



Agronomía Costarricense

ISSN: 0377-9424

ISSN: 2215-2202

Universidad de Costa Rica. Colegio de Ingenieros y Agrónomos. Ministerio de Agricultura y Ganadería

Sánchez-Ledezma, William; Bonilla-Morales, Nevio;  
Hernández-Chavez, Moisés; Granados-Marín, Cinthia  
Potencial forrajero de variedades de maíces costarricenses seleccionadas para grano  
Agronomía Costarricense, vol. 48, núm. 1, 2024, Enero-Junio, pp. 79-92  
Universidad de Costa Rica. Colegio de Ingenieros y Agrónomos. Ministerio de Agricultura y Ganadería

DOI: <https://doi.org/10.15517/rac.v48i1.59134>

Disponibile en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43677760006>

- ▶ [Cómo citar el artículo](#)
- ▶ [Número completo](#)
- ▶ [Más información del artículo](#)
- ▶ [Página de la revista en redalyc.org](#)



Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## POTENCIAL FORRAJERO DE VARIEDADES DE MAÍCES COSTARRICENSES SELECCIONADAS PARA GRANO

*William Sánchez-Ledezma<sup>1/\*</sup>, Nevio Bonilla-Morales<sup>2</sup>,  
Moisés Hernández-Chavez<sup>3</sup>, Cinthia Granados-Marín<sup>4</sup>*

**Palabras clave:** forraje de maíz; variedades de maíz; ensilaje de maíz; alimentación del ganado; suplementación del ganado.

**Keywords:** corn forage; corn varieties; corn silage; cattle feed; cattle supplementation.

**Recibido:** 17/04/23


**Aceptado:** 18/07/23


### RESUMEN


**Introducción.** El cultivo de maíz (*Zea mays*) es ampliamente utilizado en la alimentación animal, tanto en forma de grano, como forraje verde o ensilaje. **Objetivo.** Evaluar la producción y calidad nutritiva de 6 variedades de maíces costarricenses seleccionados para la producción de grano. **Materiales y métodos.** El estudio se realizó en 4 sitios experimentales (Aguas Zarcas, Turrialba, San Luis de Monte-verde y Guápiles) entre setiembre y diciembre del 2018. En cada sitio, se trabajó con un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones y 8 tratamientos (6 variedades y 2 híbridos de maíces). Se evaluó la altura de la planta, la producción de materia seca (MS), la composición


química y la digestibilidad in vitro de la MS a la cosecha de los forrajes. **Resultados.** La altura de la planta y la producción de MS fueron afectadas por los tratamientos. Los rendimientos de MS de las variedades costarricenses EJN2, Upiav-G6, Los Diamantes 8843 y JSáenz (12,7-14 t.ha<sup>-1</sup>) fueron semejantes al híbrido forrajero CLTHY002 (13,5 t.ha<sup>-1</sup>). Solamente el contenido de MS y PC varió entre los tratamientos. **Conclusión.** Las variedades de maíces costarricenses EJN2, Los Diamantes 8843, JSáenz y Upiav-G6, tienen potencial para ser utilizadas como fuente forrajera para la alimentación de rumiantes, ya que alcanzaron rendimientos y valores nutritivos semejantes a los obtenidos con los híbridos seleccionados por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) para la producción de forrajes.

\* Autor para correspondencia. Correo electrónico wsanchez@inta.go.cr

1 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria-INTA, San José, Costa Rica.  0000-0002-3470-7237.

2 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria-INTA, San José, Costa Rica.  0000-0001-6664-8377.

3 Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria-INTA, Estación Experimental Los Diamantes, Limón, Costa Rica.  0009-0007-7549-5406.

4 Ministerio de Agricultura y Ganadería, Región Huetar Norte, Alajuela, Costa Rica.  0009-0007-9846-766x.

## ABSTRACT

**Forage potential of selected Costa Rican corn varieties for grain. Introduction.** Corn (*Zea mays*) is widely used in animal feed, either as grain, green fodder or silage. **Objective.** To evaluate the yield and nutritional quality of 6 Costa Rican corn varieties selected for grain production. **Materials and methods.** The study was conducted at 4 experimental sites (Aguas Zarcas, Turrialba, San Luis de Monteverde and Guápiles) between September and December 2018. At each site, a randomized complete block design with 4 replications and 8 treatments (6 varieties and 2 corn hybrids). Plant height was evaluated, Dry Mass (DM) production, chemical

composition and in vitro DM digestibility at forage harvest were evaluated. **Results.** Plant height and DM production were affected by treatments. Yields of the Costa Rican DM varieties EJN2, Upiav-G6, Los Diamantes 8843 and JSáenz (12.7-14 t.ha<sup>-1</sup>) were similar to the forage hybrid CLTHY002 (13.5 t.ha<sup>-1</sup>). Only DM and CP content varied in the treatments. **Conclusions.** The Costa Rican corn varieties EJN2, Los Diamantes 8843, JSáenz and Upiav-G6, have potential to be used as a forage source for animal feeding because they achieved yields and nutritive values like those obtained with the hybrids selected by Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) for forage production.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L), como recurso forrajero, es uno de los más utilizados en la alimentación del ganado bovino, por su buen rendimiento y adecuado contenido de materia seca, carbohidratos solubles, almidón y capacidad buffer, características que lo clasifican como el forraje ideal para elaborar ensilaje de excelente calidad (Martínez 2003, Cañete y Sancha 1998).

Su uso como recurso forrajero ensilado, es una práctica común en los países de vocación ganadera, ya que contribuye a resolver el problema de la estacionalidad productiva que presentan las pasturas (Paliwal 2001). El maíz es una interesante mezcla de grano y fibra digestible que, al incorporar a la ración alimenticia de los rumiantes, constituye como fuente energética.

En Costa Rica, a pesar de la amplia adaptación del cultivo de maíz (Bonilla 2009), su uso como recurso forrajero es escaso, con cierto aumento en las lecherías especializadas de la zona alta y norte del cantón de San Carlos. Otro aspecto importante de mencionar, es que, en el país, no hay oferta constante de variedades e híbridos con aptitud forrajera y adaptados a las condiciones de suelo y clima, por lo que los

ganaderos utilizan variedades acriolladas de porte alto, las cuales tienen problemas de acame y bajos contenidos de materia seca. También suelen usar híbridos importados, con el inconveniente de que no se conoce su adaptación a estas condiciones agroecológicas, y al ser híbridos, se da la dependencia de comprar semilla para cada siembra.

Una alternativa, para eliminar la dependencia de semillas importadas y reducir costos, es utilizar las variedades costarricenses liberadas por el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) para la producción de grano, pero se desconoce el rendimiento y la calidad nutritiva de estos materiales como recursos forrajeros.

