual promedio (b), de híbridos en el sitio El Recuerdo (Letras diferentes muestran diferentes niveles de significancia).

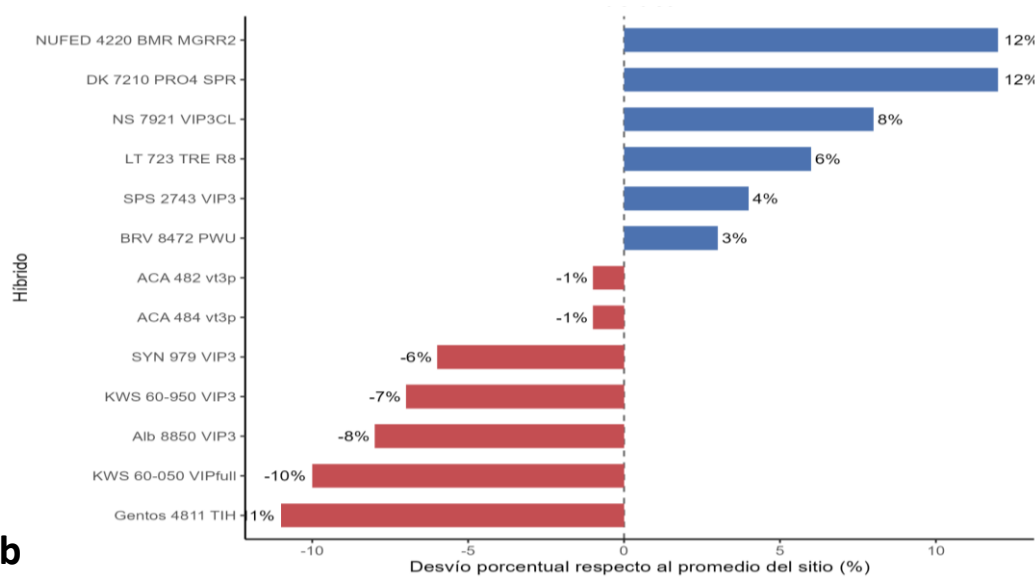
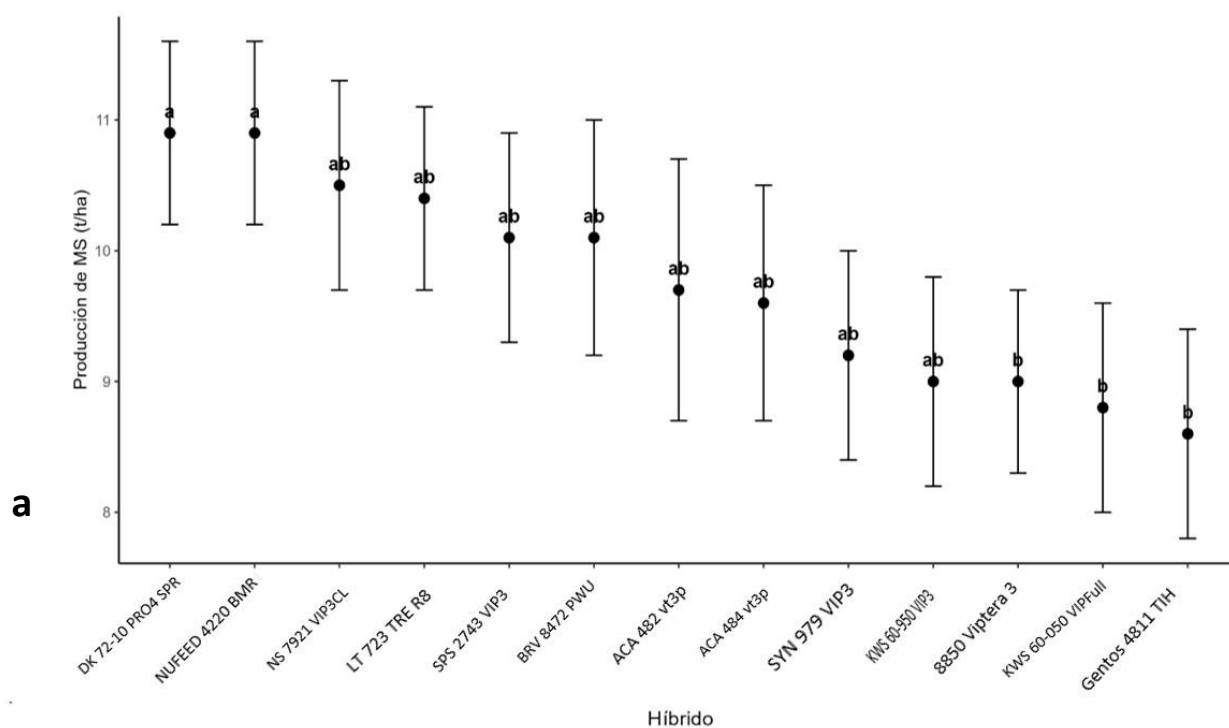


Figura 13. Rendimiento de materia seca por hectárea (MS/ha). Valores promedios, desvíos (a) y desvío porcentual promedio (b), de híbridos en el sitio Huelucan (Letras diferentes muestran diferentes niveles de significancia).

