



Caracterización forrajera y evaluación de su aptitud para ensilado de 10 genotipos de maíz en el trópico de San Martín

Forage characterization and evaluation of silage suitability of 10 corn genotypes in the San Martín tropics

Salazar-Ramos, Iris^{1*}

Terán-Piña, Julio César¹

Roque-Alcarraz, Roberto Edgardo¹

García-Stepien, Luis Ezequiel²

¹Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú

²Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Argentina

Recibido: 13 Oct. 2023 | **Aceptado:** 30 Jun. 2025 | **Publicado:** 20 Jul. 2025

Autor de correspondencia*: isalazarr@alumno.unsm.edu.pe

Cómo citar este artículo: Salazar-Ramos, I., Terán-Piña, J. C., Roque-Alcarraz, R. E. & García-Stepien, L. E. (2025).

Caracterización forrajera y evaluación de su aptitud para ensilado de 10 genotipos de maíz en el trópico de San Martín. *Revista de Veterinaria y Zootecnia Amazónica*, 5(2), e627. <https://doi.org/10.51252/revza.v5i2.627>

RESUMEN

Esta investigación se realizó en el trópico de la región San Martín con el propósito de caracterizar y evaluar forrajes de 10 genotipos de maíz. Se preparó una parcela experimental donde se sembró el maíz utilizando un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. En cuanto a las variables morfofisiológicas, la variedad "Chusca" presentó un mayor valor (2,46 m) en altura de planta, así como en altura de espiga (1,52 m); las variedades DK_399 y "Chusca" presentaron una mayor cantidad; y la variedad DK_399 presentó una prolificidad de 1,05, siendo la más alta. En cuanto al rendimiento productivo en materia seca, la variedad AD_9559 presentó el mayor valor (13803 kg ha⁻¹) y un mayor porcentaje en cuanto a calidad de ensilado. La variedad "Chusca" también presentó un mayor porcentaje de cenizas (6,63%), y la variedad AT_105 presentó un mayor porcentaje de fibra bruta (18,07%). Asimismo, la variedad INIA_616 presentó un mejor porcentaje de fibra ácido detergente (33,46%); a partir de estos valores, se concluyó que la variedad "Chusca" tiene el mejor desempeño para ser utilizada en ensilaje.

Palabras clave: calidad nutricional; cosechas vegetales; nutrición animal; producción ganadera; residuos agroindustriales

ABSTRACT

This research was conducted in the tropics of the San Martín region with the purpose of forage characterization and evaluation of 10 corn genotypes. An experimental plot was prepared where the corn was planted using a randomized block design with four replications. Regarding morphophysiological variables, the variety "Chusca" presented a higher value (2.46 m) in plant height, as well as in spike height (1.52 m); the varieties DK_399 and "Chusca" presented a higher quantity; and the variety DK_399 presented a prolificacy of 1.05, being the highest. As for the productive yield in dry matter, the variety AD_9559 had the highest value (13803 kg ha⁻¹) and a higher percentage concerning silage quality. The variety "Chusca" also presented a higher percentage of ash (6.63%), and the variety AT_105 presented a higher percentage of crude fiber (18.07%). Likewise, the variety INIA_616 presented a better percentage of acid detergent fiber (33.46%); from these values, it was concluded that the variety "Chusca" has the best performance to be used in silage.

Keywords: nutritional quality; vegetable crops; animal nutrition; livestock production; agro-industrial residues



1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas en torno a la crianza de rumiantes en el trópico peruano, es sin duda los periodos secos que pueden llegar hasta los 9 meses, provocando escases de alimentos para el ganado destinado a la producción de carne o leche. Ello tiene varios efectos en diversas provincias de la región San Martín, según sus características ambientales, geográficas, climatológicas y culturales; por ejemplo, en los lugares donde el suelo presenta características secas, y por desconocimiento no se ha implementado mecanismos actuales de riego o una cultura de instalación de reservas forrajeras (1,2).

La región San Martín produce gran cantidad de maíz para grano, orientado principalmente a la alimentación avícola; no obstante, el forraje obtenido a partir de este puede también ofrecer varias ventajas al ser utilizado como alimento en la producción ganadera. Su alto contenido de carbohidratos, principalmente almidón, hacen de este una fuente especial de energía para el ganado. Además, este forraje presenta características de buena digestibilidad; por lo tanto, los animales pueden absorber de manera eficiente los nutrientes que este contiene (3). El forraje de maíz presenta también una gran versatilidad, por lo que puede ser usado de diferentes maneras, desde el grano, heno, ensilaje e incluso podría usarse como parte de la mezcla de lo que serían los alimentos concentrados, con lo que se lograría mejoras beneficiosas especialmente en la ganancia de peso y la producción lechera (4).

Diversas variedades de maíz son sembradas en el distrito de San Martín, entre ellos los híbridos ACROSS SO 031; CUYUTA SO 031; AGUAFRIA SO 031; PHRAPHTTABAT SO; COTAXTLA SO 031; SUWAN SO 031 9531(Re); CRAVINHOS SO031 9531; TAKFA SS 9531; S99 TEY-26 HAXN; S99 TEY-46 HAXB; S99 TEY - 16 HAXB; S99 TEY-4AB; S99 TEYGH<> (2); S99 TEY-BNSEQ; Marginal 28; INIA 602 (5,6). Muchas de estas variedades han sido estudiadas a nivel químico, nutritivo y productivo. Sin embargo, existen algunas variedades que aún necesitan ser evaluadas, entre ellas las que se consideran en la presente investigación, por lo que es propicio realizar una investigación dirigida al estudio de estas características en las variedades con las que se trabaja en esta zona tropical, principalmente su calidad nutricional, el cual ofrece un potencial importante para ser usado en ensilado, en la actualidad se ve afectado por factores como el momento de la cosecha, calidad de suelo; así como otras variables que interfieren en el desarrollo del maíz (riego, preparación de suelo, control de malezas).