Por lo anterior, se realizó la presente investigación con el objetivo de evaluar la producción y calidad nutritivas de 6 variedades de maíces costarricenses seleccionadas para la producción de grano, en 4 diferentes condiciones agroecológicas de Costa Rica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Características de los sitios experimentales.** El estudio se realizó en 4 sitios con diferentes

características agroecológicas: Estación Experimental de Los Diamantes (EELD) del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) de Costa Rica, ubicada en Pococí, provincia Limón y en la Finca Experimental Interdisciplinaria de Modelos Agroecológicos (FEIMA) de la Universidad de Costa Rica (UCR), Sede del Atlántico, Turrialba, provincia Cartago. Los otros sitios se ubicaron en

fincas comerciales, uno en San Luis de Monteverde, provincia Puntarenas y otro en Aguas Zarcas de San Carlos, provincia Alajuela.

Se ubican entre 280 y 760 m de altitud, entre las coordenadas 9°51'55" y 10°27'49" latitud norte y 83°85'15" y 84°82'55" longitud oeste. En la Tabla 1 se detallan las características agroecológicas de cada sitio.

Tabla 1. Características agroecológicas de cada sitio experimental.

Característica	Sitio experimental			
	Aguas Zarcas	Turrialba	San Luis, Monteverde	Guápiles
Zona de Vida*	bmh-P	bmh-P	bh-T	bmh-T
Altitud (m)	517	650	760	280
Precipitación promedio/año (mm)**	4000	2000	2000	3000
Temperatura promedio/año (°C)**	23,9	22,8	22,5	25
Orden de suelo***	Ultisoles/Inceptisoles	Inceptisoles	Ultisoles	Inceptisoles

\* MINAE (s.f.); \*\* IMN 2016, \*\*\* CIA 2016.

bmh-P=Bosque Muy Húmedo Premontano; bh-T= Busque Húmedo Tropical; bmh-T= Bosque Muy Húmedo Tropical.

El experimento se desarrolló durante la época lluviosa, entre setiembre y diciembre del 2018. Los análisis del suelo indican que el pH es medio (Bertsch 1987), con valores que oscilaron entre 4,7 y 5,9, donde los sitios de Turrialba y

Guápiles fueron los más críticos (Tabla 2). En Guápiles, el porcentaje de saturación de acidez es ligeramente alto (12,5%) en comparación con los otros sitios, lo que podría afectar el crecimiento de la planta de maíz.

Tabla 2. Composición química del suelo de cada sitio experimental.

Sitio experimental	pH	cmol (+).l <sup>-1</sup>				mg.l <sup>-1</sup>				
		Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe
Aguas Zarcas	5,6	0,10	4,1	1,5	0,88	12	3,3	80	14	45
Turrialba	4,7	0,4	5,0	3,1	0,33	13	2,0	79	9	85
Monteverde	5,9	0,10	8,60	1,4	0,63	58	3,7	8	3	83
Guápiles	5,0	0,30	1,90	0,4	0,11	8	1,0	14	2	74

cmol (+).l<sup>-1</sup>= centimol por litro; mg.l<sup>-1</sup>= miligramo por litro; msnm= metros sobre el nivel del mar; Al= aluminio; Ca= calcio; Mg= magnesio; P= fósforo; Zn= Zinc; Mn= Manganeseo, Cu= Cobre; Fe= hierro.

Los contenidos de Ca son bajos en todos los sitios, excepto en san Luis de Monteverde, donde el valor fue óptimo (8,6). Además, el contenido de Mg y K fue de medio a óptimo, excepto en Guápiles, donde los contenidos de estos nutrientes no superaron valores de 0,41 y 0,11, respectivamente.

También se encontró que, las relaciones básicas del suelo están equilibradas en todas las localidades, pero con valores cercanos al límite inferior, principalmente por los bajos valores de Ca y medianos contenidos de Mg, en relación al K.

**Establecimiento y manejo agronómico del experimento.** El terreno se preparó con 2 pasadas de rastra 2 o 3 días antes del establecimiento de las parcelas experimentales. Posteriormente, se realizó la siembra manualmente a espeque en hileras distanciadas a 0,75 y 0,16 m entre plantas, para una densidad de 83 mil plantas. ha<sup>-1</sup> (Tadeo-Robledo *et al.* 2012, Fuentes *et al.* 2001, y Soto *et al.* 2002). Para finalizar la siembra, la semilla se cubrió con suelo y se aplicó atrazina (2 kg. ha<sup>-1</sup>) como control pre-emergente de malezas (Bonilla 2009).

Las parcelas experimentales se fertilizaron con 100, 60 y 40 kg. ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. El fósforo y el potasio, y un tercio del nitrógeno se aplicaron a la siembra, mientras que resto del nitrógeno, se distribuyó entre la tercera y cuarta semana después, antes de la floración (Bonilla 2009).

La cosecha de los forrajes fue manual a 10 cm sobre el nivel del suelo, entre los 80 y 90 días después de la siembra, cuando el grano se encontraba en estado lechoso-pastoso, es decir, en “grano ½ línea leche”, lo que significa que la línea que separa la porción líquida y sólida se encuentra en la parte central del grano (Pigurina y Pérez 1994, Martínez 2003, Romero 2004).

**Tratamientos y Diseño experimental.** Se evaluaron 6 variedades de maíces costarricenses (EJN2, Nutri grano, Los Diamantes 8843, Upiav-G6, Proteinta y Nutri grano) liberadas por el INTA de Costa Rica para la producción de grano; las 2 primeras de grano amarillo y las restantes de grano blanco. También la evaluación

contempló 2 híbridos forrajeros (CLTHW002 y CLTHY002) de grano blanco y amarillo, proporcionados por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), los cuales se utilizaron como materiales de comparación con respecto las variedades costarricenses.

Se trabajó con un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones por tratamiento (6 variedades y 2 híbridos de maíz) y 4 sitios experimentales (localidades). Cada repetición (4 x 40 m) se dividió en 8 parcelas experimentales (4 x 5 m), sobre las cuales se distribuyeron los 8 tratamientos al azar. De esta forma, en cada sitio experimental se dispuso aproximadamente de 700 m<sup>2</sup> y un total de 32 parcelas de evaluación.

**Variables experimentales.** Se evaluó la altura de la planta, la producción de materia seca (MS) y la calidad nutritiva de los forrajes. Para determinar la altura de la planta y la producción MS, se utilizó la metodología de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT) propuesta por Toledo y Schultze-Kraft (1982). El muestreo se realizó en las 3 hileras centrales de cada parcela experimental, con el fin de evitar el efecto de borde (Roig 1989). La altura de la planta se midió en centímetros (cm) desde el nivel del suelo hasta el inicio de la flor masculina, mientras que la producción se determinó en kilogramos (kg) de forraje verde cosechado en los 3 metros lineales y en el centro de cada parcela experimental. Posteriormente, el rendimiento se expresó en kg. ha<sup>-1</sup> de MS, a partir del contenido de MS del forraje.