a

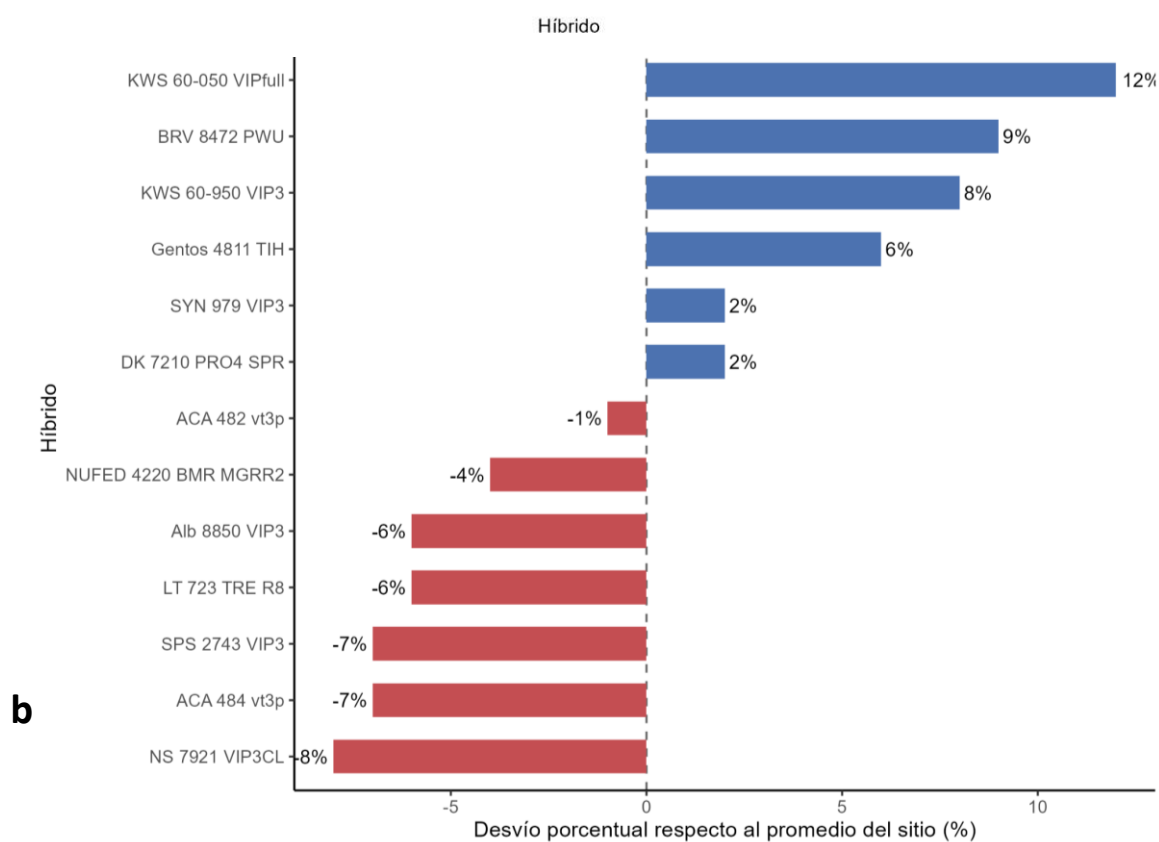
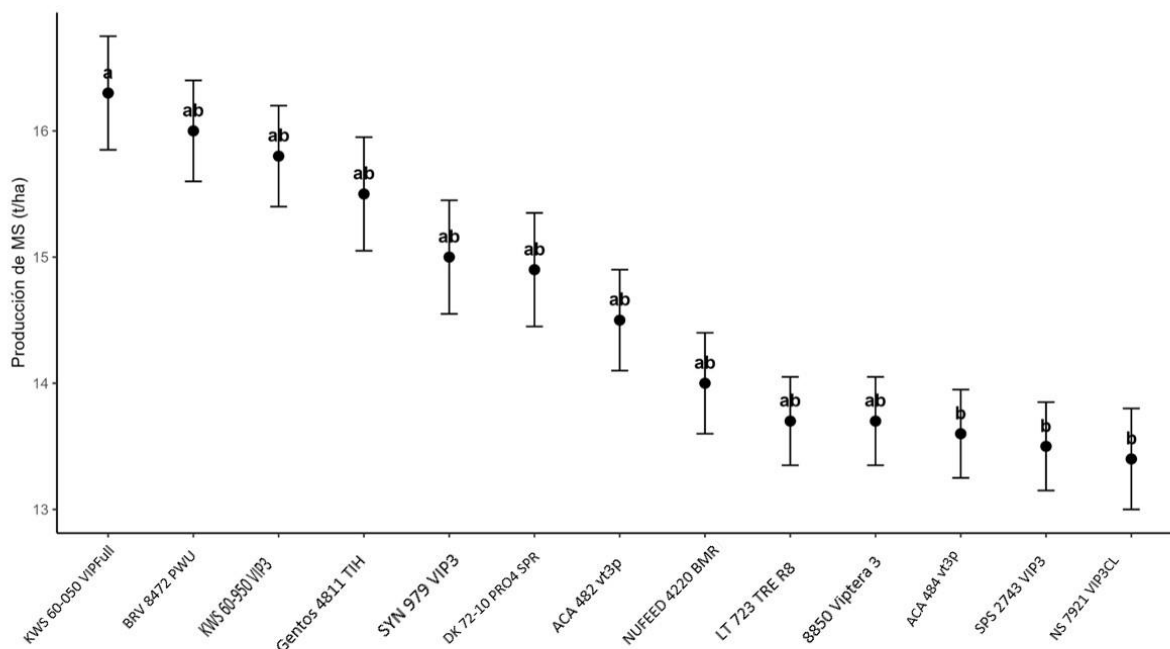


Figura 14. Rendimiento de materia seca por hectárea (MS/ha). Valores promedios, desvíos (a) y desvío porcentual promedio (b), de híbridos en el sitio Santa Catalina (Letras diferentes muestran diferentes niveles de significancia).

b) Estabilidad

En la Figura 15 se observa la estabilidad estimada de los híbridos entre sitios. Los híbridos con menor potencial productivo estimado como tnMS/ha exhibieron, a su vez, una mayor estabilidad en su rendimiento a través de los diferentes sitios de ensayo. Los resultados se representaron gráficamente mediante un diagrama de dispersión, en el cual el eje horizontal correspondió a la producción promedio y el eje vertical al coeficiente b_0 . Se trazaron líneas de referencia en el valor medio de producción y en $b_0 = 1$, lo que permitió dividir el gráfico en cuatro cuadrantes. Esta clasificación posibilitó diferenciar híbridos con alto o bajo rendimiento y con comportamiento estable ($b_0 \approx 1$) o adaptable ($b_0 > 1$). Los híbridos con b_0 cercano a 1 fueron considerados de comportamiento estable, mientras que aquellos con valores superiores a 1 fueron interpretados como altamente adaptables a ambientes favorables. Los híbridos con valores de b_0 inferiores a 1 fueron considerados menos sensibles a mejoras ambientales. En el contexto de este ensayo se observó una amplia variabilidad tanto en la producción promedio, que osciló aproximadamente entre 11 y 15 t MS/ha, como en la respuesta a las condiciones ambientales, expresada por valores de b_0 entre 0,7 y 1,3.

