

NOTA TÉCNICA

PRODUCCIÓN, CALIDAD Y COSTO DE ENSILAJE DE MAÍZ UTILIZANDO VARIEDADES COSTARRICENSES

William Sánchez-Ledezma¹, Cinthya Granados Marín², Francisco Gutiérrez Hidalgo³

RESUMEN

Producción, calidad y costo de ensilaje de maíz utilizando variedades costarricenses. El objetivo fue evaluar la producción de biomasa, la calidad y el costo de ensilaje, de dos variedades de maíces costarricenses y un híbrido comercial. El estudio se realizó con las variedades EJN2 y Los Diamantes 8843 y el híbrido comercial HR-960, en los cantones de San Carlos, Upala, Turrubares, Turrialba y Barva durante el 2018-2019. Se evaluó la altura de planta y la producción de biomasa en parcelas de 2000 m² y la calidad y los costos del proceso de ensilaje en un silo de montón. En promedio la altura de planta de las variedades costarricenses (245±19 cm) fue mayor y más estable que el obtenido con el híbrido HR-960 (187±31 cm), sin embargo, el promedio de MS obtenida con el híbrido (13,5±1,7 t ha⁻¹) fue ligeramente superior al logrado con las variedades costarricenses (12,7±2,1 t ha⁻¹). La fermentación organoléptica de los ensilados fue excelente, así como el pH y los contenidos de N-amoniaco, con características y valores semejantes entre las variedades costarricenses y el híbrido. El costo de producción por hectárea fue de ₡720 459, para un valor de ₡16,1 y ₡57,6 kg⁻¹ de ensilado fresco y MS, respectivamente. Se concluye que las variedades costarricenses EJN2 y Los Diamantes 8843 tienen potencial productivo y ser conservadas mediante la técnica del ensilaje.

Palabras clave: Ensilaje de maíz, Forraje de maíz, Alimentación del ganado.

Keywords: Corn silage, Corn forage, Cattle feed.

INTRODUCCIÓN

El ensilaje es una técnica utilizada para conservar forraje de forma anaeróbica, mediante la cual, el proceso de la fermentación inhibe el crecimiento de microorganismos degradadores de la materia orgánica (forraje), permitiendo conservar el forraje original con escasa variación en su calidad nutritiva. Es muy utilizada por los ganaderos para guardar alimento para sus animales, que luego utilizan cuando lo requieren.

En términos generales, la calidad final de un ensilaje depende de dos factores: de las características originales del forraje a ensilar y de la eficiencia del proceso; como la cosecha, el picado, el uso de aditivos, el sellado del silo entre otros (Martínez, 2003).

1. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA, Costa Rica. Correo: wsanchez@inta.go.cr
2. Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG, Región Huetar Norte, Agencia de Aguas Zarcas, Alajuela, Costa Rica. Correo: cmgranados@mag.go.cr
3. Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG, Región Central Sur, Agencia de Carara, San José, Costa Rica. Correo: fgutierrez@mag.go.cr

En cuanto a las características del forraje, el hecho de que un material resulte en un ensilaje de buena calidad, dependerá del contenido de materia seca, carbohidratos solubles, capacidad buffer y de los nitratos que contiene el forraje al momento de la cosecha. Es importante que los contenidos de los dos primeros indicadores sean altos, pero la capacidad buffer y los nitratos bajos (Argamentoría *et al.*, 1997; McDonald *et al.*, 1991).

Con respecto a las actividades del proceso, es indispensable realizarlas correctamente para reducir las pérdidas ocasionadas por; la respiración celular del forraje después de cosechado, la actividad proteolítica de enzimas, el desarrollo de gérmenes del género *Clostridium* y de microorganismos aeróbicos (Martínez, 2003).

El cultivo de maíz (*Zea mays*) es uno de los forrajes de mayor uso en los países con vocación ganadera, principalmente por su alto rendimiento de biomasa, excelente aporte de energía y adecuadas características para ser conservado mediante la técnica del ensilaje, lo que

favorece el proceso de fermentación (Méndez, 2000; Somarribas, 2007; Martínez, 2003).