La biomasa se cortó en trozos de 2 cm de largo para obtener una muestra homogénea de 1 kg de forraje verde, la cual se envió al Laboratorio de Nutrición Animal del INTA, para determinar la composición química: materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), cenizas (CE) y la digestibilidad in vitro de la de MS (DIVMS).

**Análisis de datos.** Con los datos de cada sitio experimental, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para un diseño de bloques completos al azar con las repeticiones y los 8 tratamientos, con nivel de significancia de 0,05

(InfoStat 2008). En los casos que la F del efecto fue significativo ( $p \leq 0,05$ ), se utilizó la prueba de LSD-Fisher (5%) para comparación de medias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Altura de la planta.** En términos generales, las plantas de maíz crecieron más en la

localidad de Aguas Zarcas (245 cm), en comparación a Turrialba (204 cm), Guápiles (177 cm) y San Luis de Monteverde (166 cm). También se observó que, el desarrollo de las variedades costarricenses osciló entre 280 y 146 cm, mientras que los híbridos entre 243 y 146 cm. Se encontraron variaciones entre los forrajes ( $p < 0,05$ ) dentro de cada localidad (Tabla 3).

Tabla 3. Altura de la planta (cm) de variedades e híbridos de maíz cosechados en estado de grano lechoso ( $\frac{1}{2}$  línea leche) en 4 localidades de Costa Rica, 2018.

Variedad / Híbrido	Localidades					Promedio	DS*
	Aguas Zarcas	Turrialba	Guápiles	Monteverde			
Los Diamantes 8843	255 b	210 bc	186 ab	170 bc	205	32,1	
EJN2	254 b	220 bc	193 ab	183 ab	213	27,5	
JSáenz	280 a	244 a	214 a	199 a	234	31,0	
Upiav-G6	236 bc	198 bc	164 d	158 cd	189	31,1	
Proteinta	234 cd	189 bc	166 cd	147 d	184	32,5	
Nutrigrano	232 cd	186 bc	168 bcd	160 bc	187	27,9	
Híbrido CLTHW002	243 bc	207 c	185 ab	163 bc	200	29,5	
Híbrido CLTHY002	223 d	182 d	159 e	146 d	178	29,3	
Promedio	245	205	179	166	-	-	
Desviación estándar	16,8	19,3	17,4	16,8	-	-	

\* DS: Desviación estándar. Letras igual en la misma columna no difieren entre sí ( $p < 0,05$ ).

En todos los sitios, la variedad costarricense JSáenz fue la que alcanzó el mayor crecimiento, con valores que oscilaron entre 199 y 280. Sin embargo, en la localidad Guápiles, no difirió significativamente ( $p > 0,05$ ) de las variedades Los Diamantes 8843 (186 cm), EJN2 (193 cm) y del híbrido CLTHW002, ni de la variedad EJN2 (183 cm) en San Luis de Monteverde. En Aguas Zarcas, sí varió significativamente ( $p < 0,05$ ) del resto de los tratamientos.

El poco desarrollo del maíz obtenido en la localidad de Guápiles y San Luis de Monteverde, probablemente obedece a deficiencias nutricionales del suelo destacadas en estos sitios (Tabla 2), donde los híbridos crecieron menos que las variedades costarricenses.

Los materiales de maíz crecieron poco si se comparan con los 380 cm reportado por Amador y Boschini (2000) en el Alto de Ochoмого, con variedades acriolladas, lo cual es relevante si se considera que la altura de la planta está relacionada con el rendimiento de biomasa. Sin embargo, es importante resaltar que, en el caso del maíz con fines forrajeros, alturas de planta excesivas como la mencionadas por los investigadores anteriores, favorece el acame, dificulta el manejo e incrementa las pérdidas de forraje.

Según Tadeo-Robledo *et al.* (2012), lo recomendable es seleccionar materiales uniformes y de altura intermedia (250 cm), sugerencia que únicamente se logró en Aguas Zarcas con la variedad EJN2, Los Diamantes 8843 y JSáenz,

aunque la última variedad creció más de lo requerido, pero no manifestó problemas de volcamiento, lo que significó que tiene buen anclaje.

Otro aspecto importante que considerar relacionado con la altura de la planta, es la calidad nutritiva de la biomasa total, ya que según Cabrales *et al.* (2007), en plantas con mayor altura, el aporte de la mazorca es menos en comparación al tallo, lo que afecta negativamente la calidad de la biomasa total, ya que el grano representa el 85% de digestibilidad en comparación con el resto de la planta.

**Producción de MS.** En la localidad de Aguas Zarcas, los rendimientos de MS oscilaron entre 13,1 y 16 t.ha<sup>-1</sup>, sin diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los materiales. En el caso de Turrialba, los rendimientos fueron más dispersos (11,6 y 16,9 t.ha<sup>-1</sup>), donde la variedad EJN2 alcanzó el mayor rendimiento (16,9 t.ha<sup>-1</sup>) y la Nutrigrano el valor más bajo (11,6 t.ha<sup>-1</sup>). El resto de los materiales no difirieron significativamente ( $p > 0,05$ ) entre sí (Tabla 4).

Tabla 4. Producción de MS (t.ha<sup>-1</sup>) de variedades e híbridos de maíz cosechados en estado de grano lechoso (½ línea leche) en 4 localidades de Costa Rica, 2018.

Variedad / Híbrido	Aguas Zarcas	Turrialba	Monteverde	Guápiles	Promedio	DS*
EJN2	15,9 b	16,9 a	13,5 b	9,6 c	14,0	3,25
Nutrigano	14,8 b	11,6 c	12,8 b	7,9 c	11,7	2,90
Los Diamantes 8843	13,8 b	14,4 b	14,0 b	9,7 c	13,0	2,20
UPIAV-G6	15,6 b	15,3 b	14,5 b	9,8 c	13,8	2,71
Proteinta	13,1 b	12,9 b	13,2 b	10,7 c	12,5	1,19
JSáenz	14,0 b	13,8 b	13,6 b	9,7 c	12,7	2,06
H. CLTHY002	16,0 b	15,1 b	14,1 b	8,8 c	13,5	3,23
H. CLTHW002	15,1 b	14,1 b	10,5 c	7,3 c	11,8	3,56
Promedio	14,8	14,3	13,3	9,3	12,9	-
DS	1,06	1,60	1,24	1,12	-	-

\* DS: Desviación estándar. Letras igual en la misma columna no difieren entre sí ( $p < 0,05$ ).