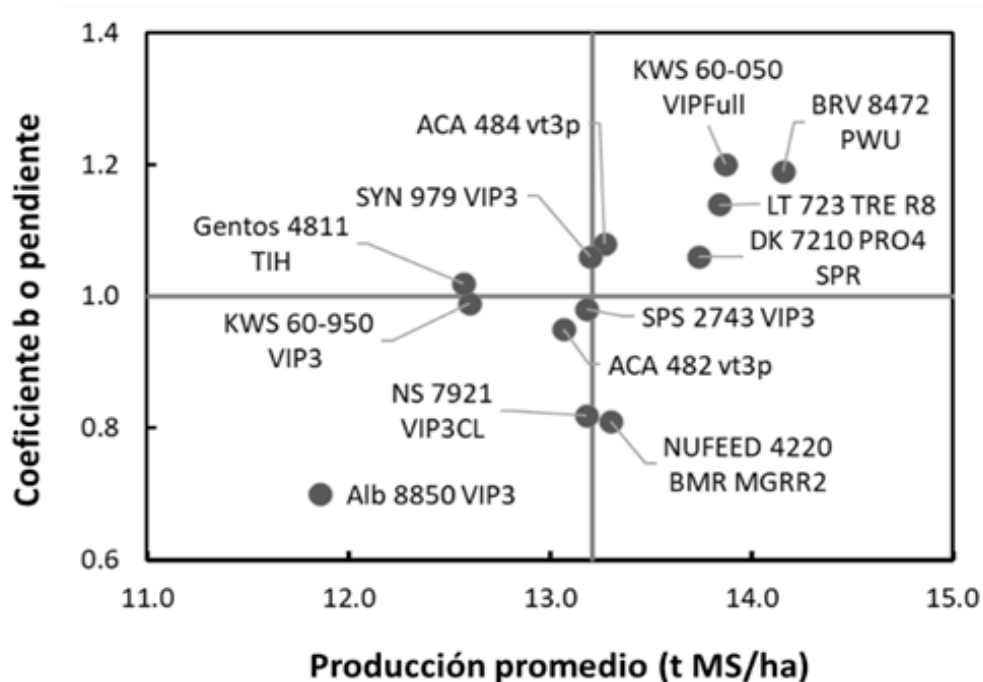


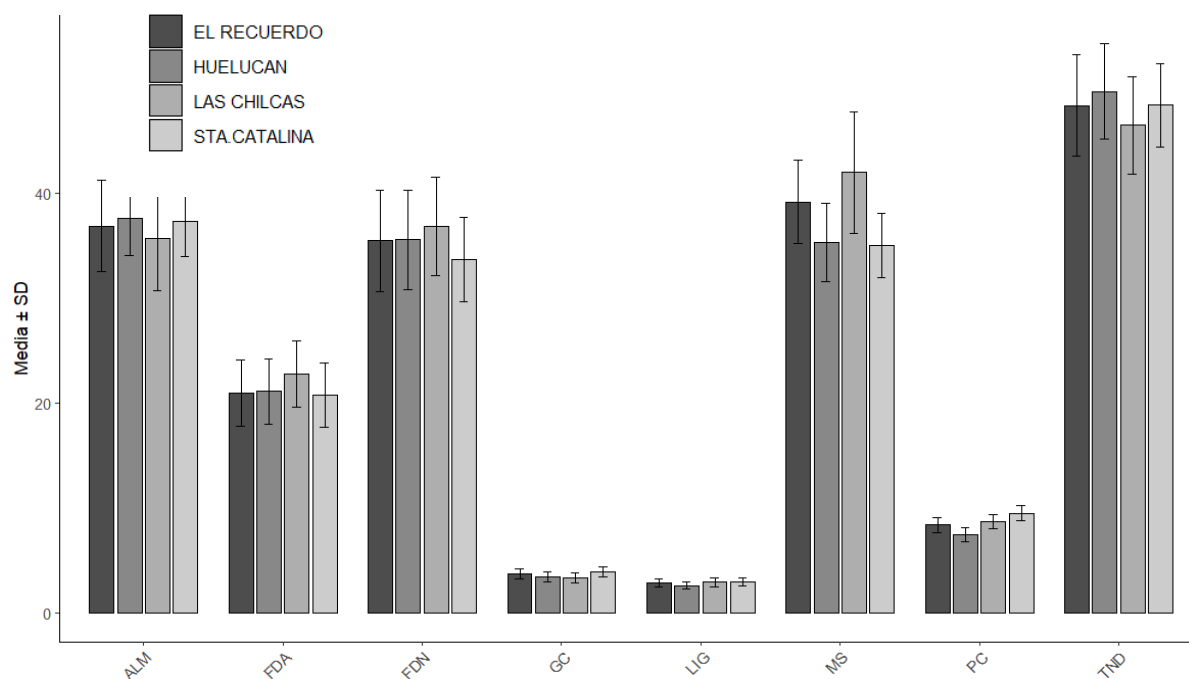
Figura 15. Análisis de estabilidad de los híbridos. Pendientes >1 indican alta respuesta a ambientes favorables; pendientes ≈ 1 indican estabilidad

El híbrido KWS 60-050 VIPFull presentó el mayor rendimiento promedio del conjunto evaluado y un coeficiente b_0 superior a 1, lo que indica una elevada capacidad de respuesta a ambientes favorables, posicionándolo como el híbrido más adaptable. De manera similar, BRV 8472 PWU, LT 723 TRE R8 y DK 7210 PRO4 SPR combinaron rendimientos superiores al promedio con valores de b_0 mayores a 1, evidenciando un comportamiento adaptable, aunque con mayor dependencia de ambientes favorables. En términos de estabilidad productiva, SPS 2743 VIP3 presentó un coeficiente b_0 cercano a 1 y un rendimiento próximo al promedio general, lo que indica un comportamiento estable y predecible frente a variaciones ambientales.