Así mismo, los factores de interacción entre genotipo y ambiente se presentan como principales dificultades en la sección de genotipos adaptados y estables, este es uno de los problemas que se presentan en otros países Latinoamericanos, entre ellos, Brasil (7). Las limitaciones de nivel ambiental repercuten en el rendimiento de los forrajes a base de maíz, exigiendo que se tomen en cuenta recomendaciones específicas para su cultivo según la región con el fin de comprender cuales serían los efectos de las condiciones medioambientales en la cantidad y la calidad del ensilaje (8,9). El estudio de estas condiciones, así como de la evaluación de calidad y rendimiento de plantas de maíz como producto a ensilar se viene estudiando desde ya hace unas décadas atrás, en países como Costa Rica y México se ha evaluado tanto el rendimiento como la calidad de distintos cultivares de maíz con el fin de ser utilizados como alimento para animales mayores (10).

El principal objetivo que beneficiaran al productor es que el maíz forrajero genere no solo rendimientos altos de materia seca sino también de excelente calidad. Esto podría alcanzarse, escogiendo el genotipo adecuado de variedades de maíz con las mejores características de acuerdo a la zona, que tengan altas densidades y calidad, y que presente el mejor potencial para ser utilizado como ensilaje según Crevelari et al. (7); es decir, su conservación, compactación y posterior fermentación anaerobia, con lo cual se logró obtener un alimento de buena calidad y palatabilidad para los animales, como señala Ríos y Tablada (11). A partir de lo mencionado, la presente investigación tiene como objetivo principal caracterizar las variedades de maíz producidas en la región de San Martín, con lo que se pretende la obtención de datos

referidos a la morfofisiología, rendimiento, comportamiento agronómico con fines forrajeros, y calidad nutricional en el ensilado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización

Los ensayos experimentales fueron realizados en una parcela en el sector Bello Horizonte, Fundo Miraflores perteneciente a la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

2.2. Diseño de la investigación

En el presente estudio se preparó una parcela experimental en la que el suelo se mostró uniforme y con una fuente de agua cercana. La disposición de la parcela con respecto a las distintas variedades de maíz se detalla a continuación (Figura 1).

Bloque A	Bloque B	Bloque C	Bloque D
Bordura	Bordura	Bordura	Bordura
1	4	5	2
3	6	7	6
10	2	10	5
9	7	4	1
8	3	1	7
6	5	9	4
4	10	8	3
7	1	2	9
2	9	6	8
5	8	3	10
Bordura	Bordura	Bordura	Bordura

Figura 1. Disposición de la parcela con respecto a la variedad a sembrar

Las parcelas experimentales consistieron en 3 surcos de 5,2 m de largo, con una separación entre sí de 0,8 m; la distancia entre plantas de un surco fue de 20 cm. Además, se sembró una bordura de 2 surcos con el fin de mantener las condiciones de competencia en todo el ensayo. La siembra de los diferentes genotipos de maíz se realizó manualmente colocando dos semillas por golpe.

Para el silaje, se realizó una cosecha manual al ras de suelo cuando las plantas se encontraron en estado de madurez, lo cual fue confirmado mediante un muestreo de espigas al azar y buscando que la línea de leche se encuentre en un rango entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ de madurez de grano dentro del estado fenológico de R5.

Para la preparación de microsilos, se usaron 10 plantas completas de cada genotipo cosechadas y picadas de 10 a 20 mm, una porción de muestra de cada genotipo fue homogenizado y compactado en baldes de PVC, los cuales luego fueron serrados herméticamente, considerándose cada uno de estos como una unidad experimental (UE).

2.3. Población y Muestra

Los genotipos de maíz utilizados se seleccionados sobre la base de su uso forrajero en la zona de Tarapoto, y otras regiones del país como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Variedades de maíz en el estudio

Tipos de Maíz	Genotipos	Empresa	Tipo de Grano
MARGINAL 28 - T	Híbrido triple	INIA	Corneo dentado
ATLAS 105	Híbrido simple	Interoc	Corneo dentado
ATLAS 777	Híbrido simple	Interoc	Corneo dentado
DEKALD-7500	Híbrido triple	Hortus	Corneo dentado
DEKALD-399	Híbrido triple	Hortus	Corneo dentado
IMPACTO	Híbrido simple	Syngenta	Corneo dentado
PIONNER	Híbrido simple	Arisagro	Corneo dentado
CHUSCA	Híbrido (9 líneas)	INIA	Corneo dentado
INIA 616	Híbrido triple	INIA	Corneo dentado
ADVANTA 9559	Híbrido simple	Farmagro	Corneo dentado

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Como instrumentos se analizaron una serie de variables:

Condiciones meteorológicas: Para ello se utilizó los datos de temperatura mínima y máxima del aire, así como las precipitaciones registradas en lapsos de 24 horas. Para medir la temperatura se utilizó un termómetro de máxima y mínima ubicado a 1,5 m de altura en abrigo meteorológico; y las precipitaciones diarias fueron registradas a las 9 am de la mañana todos los días en un pluviómetro estacionario de marca TFA, modelo Dostmann de Alemania y colocado en las inmediaciones del ensayo.

Variables morfofisiológicas evaluadas en cada genotipo: Se evaluó la altura de las plantas, la altura de inserción de la espiga, utilizando un flexómetro, así como el número de hojas con un conteo quincenal y el índice de prolificidad se evaluó después del corte de caña.

Variables de rendimiento: Para su medición se tomó en cuenta los datos obtenidos del rendimiento en materia seca de la planta completa.