En San Luis de Monteverde, los rendimientos de MS oscilaron entre 10,5 y 14,5 t.ha<sup>-1</sup>, indicando la prueba de medias que el híbrido CLTHY002 alcanzó el menor valor (10,5.t.ha<sup>-1</sup>), difiriendo significativamente ( $p < 0,05$ ) del resto de los materiales. En Guápiles se alcanzaron los menores rendimientos de MS, los cuales oscilaron entre 10,7 y 7,3 t.ha<sup>-1</sup>, sin diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los materiales evaluados.

El menor rendimiento de MS obtenido en la localidad de Guápiles, donde en promedio se produjo un 35% menos de biomasa en comparación a los otros sitios, está relacionado con el

menor crecimiento de las plantas en esta localidad, debido a las deficiencias nutricionales del suelo indicadas en la Tabla 2.

En términos generales, las variedades costarricenses EJN2 (14 t.ha<sup>-1</sup>) y Upiav-G6 (13,8 t.ha<sup>-1</sup>) alcanzaron los mayores rendimientos. Sin embargo, no difirieron significativamente ( $p > 0,05$ ) del híbrido CLTHY0002 y de las variedades Los Diamantes 8843 (13 t.ha<sup>-1</sup>) y JSáenz (12,7 t.ha<sup>-1</sup>) y Proteinta (12,5 t.ha<sup>-1</sup>). El híbrido CLTHW002 (11,8 t.ha<sup>-1</sup>) y la variedad Nutrigrano (11,7 t.ha<sup>-1</sup>) lograron las menores producciones (Figura 1).

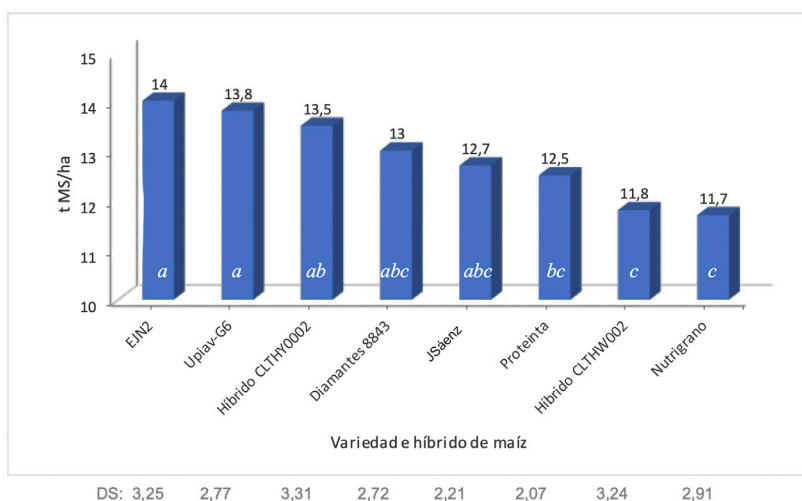


Figura 1. Producción promedio de materia seca ( $t \cdot ha^{-1}$ ) de variedades e híbridos de maíz cosechados en estado de grano lechoso ( $\frac{1}{2}$  línea leche) en 4 localidades de Costa Rica, 2018.

Es importante resaltar, que las variedades costarricenses EJN2 (grano amarillo), Upiav-G6, Los Diamantes 8843 y JSáenz (grano blanco), alcanzaron rendimientos semejantes ( $p > 0,05$ ) al híbrido CLTHY002 de grano amarillo, y a la vez, fueron superiores ( $p < 0,05$ ) al híbrido CLTHW002 de grano blanco, ambos seleccionados por el CIMMYT para la producción de forraje.

También se destaca que los rendimientos de MS obtenidos están relacionados con la fertilidad del suelo y la altura de la planta, ya que las mejores producciones se lograron en el sitio con suelo más fértil, donde a la vez, las plantas crecieron más.

Los rendimientos de MS alcanzados, en el presente estudio, se encuentran dentro del rango de  $10,9$  a  $17 t \cdot ha^{-1}$  reportado en varias investigaciones realizadas en Costa Rica (Amador y Boschini 2000, Elizondo y Boschini 2002, Boschini y Elizondo 2004, Elizondo y Boschini 2001, Elizondo 2011), con la diferencia de que, en estos trabajos, se utilizaron variedades acriolladas Costa Rica e híbridos importados. Además, estos estudios se realizaron en la zona alta (1450 msnm), donde

el ciclo del cultivo al momento de cosecha fue superior (125 días) a los registrados en el presente estudio (90 días).

En otras latitudes, México y Chile, han aumentado la densidad de siembra hasta 80 mil plantas por hectárea, con rendimientos entre 25 y 34  $t \cdot ha^{-1}$  de MS (Tadeo-Robledo *et al.* 2012, Fuentes *et al.* 2001 y Soto *et al.* 2002) superiores a las logradas en el presente estudio, aunque hay que tener presente, que dichos trabajos los realizaron con híbridos de maíz seleccionados para la producción de forraje y utilizaron planes de fertilización nitrogenada superior a los aplicados en el presente estudio. Además, que la cosecha la realizaron en “grano  $\frac{3}{4}$  línea de leche”.

Con respecto a la composición química de los forrajes (MS, PC, FDN, FDA y CE), solamente las variables MS y PC resultaron significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos, el resto de las variables y la digestibilidad in vitro de la MS no variaron ( $p > 0,05$ ) entre los materiales de maíz evaluados (Tabla 5).

Tabla 5. Composición química y digestibilidad in vitro de la materia seca, producción de variedades e híbridos de maíz cosechados en estado de grano lechoso (½ línea leche) en 4 localidades de Costa Rica, 2018.

Variedad/híbrido	Porcentaje (%)					
	MS*	PC*	FDN*	FDA*	CE*	DIVMS*
Los Diamantes 8843	28,4 ab**	7,6 c	62,1 a	48,3 a	7,3 a	59,7 a
EJN2	29,4 a	7,7 bc	61,6 a	50,0 a	8,4 a	56,7 a
JSáenz	26,6 d	7,6 c	60,0 a	47,9 a	7,3 a	60,1 a
UPIAV-G6	29,1 ab	7,8 bc	60,1 a	44,7 a	7,5 a	62,3 a
Proteinta	29,4 a	7,8 bc	61,3 a	51,1 a	6,6 a	62,2 a
Nutrigrano	28,1 bc	7,8 bc	59,0 a	49,8 a	7,7 a	59,2 a
Híbrido CLTHW002	27,1 dc	7,9 ab	59,0 a	47,3 a	8,6 a	61,5 a
Híbrido CLTHY002	26,5 d	8,1 a	58,9 a	48,1 a	7,8 a	61,2 a
Promedio	28,1	7,8	60,3	48,4	7,7	60,4
Desviación estándar	4,73	1,27	1,03	0,60	0,60	1,75

\* MS: materia seca; PC: proteína cruda; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; CE: cenizas; DIVMS: digestibilidad in vitro de la MS.