ACA 484 VT3P, SYN 979 VIP3 y Gentos 4811 TIH mostraron rendimientos cercanos al promedio y coeficientes b_0 levemente superiores a 1, reflejando una adaptabilidad moderada. Por el contrario, ACA 482 VT3P, NS 7921 VIP3CL y KWS 60-950 VIP3 presentaron coeficientes b_0 inferiores a 1, indicando una menor capacidad de respuesta a mejoras ambientales. NUFEED 4220 BMR MGRR2 evidenció un rendimiento promedio levemente superior al valor medio del ensayo, aunque con un coeficiente b_0 inferior a 1, lo que se interpreta como un comportamiento poco adaptable.

c) Calidad Nutricional

En la Figura 16 se presentan los valores medios obtenidos para las variables evaluadas, según los sitios de análisis. El valor medio de MS fue de 38.11% (± 2.87), mientras que el contenido promedio de Proteína Cruda (PC) alcanzó un 8.55% (± 0.81). El componente fibroso presentó un Fibra Detergente Neutro (FDN) promedio de 35.38% (± 1.15) y una Fibra Detergente Ácido (FDA) media de 21.42% (± 0.85), lo que resulta en una relación FDA/FDN promedio de 0.61, indicativa de una fibra de buena calidad. El promedio de Nutrientes Digestibles Totales (TND) fue de 48.21% (± 1.31), reflejando una alta densidad energética en general. y ALM 36.89% (± 0.82).



de picado, por sitio experimental. Se presentan los valores medios ($\pm$ desvío estándar) de Materia Seca (MS), Proteína Cruda (PC), Almidón (ALM), Nutrientes Digestibles Totales (TND), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA) y Lignina (LIG) para los sitios Chilcas, El Recuerdo, Huelucan y Santa Catalina. Letras diferentes dentro de cada variable indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre sitios según la prueba de LSD de Fisher.

Se identificaron diferencias significativas para estas variables entre los híbridos analizados, y con el propósito de identificar las principales fuentes de variación y agrupar los diferentes híbridos según sus características nutricionales se realizó un análisis de componentes principales, que permitió simplificar los componentes de variabilidad asociada a los indicadores de calidad evaluados. La Figura 17 muestra una representación bidimensional de esta variabilidad. Los dos primeros componentes principales explicaron en conjunto el 74,4 % de la variación total, con una contribución del 56,1 % para el Componente Principal 1 (Dim1) y del 18,3 % para el Componente Principal 2 (Dim2).

Dim1 está asociado de manera positiva con las variables Almidón y TND. En contraposición, sobre el eje negativo de Dim1 se ubicaron FDN, FDA y Lignina, cuyos vectores mostraron direcciones opuestas a ALM y TND, lo que refleja una relación

inversa entre ambas. Dim2 estuvo principalmente determinado por la Proteína Cruda (PC) y la Grasa Cruda (GC), mostraron una contribución independiente en gran medida del gradiente energético-fibroso representado por Dim1. Materia Seca (MS) presentó un vector de menor longitud y una orientación intermedia, lo que sugiere una contribución más moderada a la explicación de la variabilidad total en los dos primeros componentes. En base a estas fuentes de variación identificadas los híbridos se agruparon en tres Grupos (Figura 18).

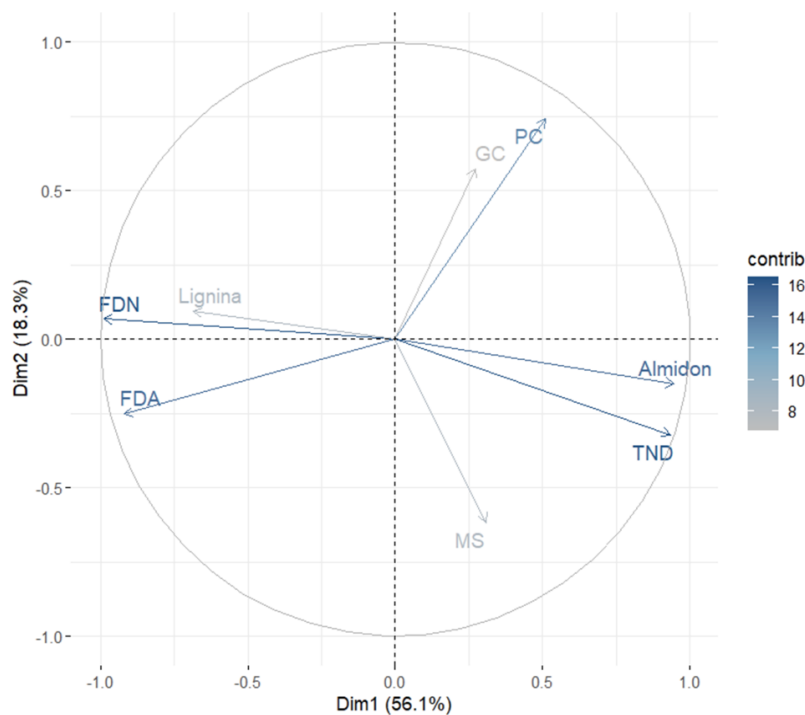


Figura 17. Análisis de Componentes Principales (PCA) de la calidad nutricional de híbridos de maíz para silaje. ALM: Almidón; TND: Nutrientes Digestibles Totales; FDN: Fibra Detergente Neutro; FDA: Fibra Detergente Ácido; LIG: Lignina; PC: Proteína Cruda; GC: Grasa Cruda; MS: Materia Seca.

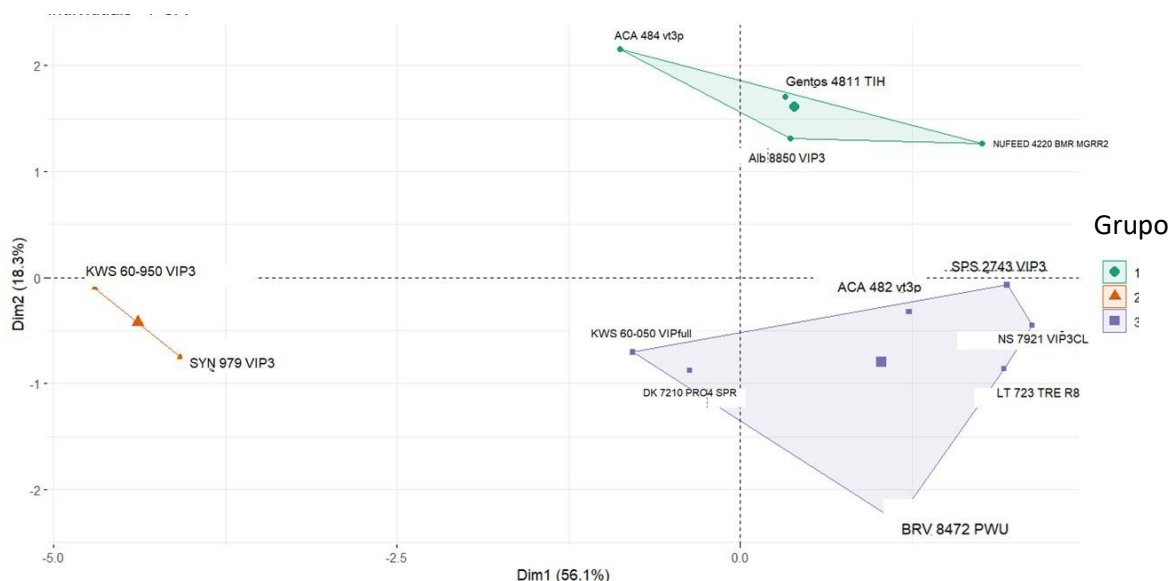


Figura 18. Análisis de Componentes Principales (PCA) de la calidad nutricional de híbridos de maíz para silaje.