Indicadores del estudio para la caracterización de la calidad del ensilado: Se consideraron los siguientes:

- Contenido de FND (Fibra Detergente Neutro) (%)
- Contenido de FDA (Fibra Detergente Ácido) (%)
- Contenido de Proteína Bruta (%)
- Contenido de Humedad (%)
- Contenido de Materia Seca (%)
- Contenido de Extracto Etéreo (%)
- Contenido de Fibra Bruta (%)

Determinaciones de calidad de los microsilos: Para ello se tomó una muestra de cada microsilo y se secó en estufa de aire forzado a 60°C a temperatura constante (aproximadamente 72 h). Luego, el material seco fue molido mediante el uso de un molino con malla de 1 mm, para realizar la determinación de calidad en el Laboratorio de Suelos, Agua, Pastos y Abono de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Cajamarca.

2.5. Procedimiento experimental

Según los pasos de la guía del laboratorio LABSAF – INIA Los Baños del Inca – Cajamarca, se realizó:

Preparación de la muestra: Las muestras fueron homogenizadas y luego puesta a secar en estufa de aire forzado a 65 a 70 ± 2 °C, luego se procedió con el molido y tamizado.

Determinación de Proteína: Este procedimiento constó de dos pasos, la primera fue la digestión, para la cual se pesó 0.1 g que fue colocado en un tubo digestor al cual se le añadió tabletas de kjeldahl como catalizador y 2 ml de ácido sulfúrico; luego se procedió a destilar el producto digerido a 400 °C usando un equipo microkjeldahl. El destilado se recibió en un matraz conteniendo 20 ml de solución de caído bórico al 2% con tres gotas de indicador, obteniendo un color verde manzana. Posteriormente, se realizó un proceso de titulación con ácido sulfúrico 0.1 N, hasta que se observó un viraje de color verde a color morado, el cual es el color indicador.

Determinación de Grasa: Para ello, primero se pesó un papel filtro, en el cual luego se pesó el 1g de muestra; por otro lado, también se pesó un balón vacío. Posteriormente mediante el uso de un equipo Soxhlet se pasó a la extracción de la grasa utilizando éter de petróleo durante 4 horas o hasta la extracción total de la grasa. Por último, se pesó el balón con la grasa extraída, para proceder con los cálculos necesarios.

Determinación de cenizas: Se pesó 2 gramos de muestra en un crisol debidamente codificado, y se llevó a una mufla a 550 °C durante aproximadamente 5 horas. Luego de ello la muestra se deja enfriar en un desecador por un tiempo de 30 minutos. Finalmente se pesó el crisol frío y se obtuvo la cantidad de cenizas.

Fibra cruda: Para la determinación de fibra primero se tiene que desengrasar la muestra a trabajar. Una vez obtenida la muestra libre de grasa se procede a realizar los siguientes pasos. En primer lugar, se realizó la digestión ácida para lo cual se pesó 0.9000 g de materia seca y desgrasada en un vaso de precipitado de 500 ml, para luego añadir 200 ml de solución de ácido sulfúrico y se llevó a hervir por 30 minutos en una plancha eléctrica. Posteriormente, se filtró el contenido del vaso a través de papel filtro pesado anteriormente en un matraz de erlenmeyer con la ayuda de un embudo de vástago corto y se lavó 2 veces con agua destilada caliente. Luego se pasó a realizar a la digestión alcalina; en donde se transfirió el residuo de la filtración anterior a un vaso de precipitado, al cual se añadió 100 ml de hidróxido de sodio y se hirvió por 30 min. Posteriormente se volvió a filtrar el contenido del vaso de precipitado y se lavó 2 veces con agua destilada caliente, finalmente el filtrado se secó en una estufa para luego pesar el filtrado seco.

Determinación de FDN: Se pesó 1 gr de muestra exenta de grasa en una balanza analítica (± 0.1 mg), y se colocó en un vaso de precipitado, en donde se agregó 100 ml de la solución detergente neutra, con 0.5 gr de sulfito de sodio y se puso a calentar hasta la ebullición y reflujo, se dejó hervir por un periodo de 60 minutos, desde el inicio de la ebullición. Posteriormente, se filtró la solución a través de un papel filtro y se lavó 3 veces con agua destilada caliente y luego se realizó un segundo lavado 3 veces con acetona. Por último, se secó el filtrado a 65-70°C por 8 horas y se dejó enfriar en un desecador, para luego pesar el filtrado seco.

2.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se empleó un diseño de bloques completamente aleatorizados con 4 repeticiones, se considerarán a los genotipos como variable fija. El análisis se realizó mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) para cada variable, con el propósito de evaluar el comportamiento de cada uno de los genotipos. Las comparaciones entre medias se realizaron mediante la utilización del test de Tuckey, con un nivel de significancia de $p < 0,05$.

Modelo utilizado:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$i=1,2, \dots, t$

$j=1,2, \dots, r$

μ =efecto medio

τ_i =efecto del tratamiento i

β_j =efecto del bloque j

ϵ_{ij} =error experimental de la u.e. i,j

Y_{ij} =Observación en la unidad experimental

Luego, se realizó un análisis de correlación de Pearson entre las variables morfofisiológicas, de rendimiento a campo y de calidad nutricional y de conservación del ensilado en los microsilos, para ellos se utilizó el programa estadístico InfoStat.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización morfofisiológica

Las características morfofisiológicas evaluadas para cada variedad o genotipo de maíz se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Caracterización de la morfofisiología de cada variedad de maíz