\*\* Letras igual en la misma columna no difieren entre sí ( $p < 0,05$ ).

**Materia seca (MS).** En la localidad de San Luis de Monteverde, los contenidos de MS fueron semejantes entre los tratamientos, donde solamente la variedad Proteinta (33,6%) superó significativamente ( $p < 0,05$ ) al resto de los materiales que fluctuaron entre 29,8 y 31,7%. Situación semejante sucedió en la localidad de Turrialba, ya que únicamente la variedad JSáenz (29,4%) fue inferior ( $p < 0,05$ ) al resto de los forrajes, que alcanzaron porcentajes entre 32,9 y 34,8%.

En Aguas Zarcas y Guápiles se encontraron más diferencias entre los tratamientos en comparación a las otras localidades. En el caso de Aguas Zarcas, la variedad Upiav-G6 (28,5%) fue superior ( $p < 0,05$ ) al resto de los materiales, mientras que las variedades EJN2, Proteinta y Nutrigrano, con valores que oscilaron entre 26,1 y 26,4%, superaron significativamente ( $p < 0,05$ ) a las variedades Los Diamantes 8843 y JSáenz (22,7%), y a los híbridos, los cuales alcanzaron valores entre 21,7 y 23,3%.

En el caso de Guápiles, las variedades EJN2 (25,3%) y Los Diamantes 8843 (25,5%) alcanzaron los contenidos de MS más altos

( $p < 0,05$ ), mientras que el híbrido CLTHY002 el valor más bajo (19,8%). Además de lo anterior, se encontró que las variedades JSáenz, Proteinta, Upiav-G6, Nutrigrano y el híbrido CLTHW002 presentaron valores intermedios (22,3 y 24,3%), semejantes entre sí ( $p > 0,05$ ), pero diferentes a los mencionados anteriormente.

Importante resaltar que, el contenido de MS de los 2 híbridos seleccionados por el CIMMYT para la producción de forraje, fue semejante ( $p > 0,05$ ) al alcanzado con las variedades costarricenses en cada una de las localidades evaluadas.

En el Alto de Ochomogo de Cartago, Boschini y Elizondo (2004), reportan contenidos de MS inferiores (entre 11,6 y 21%), a los obtenidos en el presente estudio, con híbridos y materiales de maíces acriollados. Situación similar (16,7 y 20,8%) encontraron Sánchez e Hidalgo (2018) al evaluar híbridos de maíz en Pacayas de Cartago, semejantes a Castillo *et al.* (2009) al evaluar un híbrido de maíz en asocio con la leguminosa vigna (*Vigna radiata*) en Upala de Alajuela.

En otras latitudes, González (1988) y León y Montenegro (2001) reportan porcentajes de MS

semejantes (22,5 y 34,4%) a los encontrados en la presente investigación, aunque Fuentes *et al.* (2001), Soto *et al.* (2002) y Tadeo-Robledo *et al.* (2012) reportan contenidos de MS ligeramente superiores, entre 25,4 y 44% de MS.

Los contenidos de MS obtenidos en el presente estudio son adecuados, ya que la mayoría de los porcentajes se ubican entre el rango de 25 y 35%, valores adecuados para obtener un buen ensilaje y evitar pérdidas de nutrientes por efluentes y por respiración de las plantas después de ser cosechadas (Chaverra y Bernal 2001, Sandoval 2004, Mangado 2006).

Otro aspecto por considerar, es que el alto contenido de humedad antes de ensilar restringe el proceso de fermentación, debido a que el tiempo necesario para que el ensilado se estabilice se retrasa, afectando negativamente el contenido celular final y la digestibilidad del ensilado (Siebald 1994, Van Vuuren *et al.* 1995). Además, cuando el contenido de MS es cercano al 20%, existe un ambiente húmedo que favorece el desarrollo de bacterias Clostridiales, inclusive a pH = 4 (Smetham 1990, Argamentería *et al.* 1997, Martínez 2003, De la Roza 2005).

**Proteína cruda (PC).** En la localidad de Guápiles se encontraron los mayores contenidos de PC, entre 7,9 y 9,1%, en comparación a las otras localidades, pero no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los materiales. Por el contrario, en Turrialba se hallaron los menores valores de PC (entre 5,4 y 7,1%), donde la variedad Los Diamantes 8843 (5,4%) fue la única que difirió ( $p < 0,05$ ) del resto de los materiales. Los escasos contenidos de PC encontrados en este sitio, probablemente obedecen a las condiciones nutritivas del suelo, ya que en esta localidad, se presentaron las mayores limitaciones en fertilidad del suelo, en comparación a los otros sitios (Tabla 2).

En las localidades de Aguas Zarcas y San Luis de Monteverde, los contenidos de PC fueron semejantes, con valores que oscilaron entre 7,6 y 8,7%, sin diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los forrajes, en ninguno de los 2 sitios.

En promedio, todos los forrajes alcanzaron contenidos de PC cerca o superiores al 8%, excepto en la localidad de Turrialba, por lo que es de esperar que, al suplementar con este tipo de forraje, no se afecte el consumo voluntario, la capacidad del retículo-rumen, ni la tasa de pasaje de la ingesta (Allison 1985). Además, estos valores no limitan el crecimiento microbiano en el rumen, siempre y cuando exista un aporte energético balanceado en la dieta total (Cowan y Lowe 1998).

En un estudio realizado en San Antonio de Turrialba, Cartago (Dittel 2019), con los mismos materiales evaluados en la presente investigación, se reportan valores semejantes de PC entre 7,8 y 9,1%. Por otra parte, Méndez (2017) encontró contenidos superiores entre 10,2 y 11,3%, al evaluar las mismas variedades costarricenses en Barva de Heredia.

Elizondo y Boschini (2002) reportan valores de PC ligeramente inferiores entre 6,3 y 8% al cosechar variedades acriolladas de maíz entre los 100 y 126 días de crecimiento en Ochomogo de Cartago. Sin embargo, en la misma localidad, Boschini y Elizondo (2004) encontraron contenidos de PC ligeramente superiores entre 9,2 y 10,2% con híbridos forrajeros y materiales acriollados. Porcentajes semejantes entre 11,1 y 12,5% reporta Elizondo (2011) al estudiar materiales híbridos. También Sánchez e Hidalgo (2018) encontraron valores superiores de PC, entre 8,2 y 12,5%, al evaluar híbridos de maíz en Pacayas de Cartago.

En otras latitudes, Mena (2010) experimentó valores inferiores de PC entre 7,2 y 7,7% a los obtenidos en el presente estudio, al evaluar híbridos forrajeros en Chile. Demanet (2009), señala que el rango de proteína de la planta entera de maíz forrajero oscila entre 6 y 10%, lo que coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio, situación que no compromete los requerimientos de proteína microbiana en los rumiantes. Estos valores también concuerdan con los contenidos entre 7,8 y 9% encontrados por Zaragoza-Esparza *et al.* (2019), al evaluar 12 híbridos forrajeros en México.