Se identificaron tres grupos en función de las variables nutricionales evaluadas. El grupo 1 se caracterizó por mayores valores promedio de PC y GC, mientras que los contenidos de ALM y TND fueron intermedios. El grupo 2 presentó valores más elevados de FDN, FDA y LIG, y menores contenidos de ALM y TND, y bajos valores de PC y GC en comparación con los otros grupos. Por último, el grupo 3 presentó mayor calidad relativa, con mayores valores de ALM y TND, junto con los menores contenidos de LIG, FDN y FDA, PC y GC (Tabla 1, Figura 19).

Tabla 4. Calidad nutricional de los híbridos según los grupos analizados. ALM: Almidón; TND: Nutrientes Digestibles Totales; FDN: Fibra Detergente Neutro; FDA: Fibra Detergente Ácido; LIG: Lignina; PC: Proteína Cruda; GC: Grasa Cruda; MS: Materia Seca.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
%MS	35.58 ± 3.73 b	36.83 ± 4.32 b	39.37 ± 5.33 a
ALM	36.81 ± 4.52 a	33.52 ± 4.77 b	37.84 ± 3.29 a
PC	8.78 ± 1.03 a	8.19 ± 1.05 b	8.50 ± 0.95 ab
TND	47.58 ± 4.58 b	44.75 ± 4.63 c	49.42 ± 4.22 a
FDN	35.39 ± 4.62 b	39.15 ± 4.97 a	34.41 ± 4.15 b
FDA	21.10 ± 3.19 b	23.57 ± 3.17 a	21.08 ± 3.09 b
LIG	3.05 ± 0.35 a	3.12 ± 0.42 a	2.86 ± 0.35 b

Respecto al rendimiento de materia seca (t/ha) el Grupo 3 presentó el mayor rendimiento promedio de MS (12,6 t/ha), diferenciándose significativamente del Grupo 2 (12,2 t/ha), mientras que el Grupo 1 mostró valores intermedios (12,4 t/ha), sin diferencias estadísticas respecto de los otros grupos.

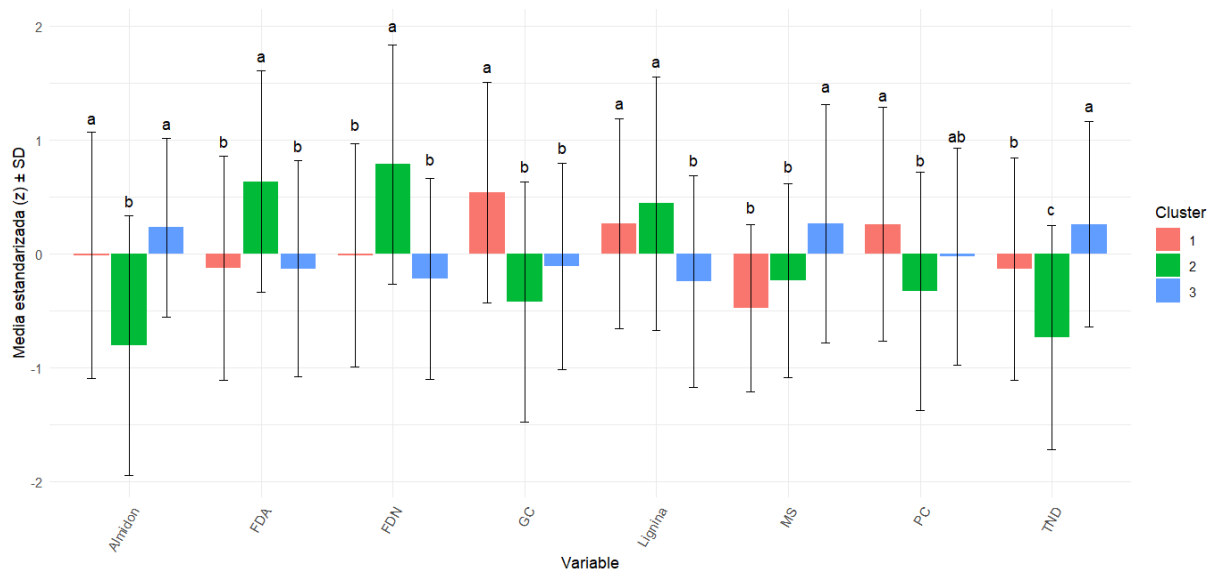


Figura 19. Calidad nutricional. Desvíos estandarizados por Grupos. ALM: Almidón; TND: Nutrientes Digestibles Totales; FDN: Fibra Detergente Neutro; FDA: Fibra Detergente Ácido; LIG: Lignina; PC: Proteína Cruda; GC: Grasa Cruda; MS: Materia Seca.

DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo final integrador permiten realizar una evaluación integral y aplicada del comportamiento de híbridos de maíz para silaje en la Región Centro de CREA. Los mismos se discutirán por secciones y finalmente, se integrarán estas dimensiones con los hallazgos más relevantes.

a) Rendimiento de Materia Seca

La producción de materia seca (MS) por hectárea en cultivos agrícolas depende significativamente de las condiciones ambientales (precipitación, temperatura, tipo de suelo), las prácticas de manejo (fertilización, densidad de siembra, riego) y la variabilidad genética entre materiales. Las diferencias observadas entre sitios y años son el resultado de la interacción de estos factores, lo que determina tanto el piso productivo como el potencial máximo alcanzable (Kahn et al., 2015; Zhang et al., 2025). La diferencia observada entre sitios (Figura 10), con un rango de 8.6 a 18.9 t MS/ha, refleja los efectos del gradiente de disponibilidad hídrica y estrategias de fertilización sobre los resultados. Huelucan con la menor precipitación acumulada y menor densidad de plantas, definió el piso productivo del ensayo. En contraste, los sitios El Recuerdo y Chilcas, con mayores precipitaciones y manejos intensivos (fertilización con purín o dosis altas de nitrógeno, y densidades de 65.000 pl/ha), expresaron el potencial máximo de los materiales. Santa Catalina, por su parte, representó un ambiente promedio para la región. Esta variabilidad ambiental representa las condiciones reales sobre la que deben tomar decisiones los productores, y es la base necesaria para evaluar la estabilidad de los genotipos (Borrás et al., 2004).