Variedad	Altura planta (m)	Altura espiga (m)	Número hojas	Prolificidad*
AD_9559	1.72 <i>b</i>	1.16 <i>b</i>	16.74 <i>b</i>	0.99 <i>a</i>
AT_105	2.23 <i>ab</i>	1.16 <i>b</i>	16.63 <i>b</i>	0.68 <i>b</i>
AT_777	1.86 <i>ab</i>	1.14 <i>b</i>	16.68 <i>b</i>	0.93 <i>ab</i>
Chusca	2.46 <i>a</i>	1.52 <i>a</i>	17.38 <i>ab</i>	0.88 <i>ab</i>
D_7500	1.91 <i>ab</i>	1.04 <i>b</i>	17.05 <i>b</i>	0.91 <i>ab</i>
DK_399	1.86 <i>ab</i>	1.32 <i>ab</i>	18.40 <i>a</i>	1.05 <i>a</i>
Impacto	2.14 <i>ab</i>	1.27 <i>ab</i>	16.98 <i>b</i>	1.00 <i>a</i>
INIA_616	1.94 <i>ab</i>	1.02 <i>b</i>	15.50 <i>c</i>	0.92 <i>ab</i>
M_28	1.85 <i>ab</i>	1.14 <i>b</i>	16.69 <i>b</i>	0.88 <i>ab</i>
Pioner	2.19 <i>ab</i>	1.26 <i>ab</i>	16.93 <i>b</i>	0.97 <i>a</i>
EE**	0.14	0.77	0.22	0.05
CV	13.52	11.45	2.58	11.76
DMS	0.66	0.33	1.06	0.26
p-valor	0.0181	0.0011	<0,0001	0.0060

Leyenda: CV=Coeficiente de Variación

En cuanto a la altura de la planta, estos se registraron en el rango de 1.72 m. (AD_9559) hasta 2.46 m. (Chusca), teniendo el tiempo de cosecha en promedio 100 días, siendo la variedad Chusca la que más sobresalió. Estos resultados son bajos a los reportados por Guacho (12) quien evaluó 10 variedades de maíz en la localidad de Chazo reportando un rango de 1.99 m. hasta 2.30 m. Por otra parte, Vásquez et al. (13) reportó resultados similares con nuestra investigación ya que el describió alturas de la variedad Chusca de 1.90 m en una cosecha de 122 días comparando las características de esta variedad con la variedad Marginal 28, demostrando que la chusca es superior en altura. Además, Collazos et al. (14) también destacan a la variedad Chusca y la Variedad Marginal 28, reportando alturas de 2.39 m y 2.42 m respectivamente a 160 días de corte. Se puede deducir que la altura de la planta se verá reflejada al momento de la cosecha, ya que a más días mayor será la altura dependiendo de la variedad de maíz con la que se trabaje. Esto debe ser bien evaluado para destinar el recurso de maíz forrajero para ensilaje, mientras más forraje se tenga y en el momento exacto (Fase fenológica R5), es la mejor opción como materia prima para el ensilado.

Los rangos encontrados en la presente investigación para Altura de Espiga van en rangos desde 1.02 m. (INIA_616) hasta 1.52 m. (Chusca), las variedades DK_399, Impacto y Pioner también tuvieron diferencias

significativas dentro de los rangos altos con 1.32 m., 1.27 m. y 1.26 m respectivamente. Estos resultados son similares a los reportados por Espiritu (5), quien encontró rangos de altura de espiga que van desde 0.93 m hasta 1.59 m. Además, al igual que nuestro trabajo dentro de las variedades de maíz estudiados en este, la variedad Chusca también tiene la mayor altura de espiga (1.47 m.). Como se observa, hay una relación directa con los valores encontrados en altura de espiga con los encontrados en altura de la planta concordando con Celis y Duarte (15), quienes también manifiestan que la altura de la espiga está en concordancia con la altura de la planta relacionándose directamente con el crecimiento, adicionando que las espigas a media planta son características de mejor rendimiento.

Los rangos para el número de hojas por planta encontrados en este trabajo, dieron como resultado 15.5 hojas (INIA_616) hasta 18.40 hojas (DK_399), destacando también la variedad de maíz Chusca con 17.38 hojas. Estos resultados están por encima de los reportados por Uzátegui (16), quien en un trabajo donde evaluó los niveles de calcio de tres variedades de maíz bajo riego por goteo, reporto un promedio de 14 hojas por planta. El número de hojas de una planta de maíz forrajero tiene importancia fundamental, ya que a más hojas significa que habrá más disponibilidad de forraje para la alimentación animal, además podemos tener más materia prima para la conversión a ensilaje buscando reservas forrajeras. Este parámetro tiende a variar dependiendo el tipo de fertilización que se usa y la disponibilidad de riego (17,18).

En cuanto a la prolificidad, este trabajo reporta rangos desde 0.88 (M_28) hasta 1.05% (DK_399), la variedad Impacto también presento una prolificidad de 1.00. Estos valores son similares a los reportados por Biasutti et al. (19), quien evaluó la respuesta a la selección masal por prolificidad en maíz en diferentes ambientes, reportando rangos de prolificidad de 0.86 hasta 1.13. Cuando se habla de prolificidad en las variedades de maíz, es un parámetro más enfocado en la producción del grano. En el presente trabajo se evaluó la aptitud de las plantas para ensilaje, por lo tanto, se sabe que hay variación a nivel de silo cuando este incorpora mazorca. Zavala et al. (20), reporta variaciones en silos con presencia de mazorca y sin estas, haciendo que varíen algunos componentes de la calidad nutricional del silo.

3.2. Caracterización del rendimiento productivo

En la Tabla 3 se pueden observar los resultados obtenidos al caracterizar el comportamiento agronómico de las variedades en estudio.