**Fibra Detergente Neutro (FDN).** En la Tabla 5, se detalla el valor promedio de FDN de los materiales evaluados, donde se observa que el promedio de las variedades costarricenses (60,7%) es semejante ( $p>0,05$ ) al obtenido con los híbridos forrajeros (59%) seleccionados por CIMMYT para la producción de forraje.

En la localidad de Turrialba se obtuvieron los mayores contenidos de FDN entre 63,4 y 65,7% en comparación a los otros sitios. Sin embargo, no hubo diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre los materiales. Por el contrario, en Guápiles se encontraron los menores porcentajes FDN, entre 54,3 y 61,2%, pero al igual que en la localidad anterior, tampoco se presentaron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre los forrajes dentro de localidad.

En los sitios de San Luis de Monteverde y Aguas Zarcas, los contenidos FDN fueron muy semejantes, con porcentajes que oscilaron entre 57,7 y 63,2%, sin diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre los materiales dentro de cada localidad.

Los valores de FDN encontrados en el presente estudio se ubican entre el rango (56,6 y 62,5%) reportado por varios autores (Méndez 2017, Gurdíán 2018, Dittel 2019) en trabajos realizados en Costa Rica con las mismas variedades de maíz, los cuales, a la vez, coinciden con otros resultados también obtenidos en Costa Rica (Castillo *et al.* 2009, Elizondo 2017) con híbridos forrajeros. Aunque Elizondo y Boschini (2002), Boschini y Elizondo (2004) y Elizondo (2011), reportan valores superiores, entre 63 y 76,8%, con materiales acriollados evaluados en Ochomogo de Cartago.

En México, Chile y Colombia, varios autores (Núñez *et al.* 2001, Mena 2010, Jiménez *et al.* 2005, Zaragoza-Esparza *et al.* 2019) reportan contenidos semejantes de FDN entre 50 y 63,3% con híbridos forrajeros. Aunque Bala *et al.* (2000) encontraron contenidos inferiores entre 44,6 y 46,5% y Yescas *et al.* (2015) valores superiores entre 65,4 y 67,5%, a los obtenidos en el presente estudio.

**Fibra Detergente Ácida (FDA).** En la localidad de Guápiles, se encontraron los menores valores de FDA (37,7 y 44,5%) con respecto a los otros sitios, situación que se relaciona con los mayores contenidos de PC y menores valores de FDN obtenidos en esta localidad, pero no se encontraron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre los tratamientos. Por el contrario, en Turrialba se obtuvieron los contenidos más altos de FDA (46,6-52%), en comparación a San Luis de Monteverde (42,5-47%) y Aguas Zarcas (43,2-47,7%), pero tampoco se encontraron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre los tratamientos, en ninguno de los sitios de evaluación.

También se determinó que los promedios de FDA de las variedades costarricenses (48,4%) no variaron significativamente ( $p>0,05$ ) de los valores logrados, con los híbridos forrajeros (47,7%), en ninguna de las localidades.

En estudios realizados por Méndez (2017) y Gurdíán (2018) con las mismas variedades costarricenses, se reportan valores inferiores entre 32,4 y 36,2%. Situación semejante reportan Elizondo y Boschini (2002), Boschini y Elizondo (2004), Castillo *et al.* (2009), Elizondo (2011) y Sánchez e Hidalgo (2018), al citar contenidos de FDA entre 38,2 y 46,2%, en evaluaciones realizadas con híbridos forrajeros y variedades acriolladas en el país. Aunque Dittel (2019) reporta valores semejantes, entre 47 y 52%, a los obtenidos en el presente estudio.

En Chile, México y Colombia varios investigadores (Bala *et al.* 2000, Núñez *et al.* 2001, Jiménez *et al.* 2005, Mena 2010, Zaragoza-Esparza *et al.* 2019) reportan valores inferiores de FAD, entre 22 y 37,5%, al evaluar híbridos seleccionados para la producción de forraje.

**Cenizas (CE).** Los mayores contenidos de CE se lograron en la localidad de Guápiles, con valores que oscilaron entre 8,9 y 9,3%, pero no se presentaron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) entre los tratamientos. En las localidades de San Luis de Monteverde y Aguas Zarcas, los contenidos fueron semejantes, con porcentajes que oscilaron entre 8,5 y 8,7%, pero tampoco se observaron diferencias significativas ( $p>0,05$ )

entre los forrajes dentro de cada localidad. En Turrialba se obtuvieron los contenidos de CE más bajos (7,4-8,1%), situación que se relaciona con el menor contenido de PC y mayor aporte de fibra, lo que coincide con lo reportado por Boschini y Elizondo (2004), quienes encontraron que el contenido de CE en el forraje de maíz se reduce a como disminuye la PC e incrementa la fibra.

El contenido de CE encontrado en el presente estudio, concuerda con el rango de 7,3 a 9,2% reportado por Méndez (2017) y Dittel (2019) con las mismas variedades costarricenses. Contenidos semejantes entre 6,1 y 9,7% reportan Villa *et al.* (2010) y Araiza-Rosales *et al.* (2013) con híbridos forrajeros. Aunque Elizondo Boschini (2002), Boschini y Elizondo (2004) y Elizondo (2011) encontraron valores superiores, entre 7,8 y 14,5% al evaluar variedades acriolladas en Ochoмого. Otros autores (Sibanda *et al.* 1997, Mier 2009, Mena 2010, Jiménez-Leyva *et al.* 2016) citan valores inferiores en CE entre 3,8 y 7,1% a los encontrados en el presente estudio.

Según Weiss (2014), altas concentraciones de CE en los forrajes pueden indicar contaminación de metales pesados en el suelo, lo cual puede reducir la disponibilidad de minerales importantes en el forraje. Al respecto, Chaverra y Bernal (2001) mencionan que contenidos de CE, mayores a 12%, podrían estar asociados a contaminación con suelo durante la cosecha o manejo del forraje.

Para Maynard *et al.* (1989) y Fajardo y Sarmiento (2007), otro caso puede ser cuando se agrega un aditivo al forraje como la melaza, o una leguminosa, lo que incrementa el contenido de CE hasta un 13%.

A pesar de las explicaciones anteriores, es importante aclarar que la concentración de cenizas está sujeta a múltiples variables, entre las que se pueden mencionar la variedad o híbrido de maíz, edad fenológica de cosecha, altura de corte, deshidratación del forraje antes de ensilar y la inclusión de aditivos (WingChing-Jones 2006).