A nivel de genotipos, se observaron diferencias significativas en el rendimiento dentro de cada ambiente (Figuras 11 a 14). Los desvíos porcentuales respecto a la media de cada sitio, que alcanzaron hasta un 20% en El Recuerdo, un nivel de variabilidad que destaca la elección del híbrido es un factor de manejo crítico. Por ejemplo, en el ambiente de mayor potencial (El Recuerdo), híbridos como DK 72-10 PRO4 SPR y BRV 8472 PWU se destacaron consistentemente en el grupo superior, mientras que otros materiales tuvieron una respuesta tan marcada a estas condiciones favorables. En el ambiente más restrictivo (Huelucán), las diferencias absolutas entre materiales fueron menores, pero al observar las diferencias relativas (Figura 13) puede observarse que algunos materiales mostraron una caída menos pronunciada en su

rendimiento. NUFEED 4220 BMR, ACA 482 VT3P lograron rendimientos relativamente cercanos a su propio promedio, demostrando una menor sensibilidad al estrés abiótico, puede inferirse que en este caso el material pudo minimizar las pérdidas en un contexto estresante. Por otro lado, materiales como DK 72-10 PRO4 SPR, BRV 8472 PWU en este ambiente presentaron un menor rendimiento relativo. Puede inferirse que su productividad está ligada a condiciones favorables y sembrarlos en un ambiente restrictivo puede implicar asumir un mayor riesgo (Katsenios et al., 2021; Yue et al., 2020) .

Cabe mencionar que la menor densidad de siembra en el sitio HUELUCAN 45.000 comparado con 65.000 pl/ha responde a decisiones agronómicas realistas, pero introduce una variable al análisis. La respuesta de los híbridos de maíz a diferentes densidades de siembra está fuertemente influenciada por la interacción genotipo $\times$ ambiente $\times$ año, lo que incluye la densidad de plantas como variable clave. Híbridos con mayor plasticidad y arquitectura foliar erecta suelen tolerar mejor densidades altas, mostrando mayor estabilidad y rendimiento, mientras que otros pueden verse más afectados por la competencia intraespecífica en altas densidades y beneficiarse de densidades más bajas (Yue et al., 2022). Puede ser recomendable probar otras densidades de siembra en futuros ensayos para el análisis en sitios con amplia variabilidad edáfica y climática.

b) Estabilidad

La estabilidad de producción de cada híbrido se evaluó mediante la comparación de su rendimiento en cada ambiente con el promedio de todos los híbridos analizados. Este indicador estima la consistencia del rendimiento frente a variaciones ambientales. Los híbridos estables mantienen valores cercanos al promedio ambiental, con desvíos porcentuales bajos y mínima variabilidad entre sitios, lo que refleja amplitud de adaptación (Borrás et al., 2004). El análisis del comportamiento productivo de los híbridos de maíz, a partir de la relación entre la producción promedio de materia seca y el coeficiente de pendiente (b_0), permitió identificar diferencias en rendimiento, estabilidad y adaptabilidad (Figura 15).

Los resultados confirman la presencia de una interacción Genotipo $\times$ Ambiente (G $\times$ A) significativa, fenómeno ampliamente documentado (Borrás et al., 2004), y crítico para la elección de híbridos (Yue et al., 2022). Los materiales evaluados mostraron un gradiente de comportamientos que va desde híbridos altamente adaptables (pendiente > 1) hasta híbridos notablemente estables (pendiente ≈ 1).

Los híbridos con comportamiento adaptable, como DK 72-10 PRO4 SPR y BRV 8472 PWU, alcanzaron su máximo potencial en ambientes de alta productividad (ej., El Recuerdo), pero que se vieron afectados en un ambiente de baja precipitación y densidad) Huelucán. Este patrón coincide con lo señalado por Rimieri (2023), quien destaca que los materiales de alto potencial suelen ser más sensibles al estrés. En contraste, híbridos como ACA 482 VT3P y,NUFEED 4220 BMR, demostraron mayor estabilidad con un rendimiento relativo más constante a través de los ambientes. Estos híbridos pueden mantener un rendimiento consistente a pesar de las fluctuaciones en las condiciones ambientales (Vargas et al., 2021).

La presencia de interacción GxA destaca que no existe un único híbrido óptimo para toda la región, la elección del material genético debe ser estratégica y basada en el potencial específico de cada sistema (Yue et al., 2022).

c) Calidad Nutricional

El contenido medio de materia seca (MS) al momento del picado fue de 38,11% ($\pm 2,87$), valor superior al descrito como óptimo ($\approx 33\text{--}36\%$ MS) para el momento de cosecha de planta entera (Bragachini et al., 2018). Este incremento de MS podría estar asociado a la incidencia de *Dalbulus maidis* – conocida como chicharrita - que suelen adelantar la senescencia, acelerar el secado del cultivo y reducir el contenido de humedad del tallo y las hojas. Ya que el estrés provocado por la plaga conduce a una maduración fisiológica anticipada y deshidratación más rápida del tejido vegetal (Virla, 2024). La presencia de chicharrita obliga a ajustar la fecha de picado para evitar que el cultivo supere los rangos óptimos de corte y afecte el ensilado, ya que además del se afecta la calidad final del silaje, y repercute directamente sobre su valor nutricional (Carassai et al., 2025).

A pesar del mayor nivel de MS observado al momento del corte, el contenido de FDN ($35,38\% \pm 1,15$) y la relación FDA/FDN (0,61) indicaron que la fracción fibrosa mantuvo una calidad aceptable, lo que sugiere que el estrés por chicharrita afectó más el estado hídrico y la senescencia que la proporción relativa de fibra en la planta. La relación FDA/FDN observada coincide con proporciones de fibra menos lignificada y con mejores valores de digestibilidad de FDN descritos en híbridos de alta calidad (Terzić et al., 2020).

La PC media de 8,55% es consistente con los valores típicos de silajes de maíz, donde se informan promedios de $\approx 7\text{--}8,5\%$ PC en base MS. Esta concentración se considera suficiente para un forraje energético que será complementado con fuentes proteicas en dietas de rumiantes de alta producción (Terzić et al., 2020).