Tabla 3. Caracterización del comportamiento productivo de las distintas variedades de maíz

Variedad	Materia Seca (kg/ha)	Materia Seca %	Ceniza %	Proteína %	Extracto Etéreo %	Fibra Bruta %	FDA* %	FDN** %	ELN*** %
AD_9559	13803.75 ^a	49.09 ^a	3.75 ^b	7.20	5.42	11.20 ^{abc}	20.25 ^c	48.50	63.85 ^{bcd}
AT_105	11308.00 ^{abc}	44.15 ^{ab}	4.75 ^{ab}	6.34	4.40	18.07 ^a	31.97 ^{ab}	69.21	56.91 ^d
AT_777	10340.00 ^{abc}	46.44 ^a	4.44 ^{ab}	7.55	4.00	16.94 ^{ab}	26.33 ^{abc}	55.34	58.22 ^{cd}
Chusca	8608.00 ^{bc}	40.38 ^{ab}	6.63 ^{ab}	7.31	4.32	14.62 ^{abc}	27.99 ^{abc}	60.65	57.42 ^{cd}
D_7500	9064.75 ^{abc}	41.13 ^{ab}	3.88 ^b	5.99	4.47	16.43 ^{ab}	28.13 ^{abc}	56.04	60.26 ^{bcd}
DK_399	13061.25 ^{ab}	46.64 ^a	4.81 ^{ab}	6.23	4.24	9.18 ^{bc}	22.89 ^{abc}	48.51	75.54 ^a
Impacto	12282.00 ^{ab}	45.85 ^a	3.75 ^b	8.04	5.11	6.99 ^c	20.95 ^{bc}	73.65	67.00 ^{abc}
INIA_616	6575.50 ^c	34.94 ^a	5.50 ^{ab}	7.17	4.49	14.85 ^{abc}	33.46 ^a	53.59	68.00 ^{ab}
M_28	9692.25 ^{abc}	39.81 ^{ab}	4.81 ^{ab}	7.47	5.55	10.25 ^{abc}	27.96 ^{abc}	58.38	62.94 ^{bcd}
Pioner	12204.00 ^{ab}	43.70 ^{ab}	4.63 ^{ab}	7.53	4.93	13.41 ^{abc}	28.42 ^{abc}	70.35	60.35 ^{bcd}
EE****	980.76	2.02	0.56	0.50	0.50	1.76	2.34	6.50	1.98
CV*****	18.34	9.36	23.85	14.04	21.17	26.72	17.47	21.89	6.27
DMS*****	4770.83	9.84	2.72	2.42	2.42	8.58	11.40	31.63	9.61
p-valor*****	0.0004	0.0016	0.0342	0.1142	0.3806	0.0015	0.0059	0.0965	<0.0001

El rango menor para la producción de materia seca en el presente estudio fue de 6575.50 kg. M.S./ha. (INIA_616), siendo el dato más bajo del experimento frente al rango más alto de 13803.75 kg. M.S./ha. (AD_9559). Cabe resaltar que las variedades DK_399 e Impacto también tuvieron resultados elevados de manera significativa con promedios de 13061.25 kg. M.S./ha y 12282.00 kg. M.S./ha. respectivamente. La variedad Chusca tuvo promedios de 8608.00 kg. M.S./ha. en comparación con la variedad M_28 que obtuvo un promedio de 9692.25 kg. M.S./ha. Estos resultados varían en nuestro experimento con respecto a los desarrollados por Elizondo y Boschini (21), quienes reportaron promedios de kg. M.S./ha. desde 4797 kg. M.S./ha. hasta 6106 kg. M.S./ha. en un estudio donde evaluaban la distancia de sembrado (30 x 70 cm., 50 x 70 cm. y 70 x 70 cm).

Elizondo y Boschini (21), encontraron que la variación de materia seca en la planta se debía a que las partes de esta diferían de acuerdo a la edad al momento del corte, así tenemos que hasta antes de los 70 días, el maíz concentra más cantidad de materia seca en las hojas que en el tallo, posterior a estos días la materia seca subió considerablemente en el tallo, haciendo que este parámetro sea más elevado mientras se acerca a los 100 días, que es el promedio en el que se cosecho el maíz en nuestro experimento. Este mismo escenario fue reportado por Amador y Boschini (22). Por otro lado, Vásquez et al. (13) también reporta rendimientos elevados de materia seca en la variedad Marginal 28 a partir de los 122 días. Este parámetro es muy importante puesto que hay más cantidad de materia seca en el forraje cosechado como materia prima para nuestro silaje lo cual proyectará la calidad de nuestra reserva forrajera (23).

Con respecto a la Materia seca (%), también fue la variedad AD_9559 (49.09 %), además de las variedades AT_777 (46.44 %), DK_399 (46.64 %) e "Impacto" (45.85 %), las que presentaron mayor longitud, en comparación a las otras variedades ($p \leq 0.05$). Las variedades de maíz INIA_616 y la M_28 fueron las que reportaron valores más bajos en este parámetro con 34.94% y 39.81% de porcentaje de materia seca en el ensilado. A pesar de ello, son superiores a los resultados reportados por Gómez et al. (24), quien encontró rangos de materia seca de 25.91% hasta 36.39% en silos cerrados a distintos tiempos. Así también, Villeda (25) en un estudio con la variedad ICTA HB 83 en Argentina reportó un porcentaje de MS de 21.69%. Además, Reyes et al. (26) en México, analizó ensilados en los meses de enero, febrero, marzo, agosto, septiembre y octubre obteniendo un promedio de 23.51% en el estado de Jalisco. En la literatura se encuentran rangos de 33% a 35% de este compuesto, con estos rangos el ensilado tiene una buena fermentación; así como una buena proporción de granos, aprovechando al máximo el consumo por parte de los animales y tener un buen valor energético en el ensilado (27).