#### **Digestibilidad in vitro de la MS (DIVMS).**

La digestibilidad in vitro de la MS osciló entre 56,7 y 62,3%, sin diferencias significativas entre

los tratamientos ( $p > 0,05$ ) dentro de cada localidad. Los mayores valores absolutos se encontraron en los sitios con mayor contenido de PC y valores más bajos de fibra (Guápiles y Aguas Zarcas), lo que se relaciona con lo reportado por Bassi (2006), quien indica que las fibras inciden negativamente en la digestibilidad de MS cuando los contenidos son altos, situación que limita el consumo voluntario, la tasa de pasaje y el aporte de nutrientes.

Los valores encontrados en DIVMS son semejantes en el rango (56,7 y 64,4%) reportados por Méndez (2017) y Dittel (2019) con las mismas variedades costarricenses, aunque Gurdían (2018) reporta un aumento significativo (entre 64,2 a 67,6%) al ensilar estos materiales.

Sánchez e Hidalgo (2018) citan valores semejantes entre 60,6 y 65,6% con híbridos de maíz evaluados en Pacayas, al igual que Boschini y Elizondo (2004) al encontrar contenidos entre 49,8 y 64,1% en híbridos forrajeros evaluados en Ochoмого de Cartago. En otras latitudes, Villa *et al.* (2010) y Araiza-Rosales *et al.* (2013) reportan valores similares en DIVMS, entre 64,3 y 65,6%, con híbridos forrajeros seleccionados para clima cálido.

Otros autores (Núñez *et al.* 2001, Fuentes *et al.* 2001, Zaragoza *et al.* 2019, Araiza-Rosales *et al.* 2013, Castillo *et al.* 2009) reportan valores de DIVMS entre 65 y 78%, con híbridos seleccionados para producción de forraje y exclusivos para climas subtropical y fríos. Al respecto, Villa *et al.* (2010) reportan diferencias hasta de 12 unidades porcentuales a favor de los híbridos forrajeros seleccionados para climas subtropicales y fríos en comparación a los de clima tropicales.

## **CONCLUSIONES**

Las variedades de maíces costarricenses EJV2, Los Diamantes 8843, JSáenz y Upiav-G6, tienen potencial para ser utilizadas como fuente forrajera para la alimentación de rumiantes, ya que alcanzaron rendimientos y valores nutritivos semejantes a los obtenidos con los híbridos

seleccionados por el CIMMYT para la producción de forrajes. Aunque los híbridos, redujeron su producción en los sitios con limitada fertilidad del suelo.

### LITERATURA CITADA

- Allison, CD. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. *Journal of Range Management* 38:305-311.
- Amador, L; Boschini, C. 2000. Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana* 11(1):171-177.
- Araiza-Rosales, E; Delgado-Licon, E; Carrete-Carreón, F; Medrano-Roldán, H; Solís-Soto, A; Murillo-Ortiz, M; Haubi-Segura, C. 2013. Degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad in vitro de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza. *Avances en Investigación Agropecuaria* 17(2):79-96.
- Argentería, A; De la Roza, B; Martínez, A; Sánchez, L; Martínez, A. 1997. El ensilado en Asturias. Principado de Asturias, Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias. 127 p.
- Bala, MA; Shavera, RD; Shinnerson, KJ; Coors, JG. 2000. Stage of maturity, processing, and hybrid effects on ruminal in situ disappearance of whole-plant corn silage. *Animal Feed Science and Technology* 86:83-94.
- Bertsch, F. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. 2 ed. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 78 p.
- Bonilla, N. 2009. Manual de recomendaciones técnicas, cultivo de maíz. San José, Costa Rica, INTA. 72 p.
- Boschini, C; Elizondo J. 2004. Desarrollo productivo y cualitativo de maíz híbrido para ensilar. *Agronomía Mesoamericana* 15(1):31-37.
- Bassi, T. 2006. Conceptos básicos sobre la calidad de los forrajes. Cátedra de Manejo de Pasturas. Lomas de Zamora, Argentina, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. 13 p.
- Cabrera, R; Montoya R; Rivera J. 2007. Evaluación agronómica de 25 genotipos de maíz (*Zea mays*) con fines forrajeros en el Valle del Sinú Medio. *Rev. MVZ.* 12(2):105-1060.
- Cañete, MV; Sancha, JL. 1998. Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes. Madrid, España, Editorial Mundiprensa Libros. 260 p.
- Castillo, M; Rojas, A; WingChing, R. 2009. Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*) *Agronomía Costarricense* 33(1):133-146.
- Chaverra, H; Bernal, J. 2001. El ensilaje en la alimentación del ganado vacuno. Bogotá, Colombia, IICA, Tercer Mundo Editores. p. 65-123.
- CIA (Centro de Investigaciones Agronómicas). 2016. Mapa digital de suelos de Costa Rica. Universidad de Costa. Consultado 10 nov. 2023. Disponible en <http://www.cia.ucr.ac.cr/es/mapa-de-suelos-de-costa-rica>
- Cowan, RT; Lowe, KF. 1998. Tropical and subtropical grass management and quality. *In* Chenney JH; Cherney DJR (eds.). *Grass for Dairy Cattle*. Wallingford, Oxon, U.K. CABI Publishing. p. 101-136.
- De la Roza, B. 2005. El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. IV Jornadas de alimentación animal. Laboratorio de Mouriscade. Lalin, Pontevedra. p. 1-20.
- Demaret, R. 2009. Híbridos de maíz para ensilaje en la zona sur. *In* Es tiempo de en silaje de maíz. Bioleche. Osorno, Chile, Casas del Alto. s. p.
- Dittel, F. 2019. Evaluación del potencial forrajero y de ensilabilidad de seis variedades de maíces costarricenses en Santa Cruz de Turrialba. Tesis Lic. Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 77 p.
- Elizondo, J; Boschini, C. 2002. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía Mesoamericana* 13(1):13-17.
- Elizondo, J. 2011. Influencia de la variedad y alturas de cosecha sobre el rendimiento y valor nutritivo de maíz para ensilaje. *Agronomía Mesoamericana* 32(2):105-111.
- Elizondo, J. 2017. Producción de biomasa y calidad nutricional de tres forrajes cosechados a dos alturas. *Agronomía Costarricense* 28(2):329-340.
- Fajardo, E; Sarmiento, S. 2007. Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de *Saccharomyces cerevisiae*. Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana. 24 p.
- Fuentes, J; Cruz, A; Castro, L; Gloria, G; Rodríguez, S; Ortiz, B. 2001. Evaluación de variedades e híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para ensilar. *Agronomía Mesoamericana* 12(2):193-197.
- González, J. 1988. Evaluación de la elaboración del ensilaje de maíz en cinco fincas del cantón de Alfaro Ruiz. Tesis Lic. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 50 p.
- Gurdián, M. 2018. Evaluación del potencial de ensilabilidad y valor nutricional del ensilado de cuatro variedades costarricenses de maíz en Santa Lucía de Barva, Heredia. Tesis Lic. Heredia, Costa Rica, Universidad Nacional. 80 p.
- InfoStat 2008. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Argentina, Universidad Nacional de Córdoba.