Los promedios observados permiten inferir que los materiales en general, presentan una relación adecuada entre energía y fibra digestible. La combinación de un FDN moderadamente bajo, una lignificación mínima y un TND elevado sitúa al material promedio del ensayo en la categoría de forraje conservado de alto valor nutritivo, adecuado para su inclusión en raciones para animales con elevados requerimientos (Kizilsimsek et al., 2024; Khan et al., 2024; Khan, et al., 2015; Huilse, 2017).

d) Evaluación Integral

A los fines de contribuir con la toma de decisiones basadas en evidencia, simplificar el análisis de la información generada para acercarla a los productores - y de manera exploratoria - se realizó un análisis de componentes principales, a partir del que se generaron tres grupos de híbridos que, al integrar del análisis de rendimiento de MS/hs, estabilidad y calidad, permitió identificar tres estrategias productivas claramente diferenciadas: híbridos estables de rendimiento intermedio (Grupo 1), híbridos conservadores de menor potencial (Grupo 2) e híbridos de alto potencial productivo con mayor respuesta ambiental (Grupo 3).

La Tabla 5 muestra una síntesis de este análisis, que permitió la interpretación integrada y conjunta de los híbridos evaluados. Un enfoque en el que no solo se busca maximizar el rendimiento, sino también asegurar consistencia productiva y previsibilidad del comportamiento agronómico en distintos ambientes (Zhang, 2025) y aportar información para su recomendación regional. La integración de los análisis de estabilidad (Figura 15) y de grupos nutricionales (Figuras 17-19) permite construir perfiles de recomendación estratégicos y concretos, adaptados a la diversidad de escenarios productivos de la Región Centro.

En base a las condiciones de este ensayo puede decirse que para maximizar la rentabilidad en lotes de alto potencial –aquellos con riego, alta fertilidad o historial productivo superior–, la estrategia óptima es la selección de un híbrido reactivo perteneciente al Grupo 3 de alta densidad energética. Materiales como DK 72-10 PRO4 SPR o BRV 8472 PWU que pueden capitalizar ambientes favorables, y unido a los valores presentados de ALM y TND, se traduce en la alta producción de energía digestible por hectárea. En el caso de establecimientos con condiciones variables y que requieren manejos conservadores, la recomendación se inclina hacia híbridos estables que también pertenezcan al Grupo 3. ACA 482 VT3P se destaca en este punto, siendo estable y presentando un perfil nutricional de alta energía. Es de destacar además que el uso de NUFEED 4220 BMR ofrece un perfil energético intermedio-alto y estabilidad

productiva, sumada a las características inherentes a los materiales BMR. Finalmente, para sistemas con necesidades específicas de balance de nutrientes, como los sistemas pastoriles donde el silaje actúa como un complemento estratégico, los materiales del Grupo 1 presentan un perfil distintivo. Híbridos como ACA 484 VT3P, caracterizados por mayores contenidos de proteína cruda y grasa junto con niveles adecuados de energía, ofrecen un aporte nutricional más balanceado.

Tabla 5. Características de rendimiento, calidad y estabilidad por agrupamientos.

Agrupamiento	Características descriptivas
Grupo1 ACA 484 VT3P ALB 8850 VIP3 GENTOS 4811 TIH	Perfil nutricional intermedio, con contenidos moderados de fibra estructural y niveles adecuados de almidón y TND. Se destaca por un mayor contenido de proteína cruda y grasa cruda en comparación con los otros grupos, lo que sugiere un buen aporte proteico y energético, con aptitud para silajes balanceados que requieren un manejo cuidadoso de la fermentación. Menor rendimiento relativo. Respuesta estable frente a la variabilidad ambiental
Grupo2 KWS 60-950 VIP3 SYN 979 VIP3	Perfil predominantemente fibroso, caracterizado por mayores contenidos de FDN, FDA y lignina, junto con menores niveles de almidón y TND. Este conjunto de características indica una menor densidad energética y una mayor proporción de tejidos estructurales, lo que puede limitar la digestibilidad y la calidad fermentativa del silaje si no se ajustan adecuadamente las prácticas de manejo. menor sensibilidad ambiental, respuesta más conservadora frente a ambientes favorables
Grupo3 ACA 482 VT3P BRV 8472 PWU DK 7210 PRO4 SPR KWS 60-050 VIPFULL LT 723 TRE R8 NS 7921 VIP3CL SPS 2743 VIP3	Perfil nutricional de mayor calidad, con elevados contenidos de materia seca, almidón y TND, y menores niveles de lignina. Este grupo representa materiales con mayor disponibilidad energética y mejor digestibilidad, lo que los hace especialmente aptos para la confección de silajes de alta calidad y mayor estabilidad fermentativa. Mayor potencial productivo promedio en los ambientes evaluados y mayor respuesta a mejoras ambientales.

Es importante contextualizar estos resultados en la campaña 2023/24, caracterizada por condiciones climáticas heterogéneas y un estrés hídrico marcado en Huelucán. Para inferir estabilidad es necesario validar los datos con la repetición de la evaluación a lo largo de varios años. Además, deben considerarse futuros estudios que mantengan la densidad constante entre ambientes permitirían aislar con mayor precisión los efectos de los factores climáticos y edáficos.

CONCLUSIONES

Los resultados de este ensayo, aunque específicos para el año y las condiciones evaluadas, permitieron generar información para contribuir a la toma de decisiones en la producción de silaje de maíz en la región Centro.

El rendimiento se vio influenciado principalmente por la ubicación y las precipitaciones, destacando la importancia de considerar estos factores en la elección de híbridos y prácticas de manejo. El análisis de estabilidad evidenció interacción genotipo ambiente. Los materiales presentaron diferencias nutricionales, que permitieron agruparlos según características vinculadas al componente fibroso y energético.

La recomendación del material a utilizar debe ser diferenciada, multicriterio y estratégica, utilizando herramientas como las aquí presentadas para equilibrar de manera óptima producción, calidad y estabilidad. Es fundamental continuar realizando ensayos para comprender mejor el comportamiento de los híbridos en diferentes escenarios y optimizar las prácticas de manejo para maximizar la producción y calidad del silaje.