También, en la Ceniza (%), se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), donde la variedad "Chusca" (6.63 %) presentó mayor cantidad de ceniza, estos resultados están por debajo a los reportados por Rosales et al. (28), quien comparó dos variedades de maíz con adición de manzana y melaza. En el grupo control (sin manzana y melaza) ella reportó valores de ceniza de 8.3%. Por el contrario, Gómez et al. (24) reportó rangos de 1.11% a 2.04% de cenizas en un estudio con la variedad de maíz DK2034 a diferentes días de corte.

Estos valores, no necesariamente tienen que ser favorables para el ensilado; sin embargo, existe un límite que nos podría alertar de otro tipo de problemas, este es 14%, valor que podría estar relacionado con contaminación de suelo, fermentaciones secundarias del silo y pueden causar a largo plazo un bajo consumo animal (29).

Para la Fibra Bruta (%), la variedad AT_105 (18.07 %) fue la que presentó el valor más alto ($p \leq 0.05$), en comparación a las demás variedades. La variedad de Maíz que menor porcentaje de Fibra bruta fue 6.99% (Impacto), estos valores son inferiores a los reportados por Berndt (30), quien reporta rangos de 21.83% hasta 29.76% de Fibra Bruta en ensilado de Maíz en Chile. El reporta que esta variación en este parámetro se debió a la cantidad de materia seca presente en la categorización de sus silos (M.S. menor a 21%, M.S.

No existe relación directa de parte de las propiedades bromatológicas de un silaje con estas variables organolépticas. Sin embargo, son muy importantes cuando se valora la aceptación del contenido del silo por parte de los animales, como una forma de valorar si la fermentación dentro del silo fue buena, lo que determina la calidad de la reserva forrajera (11).

3.4. Caracterización de la aptitud silera de las variedades de maíz

Para las variables correspondientes a la aptitud silera, se utilizó análisis multivariado a través de las técnicas de Análisis de Correspondencia. En la figura 3 observamos que las variedades "Impacto", DK_399 y AD_9559 estuvieron relacionadas con mayores cantidades de hojas y prolificidad, así como mayores niveles en el rendimiento de materia seca, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno (rectángulo izquierdo). Las variedades "Pioner", M_28, AT_777 y D_7500, se relacionaron con mayores niveles de proteína, fibra detergente neutro y ceniza, así como con mayores alturas de espiga y de planta (círculo). Finalmente, las variedades "Chusca", AT_105 e INIA_616 se relacionaron con mayores concentraciones de fibra bruta y fibra detergente ácido (rectángulo derecho).

Estudios similares afirman que para que un maíz se determine como apto para ensilar debe mostrar rendimientos óptimos de materia orgánica digestible, con el fin de que permita una buena ingesta al ser utilizado por los rumiantes (32). Por otro lado, Zardin et al. (33) a partir de un metanálisis encontraron que el mejor ensilaje se obtiene usando como materia principal al maíz, en comparación con ensilajes que utilizan maíz como una materia prima adicional. El ensilado de maíz es hasta ahora el más utilizado alrededor del mundo en dietas para ganado lechero, esto debido a sus capacidades y rendimiento en biomasa, así como en la calidad de cosecha y su facilidad al momento de ensilar debido a su gran contenido de azúcar soluble (34).

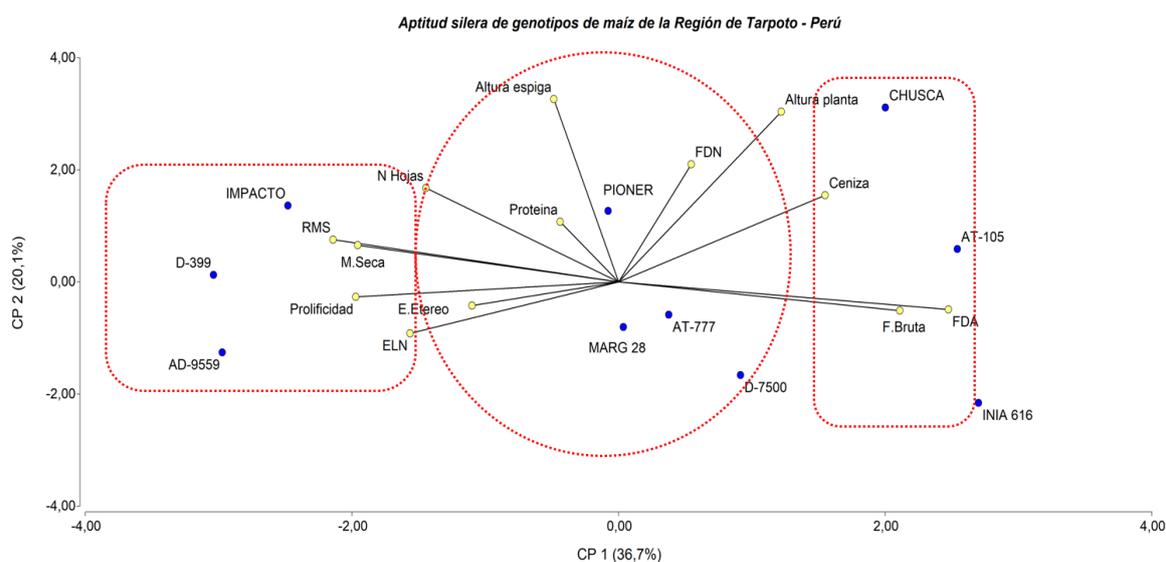


Figura 3. Grupos formados en plano cartesiano, según la ubicación de los factores asociados (Variedades de maíz: círculos azules, Indicadores bromatológicos: círculos amarillos) en los ejes 1 y 2

Literatura: RMS: Rendimiento Materia Seca, N Hojas: Número de hojas, M Seca: Materia seca, E. Etéreo: Extracto Etéreo, ELN: Extracto Libre de Nitrógeno, FDN: Fibra Detergente Neutro, F Bruta: Fibra Bruta.