- IMN (Instituto Meteorológico Nacional). 2016. Mapas de temperatura y precipitación mínima y máxima 1960-2013. Sistema Nacional de Información Terrestre, Instituto Geográfico Nacional. Consultado 22 oct. 2022. Disponible en <https://www.snitcr.go.cr/Visor/nodos2>
- Jiménez, P; Cortés, H; Ortiz, S. 2005. Rendimiento forrajero y calidad del ensilaje de canavalia en monocultivo y asociada con maíz. *Acta Agron.* 54(2):31-36.
- Jiménez-Leyva, D; Romo-Rubio, J; Flores-Aguirre, L; Ortiz-López, B; Barajas-Cruz R. 2016. Edad de corte en la composición química del ensilado de maíz blanco. *Abanico Veterinario* 6(3):13-23.
- León, B; Montenegro, A. 2001. Sistema de cultivo de maíz asociado con soya para la elaboración de ensilaje. Tesis Lic. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 90 p.
- Mangado, J. 2006. Cómo realizar correctamente el ensilaje de maíz. *Revista AFIGRA* 64:56-62.
- Martínez, A. 2003. Ensilabilidad de especies pratenses en Asturias y su interacción con el uso de aditivos. Tesis Ph.D. España, Universidad de Oviedo. 450 p.
- Maynard, L; Loosli, F; Hintz, W; Warner, W. 1989. *Nutrición animal*. 7 ed. México, Mac Graw Hill. 640 p.
- Mena, F. 2010. Evaluación de 4 híbridos de Maíz Forrajero (*Zea mays* L.) en la Comuna de Futrono. Tesis Lic. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 52 p.
- Méndez, I. 2017. Potencial forrajero de cuatro variedades costarricenses de maíz (*Zea mays*) evaluadas a diferentes densidades de siembra en Santa Lucía, Barva de Heredia. Tesis Lic. Heredia, Costa Rica, Universidad Nacional. 64 p.
- Mier, M. 2009. Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero. Tesis M.Sc. Universidad de Córdoba, Andalucía, España. 66 p.
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía). (s.f.). Mapa de zonas de vida de Costa Rica. Instituto Geográfico Nacional. Consultado 22 oct. 2022. Disponible en <https://bit.ly/3Zrn65p>
- Núñez, G; Faz, R; Tovar, MR; Zavala, A. 2001. Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el Norte de México. *Técnica Pecuaria* 39(2):77-88.
- Paliwal, RL. 2001. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. FAO, Departamento de Agricultura. Roma. Consultado 20 abr. 2022. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s00.HTML>
- Pigurina, G; Pérez, E. 1994. Momento de cosecha de maíz para ensilar. Uruguay, INIA. *Boletín* N°. 43. 12 p.
- Roig, CA. 1989. Evaluación preliminar de 200 accesiones de leguminosas forrajeras tropicales en el ecosistema de Bosque Tropical Lluvioso en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 179 p.
- Romero, L. 2004. Silaje de maíz: calidad de forrajes conservados. EEA Rafaela, Argentina, INTA. p. 31-33.
- Sánchez, W; Hidalgo, C. 2018. Potencial forrajero de nueve híbridos de maíz en la zona alta lechera de Costa Rica. *Revista Agronomía Mesoamericana* 29(1):153-164.
- Sandoval, CA. 2004. Ensilaje de Forrajes: Alternativa para alimentación de rumiantes en el trópico. México, Universidad Autónoma de Yucatán. 55 p.
- Sibanda, S; Jingura, J; Topps, J. 1997. The effect of level of inclusion of legume *Desmodium uncinatum* and the use of molasses or ground maize as additives on the 79 chemical composition of grass and maize-legume silages. *Animal Feed Science Technology* 68(1):295-305.
- Siebold, E. 1994. Utilización de ensilajes para producción de carne. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Remehue, Osorno (en Línea). Consultado 20 jul. 2023. Disponible en [http://www.inia.cl/remehue/publicaciones/online/serie\\_remehue/52/cap6.pdf](http://www.inia.cl/remehue/publicaciones/online/serie_remehue/52/cap6.pdf)
- Smetham, ML. 1990. The conservation of herbage as hay or silage. Pastures their ecology and management. *In* RHM Larger (ed.). s. l. Oxford University Press. p. 337-369.
- Soto, P; Jahn, E; Arredando, S. 2002. Población y fertilización nitrogenada en un híbrido de maíz para ensilar el Valle Central Regado. *Agrícola Técnica* 62 (2):255-265.
- Toledo, JM; Schultze-Kraft, R. 1982. Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. *In* Manual para la Evaluación Agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, Cali, Colombia, CIAT. p. 91-109.
- Tadeo-Robledo, M; Espinosa-Calderón, A; Zaragoza-Esperanza, J; Turrent-Fernández A; Sierra-Macías, M; Gómez-Montiel, N. 2012. Forraje y grano amarillo para el Valle alto de México. *Agronomía Mesoamericana* 23(2):281-288
- Van Vuuren, A; Huhtanen, P; Dulphy, J. 1995. Improving the feeding and health value of ensiled forages. *Proceedings of the 1vth. International Symposium of the Nutrition of Herbivores*. Francia. p. 279-308.
- Villa, AF; Meléndez, AP; Carulla, JE; Pabón, ML; Cárdenas, EA. 2010. Estudio microbiológico y calidad nutricional del ensilaje de maíz en dos ecorregiones de Colombia. *Rev Colomb. Cienc. Pecu.* 23(1):65-77.
- Weiss, B. 2014. Forage evaluation: Wading through a sea of numbers. Ohio State University. Consultado 8 feb. 2018. Disponible en <http://www.dairyherd.com/>

- dairy-news/Forage-evaluation-Wading-through-a-sea-of-numbers-259091251.html
- Wingching-Jones, R. 2006. Evaluación del proceso de ensilaje de *Arachis pintoi*. Tesis M.Sc. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 65 p.
- Yescas, CP; Segura, MA; Martínez, L; Álvarez, VP; Montemayor, JA; Orozco, JA; Frias, JE. 2015. Rendimiento y calidad de maíz forrajero (*Zea mays* L.) con diferentes niveles de riego por goteo subsuperficial y densidad de plantas. Revista Internacional de Botánica Experimental 84:272-279.
- Zaragoza-Esparza, J; Tadeo-Robledo, M; Espinosa-Calderón, A; López-López, C; García-Espinosa, JC; Zamudio-González B; Turrent-Fernández, A; Rosado-Núñez, F. 2019. Rendimiento y calidad de forraje de híbridos de maíz en Valles Altos de México Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 10(1):101-111.