BIBLIOGRAFÍA

- Anomale, M. V., Aizpeolea, M., Wernicke, T., Macor, L., Bruno, M., Di Niro, M., Saavedra, J., & Peñafort, C. (2020). Relevamiento de calidad nutricional y de confección de silajes de maíz en la región Centro de CREA. Comunicación presentada en el 43º Congreso Argentino de Producción Animal.
- Bragachini, M.; Cattani, P.; Giordano, M.; Peiretti, J; Sánchez, F.; Urrets Zavalía, G (2018). Manual técnico de forrajes conservados. Manfredi, Córdoba: INTA.
- Borrás, L., Otegui, M. E., & Westgate, M. E. (2004). Physiological basis of maize yield. *Field Crops Research*, 90(2-3), 109-119.
- Cámara Argentina de Contratistas Forrajeros (2025) Estadísticas. <https://www.ensiladores.com.ar/> (acceso: 13 de noviembre de 2025).
- Carassai, A., Roskopf, P., Iacopini, M. L., Massoni, F., & Gareis, N. (2025). *Efecto de dos manejos diferentes en maíces con destino a silaje luego del daño provocado por la chicharrita del maíz (Dalbulus maidis)*. Instituto de Investigación de la Cadena Láctea (IdICaL), EEA INTA Rafaela – CONICET. <https://www.todoagro.com.ar/wp-content/uploads/2025/03/CARASSAI-y-otros-Silajes-de-maiz-chicharrita-CP-Final.pdf>
- Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Security*, 14, 1295 - 1319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>.
- Finlay, K. W., & Wilkinson, G. N. (1963). The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14, 742–754. <https://doi.org/10.1071/AR9630742>
- Freeman, G. H., & Perkins, J. M. (1971). Environmental and genetic adaptation in plant breeding. *Genetics*, 45, 1021–1028.
- Hülse, J., Neumann, M., Ueno, R., H., J., Figueira, D., Sandini, I., Müller, M., Horst, E., & Vigne, G. (2017). Nutrient balance in the soil and nutritive characteristics of maize silage cut at different heights. *Semina-ciencias Agrarias*, 38, 3779-3796. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n6p3779>
- Katsenios, N., Sparangis, P., Leonidakis, D., Katsaros, G., Kakabouki, I., Vlachakis, D., & Efthimiadou, A. (2021). Effect of Genotype × Environment Interaction on Yield of Maize Hybrids in Greece Using AMMI Analysis. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030479>.

- Khan, N., Shah, T., Akhtar, H., Salamatullah, A., Bourhia, M., Mekonnen, A., Khan, M., Nazar, M., & Khan, N. (2024). Influence of maize genotypes and harvest stages on in-silo fermentation quality and nutritional value of corn silage during hot summer condition of the tropics. *BMC Plant Biology*, 24. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05179-1>.
- Khan, N., Yu, P., Ali, M., Cone, J., & Hendriks, W. (2015). Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality.. *Journal of the science of food and agriculture*, 95 2, 238-52 . <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703>.
- Kizilsimsek, M., Günaydin, T., & Akbay, F. (2024). DETERMINATION OF POTENTIAL SILAGE FEED QUALITY OF SOME SILAGE MAIZE (*Zea Mays* L.) HYBRIDS CULTIVATED IN EASTERN MEDITERRANEAN CONDITIONS. *Turkish Journal Of Field Crops*. <https://doi.org/10.17557/tjfc.1458251>.
- Liu, Y., Wang, G., Wu, H., Meng, Q., Khan, M. Z., & Zhou, Z. (2021). Effect of Hybrid Type on Fermentation and Nutritional Parameters of Whole Plant Corn Silage. *Animals*, 11(6), 1587.
- Neumann, M., Venancio, B., Horst, E., Cristo, F., Petkowicz, K., Pontarolo, G., Mendes, M., & Martins, M. (2020). Corn hybrid silage quality according to harvesting time. *Semina-ciencias Agrarias*, 41, 369-382. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n2p369>.
- Rébora, C., Ibarguren, L., Barros, A., Antonini, C., Arenas, F., Calderón, M., & Guerrero, D. (2018). Corn silage production in the northern oasis of Mendoza, Argentina - Producción de maíces sileros en el oasis norte de Mendoza, Argentina. *Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias*.
- Rimieri, P. (2023). HISTORY AND PROSPECTS OF FODDER CORN BREEDING IN ARGENTINA. *Journal of Basic and Applied Genetics*. <https://doi.org/10.35407/bag.2023.34.01.06>.
- Rivera-Rivera, A., & Alba-Maldonado, J. M. (2017). Revisión: NIRS en el análisis de alimentos para la nutrición animal. *Revista Ingenio*, 13(1), 165-177.
- Rodríguez-Ortega, L. T., Landa-Salgado, P., Velázquez-Martínez, M., Hernández Martínez, R., Mendoza-Pedroza, S. I., Hernández-Guzmán, F. J., & Hernández-Reséndiz, E. J. (2024). Rendimiento de forraje, grano y calidad de ensilado de

- maíces híbridos en el Valle de Tulancingo, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 47(4), 349–358. <https://doi.org/10.35196/rfm.2024.4.349>
- RStudio Team. (2025). RStudio: Integrated Development Environment for R [Computer software]. <http://www.rstudio.com>
- Terzić, D., Radosavljević, M., Milašinović-Šeremešić, M., Jovanović, Ž., & Nikolić, V. (2020). Yield and biomass quality of the whole plant of four maize hybrids for silage production. , 24, 6-8. <https://doi.org/10.5937/jpea24-25502>.
- Vargas, J. L., Morales, A., & Castañeda, A. (2021). Stability analysis of crop performance under diverse environmental conditions. *Agricultural Sciences*, 12(2), 120-134.
- Virla Eduardo. (2024). *Dalbulus maidis*, vector del “achaparramiento o raquitismo” del maíz. Aspectos biológicos más relevantes, con especial referencia a los conocimientos generados en Argentina, pp 8 14.
- Yue, H., Li, H., Xu, L., Bu, J., Wei, J., Chen, S., Peng, H., Xie, J., Shang, S., & Jiang, X. (2020). Analysis of genotype-environment interactions of silage maize cultivars under environmental trials. *Bangladesh Journal of Botany*. <https://doi.org/10.3329/bjb.v49i1.49092>.
- Zhang, X., Liang, X., & Zhang, Y. (2025). Advancements in the Research and Application of Whole-Plant Maize Silage for Feeding Purposes. *Animals*, 15(13), 1922. <https://doi.org/10.3390/ani15131922>