CONCLUSIÓN

En cuanto a los parámetros morfofisiológicos evaluados, la variedad de Maíz Chusca fue la que sobresalió en comparación a las demás, dado que obtuvo mayor altura de planta, mayor altura de espiga, mayor número de hojas y un índice de prolificidad también dentro de los más altos. En lo que se refiere al rendimiento de kilos de materia seca por hectárea, las variedades de maíz que sobresalieron fueron la AD_9559, la DK_399 y la variedad de maíz Impacto. Respecto a la calidad de los microsilos, el porcentaje de

Materia Seca, las variedades que oscilaron entre 35% y 40% (rango considerado de mejor calidad), fueron las variedades inia_616, M_28 y la Chusca. Además, en la valoración organoléptica de los microsilos, la variedad de maíz Chusca fue la que obtuvo mejores indicadores de pH, de olor y de textura. Por último, las variedades de Maíz que mostraron mayores aptitudes para el silaje fueron la Chusca, AT_105 e INIA_106.

Estos resultados permiten al sector agropecuario conocer la calidad y el rendimiento de los ensilados hechos a base de las diferentes variedades de maíz estudiadas, pues muchas de las características evaluadas en la presente se relacionan con la una mayor producción de leche, con lo que se brinda opciones a los ganaderos y a los agricultores que dedican su actividad a la siembra de maíz, específicamente de las variedades con mejores características forrajeras y con mayor aptitud de silaje. No obstante, es necesario mencionar que, en base a los datos obtenidos, aún es necesario realizar diversas investigaciones que permitan complementar a está, entre ellas, el estudio y caracterización de suelos a los diferentes pisos altitudinales que se presentan en la Región San Martín y el Perú, pues como se ha visto la caracterización ambiental es también crucial para un buen rendimiento del ensilado de maíz.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, redacción -borrador original, redacción -revisión y edición: Salazar-Ramos, I., Terán-Piña, J. C., Roque-Alcarraz, R. E. y García-Stepien, L. E.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Elizondo-Salazar JA. Influencia de la variedad y altura de cosecha sobre el rendimiento y valor nutritivo de maíz para ensilaje. *Agron Costarric* [Internet]. 2011 May 12; Available from: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/6683>
2. Ibazeta Valdivieso H, Echeverría Trujillo RG, Ñique Mesía TE, Mendoza Arce G, Vásquez Ríos V, Grandes Flores A, et al. Manejo de cuatro especies arbóreas forrajeras en la región San Martín [Internet]. 2018. Available from: <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/856>
3. Lizarbe Alache LE, Vega Córdova EA, Lizarbe Córdova JA. Adaptación y eficiencia agronómica en el maíz amarillo duro (ZEA MAYS L.) en diferentes localidades de la costa central y norte del Perú. *Rev Boletín Redipe* [Internet]. 2020 Nov 11;9(11):260–71. Available from: <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/1129>
4. ZoBell DR, Okine EK, Olson KC, Wiedmeier RD, Goonewardene LA, Stonecipher C. The feasibility of feeding high levels of whey silage and effects on production in growing cattle. *J Anim Vet Adv*. 2004;3:804–9.
5. Espiritu Morales MT. Adaptabilidad de seis cultivares híbridos de maíz amarillo duro (Zea mays) comparada con la variedad marginal 28 – T en la provincia de Tocache, departamento San Martín [Internet]. Universidad Nacional de San Martín; 2018. Available from: <http://hdl.handle.net/11458/3322>

6. Paredes Yume A. Evaluación de adaptación de siete híbridos introducidos de maíz amarillo (*Zea mays* L.) en suelos del Bajo Mayo, región San Martín [Internet]. Universidad Nacional de San Martín; 2009. Available from: <http://hdl.handle.net/11458/1197>
7. Crevelari JA, Souza YP de, Santos JS, Ambrósio M, Gonçalves VML, Pereira MG. Adaptability and stability of corn hybrids for silage via genotype and genotype × environment interaction biplot. *Agron J* [Internet]. 2023 Mar 9;115(2):687–97. Available from: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/agj2.21240>
8. Bendia LCR, Oliveira JG de, Azevedo FHV, Nogueira MA dos R, Silva LV da, Aniceto ES, et al. A two-location trial for selecting corn silage hybrids for the humid tropic: forage and grain yields and in vitro fermentation characteristics. *Rev Bras Zootec* [Internet]. 2021 Apr 1;50. Available from: <https://www.rbz.org.br/article/a-two-location-trial-for-selecting-corn-silage-hybrids-for-the-humid-tropic-forage-and-grain-yields-and-in-vitro-fermentation-characteristics/>
9. Crevelari JA, Pereira MG, Azevedo FHV, Vieira RAM. Genetic improvement of silage maize: predicting genetic gain using selection indexes and best linear unbiased prediction. *Rev CIÊNCIA AGRONÔMICA* [Internet]. 2019;50(2). Available from: <http://periodicos.ufc.br/revistacienciaagronomica/article/view/84831>
10. Boschini Figueroa C, Elizondo Salazar JA. Rendimiento de forraje de dos materiales genéticos de maíz (*Zea mays* L.) sembrados a diferentes distancias de siembra. *Rev Agric Trop* [Internet]. 2004;34:87–92. Available from: <https://hdl.handle.net/10669/78530>
11. Ríos G. MM, Tablada H. AH. Evaluación de ensilaje de Maíz (*Zea mays*) de 120 días a diferentes tamaños de partícula de corte con tres niveles de melaza [Internet]. Escuela Agrícola Panamericana; 2015. Available from: <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/4622>
12. Guacho Abarca EF. Caracterización agro-morfológica del maíz (*Zea mays* L.) de la localidad San José de Chazo [Internet]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2014. Available from: <https://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/3455>
13. Vásquez Pérez H, Santillán Cruz B, Gómez Vergaray JL. Efecto de dos arreglos de siembra y variedades de maíz chala (*Zea mays* L.) en el rendimiento forrajero. *Rev Científica UNTRM Ciencias Nat e Ing* [Internet]. 2016 Dec 29;1(1). Available from: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/CNI/article/view/90>
14. Collazos Silva R, Neri Chavez JC, Huamán Huamán E, Juárez Contreras L del P. Cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en el distrito de Molinopampa-Chachapoyas-Amazonas. *Rev Investig Agroproducción Sustentable* [Internet]. 2019 Jan 11;2(3):23–9. Available from: <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESADOS/article/view/400>
15. Granera FAC, Canales R de JD. Efecto de arreglos topológicos (doble surco) sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea Mays* L.), como cultivo principal, en asocio en las leguminosas (*Vigna unguiculata* L. Walp.) [Internet]. Universidad Nacional Agraria; 1996. Available from: <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/1575>
16. Uzátegui Orchard TA. Niveles de calcio en el rendimiento de tres híbridos de Maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) bajo riego por goteo [Internet]. Universidad Nacional Agraria La Molina; 2019. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3868>
17. Sánchez V. Efecto de la Fertirrigación nitrogenada – potásica en el crecimiento y rendimiento de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo R.L.A.F. goteo. Universidad Nacional Agraria La Molina; 2007.
18. Hijar Cadillo CG. Niveles de nitrógeno y momentos de riego en el rendimiento de maíz amarillo duro

- (*Zea mays* L.) híbrido PM-213, bajo goteo [Internet]. Universidad Nacional Agraria La Molina (Perú); 2018. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3302>
19. Biasutti CA, Peiretti DA, Nazar MC, Alemanno GA. Respuesta a la selección masal por prolificidad en maíz en diferentes ambientes. *AgriScientia* [Internet]. 2004 Dec 1;21(2):45–50. Available from: <http://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/view/2666>
 20. Zavala D, Valencia E, Randel PF, Ramos Santana R. Producción de ensilaje de maíz blanco (*Zea mays* L.) de alto valor proteico con y sin mazorca asociado con dos leguminosas anuales, lablab (*Lablab purpureus* L.) y crotalaria (*Crotalaria juncea* L.). 2011.
 21. Elizondo J, Boschini C. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agron Mesoam* [Internet]. 2006 Jul 1;12(2):181. Available from: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/17231>
 22. Amador-R AL, Boschini-F C. Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agron Mesoam* [Internet]. 2006 Jan 1;11(1):171. Available from: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/17362>
 23. Carrete JR, Scheneiter O. Maíz para silaje. Bases para el Manejo del Cultivo de Maíz por GH Eyhérbide. 2000.
 24. Gómez Gurrola A, Sanginés García L, Hernández Ballesteros JA, Benítez Meza JA. Evaluación química proximal de ensilado de maíz (variedad DK2034) en diferentes tiempos de fermentación. *EDUCATECONCIENCIA* [Internet]. 2020 Oct 14;7(8):62–8. Available from: <https://tecnocientifica.com.mx/educateconciencia/index.php/revistaeducate/article/view/341>
 25. Villeda Lanuza LA. Efecto de la inclusión de 3 niveles de contenido ruminal de bovinos en el ensilaje de maíz (*Zea mays*) [Internet]. Universidad de San Carlos de Guatemala; 2011. Available from: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/2532>
 26. Waldina RV, Cecilia JP, Federico R, Marina FG, Jorge HG, Patricia LR, et al. Evaluación de la calidad nutricional y contaminación por hongos y micotoxinas en el ensilado destinado al consumo animal. Jalisco, México; 2006.
 27. KLEIN F. Utilización de ensilaje de maíz en producción de leche. 1994.
 28. Araiza-Rosales EE, Delgado-Licón E, Carrete-Carreón FO, Medrano-Roldán H, Solís-Soto A, Rosales-Serna R, et al. Calidad fermentativa y nutricional de ensilados de maíz complementados con manzana y melaza. *Ecosistemas y Recur Agropecu* [Internet]. 2015;2(6):255–67. Available from: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282015000300002&lng=es&nrm=iso
 29. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Chaverra Gil H, Eusse JB. El ensilaje en la alimentación del ganado vacuno [Internet]. 2000. Available from: <https://hdl.handle.net/11324/11153>
 30. Berndt Rizzo SA. Composición nutricional y calidad de ensilajes de la zona sur. Valdivia Universidad Austral de Chile; 2002.
 31. LANUZA F. Caracterización del ensilaje de maíz. In: Seminario “Producción y utilización de ensilaje de maíz en la Región de Los Lagos.” 1990.
 32. Bertoia LM, Torrecillas MG. Aptitud combinatoria para caracteres forrajeros en poblaciones nativas y compuestos raciales de maíz de Argentina. *Investig Agrar Prod y protección Veg* [Internet]. 2000;15(1–2):79–90. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=112288>

33. Zardin PB, Velho JP, Jobim CC, Alessio DRM, Haygert-Velho IMP, Conceição GM da, et al. Chemical composition of corn silage produced by scientific studies in Brazil - A meta-analysis. *Semin Ciências Agrárias* [Internet]. 2017 Mar 2;38(1):503. Available from: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/25966>
34. García-Chávez I, Meraz-Romero E, Castelán-Ortega O, Zaragoza-Esparza J, Osorio-Avalos J, Robles-Jiménez LE, et al. Corn silage, a systematic review of the quality and yield in different regions around the world. *Cienc y Tecnol Agropecu* [Internet]. 2022 Nov 9;23(3). Available from: <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/2547>