En Costa Rica, a pesar de la amplia adaptación del cultivo de maíz (Bonilla, 2009), su uso como recurso forraje es escaso, con mayor presencia en los sistemas de lechería especializada en la zona alta y norte del cantón de San Carlos. No existe una adecuada oferta de variedades e híbridos con aptitud forrajera y adaptadas a las condiciones agroecológicas de nuestro país, por lo que los ganaderos utilizan variedades criollas de porte alto, las cuales tienen problemas de acame y bajos contenidos de materia seca. También suelen usar híbridos importados, con el inconveniente que, no se conoce su adaptación a nuestras condiciones. Además, de que los híbridos, están sujetos a dependencia de semillas importadas a alto costo.

Por lo anterior, se realizó el presente estudio con el objetivo de evaluar la producción de biomasa, la calidad y el costo de ensilaje, de dos variedades de maíces costarricenses y un híbrido comercial en cinco cantones de nuestro país durante el 2018-2019.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de las evaluaciones

Las evaluaciones se realizaron en fincas comerciales ubicadas en diferentes localidades del país (Cuadro 1). El rendimiento se evaluó en todas las localidades, mientras que la calidad y el costo de la elaboración del ensilaje se determinó únicamente en la localidad Aguas Zarcas del cantón de San Carlos, provincia Alajuela.

Cuadro 1. Ubicación de los sitios donde se realizaron las evaluaciones de campo.

Provincia	Cantón	Localidad	Altitud (m s.n.m.)	Zona de Vida*
Alajuela	San Carlos	Aguas Zarcas	515	bmh-P
	Upala	Aguas Claras	145	bmh-P
Puntarenas	Turubares	Carara	600	bmh-T
Cartago	Turrialba	Santa Cruz	1130	bmh-MB
	Turrialba	La Colonia	650	bmh-P
Heredia	Barva	Santa Lucia	1200	bmh-P

* Ministerio de Ambiente y Energía. (s.f.). Mapa de zonas de vida de Costa Rica. Instituto Geográfico Nacional. Recuperado el 22 de octubre, 2022, de <https://bit.ly/3Zrn65p>

bmh-P=Bosque Muy Húmedo Premontano; *bmh-T*= Busque Muy Húmedo Tropical; *bmh-MB*= Bosque Muy Húmedo Montano Bajo.

Materiales evaluados

Se evaluaron las variedades de maíces costarricenses EJN2 (grano amarillo) y Diamantes 8843 (grano blanco), seleccionadas por el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) para la producción de grano (Figura 1) y el híbrido comercial HR-960 de grano amarillo, utilizado como recurso forrajero en varias zonas ganaderas del país.



Figura 1. Variedades de maíz Los Diamantes 8843, A y EJN2, B al momento de la cosecha en Aguas Zarcas de San Carlos, Alajuela.

Establecimiento y manejo

Para realizar las evaluaciones, en todas las localidades se establecieron parcelas de 2000 m² de cada material. En la mayoría de los casos, la preparación del terreno fue de mínima labranza, aplicando Gifosato 22 días antes del establecimiento. La siembra fue manual a espeque, en hileras distanciadas a 0,75 y 0,20 m entre surcos y plantas (Tadeo *et al.*, 2012; Fuentes *et al.*, 2001; Soto *et al.*, 2002), distribuyendo dos semillas por golpe de siembra (Elizondo & Boschini, 2001; Elizondo & Boschini, 2002; Amador & Boschini, 2000).

El plan de fertilización fue de 150, 50, 20 y 20 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, Mg y S, respectivamente. El fósforo, magnesio, azufre, 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 masculina (Bonilla, 2009).

Cosecha

Para determinar el rendimiento, la cosecha de los forrajes fue manual, cuando el grano se encontraba en estado lechoso-pastoso, es decir, en “grano ½ línea leche” (Figura 2.A), lo que significa que la línea que separa la porción líquida y sólida se encuentra en la parte central del grano (Paniagua & Pérez, 1994; Martínez, 2003, Romero, 2004). Este momento de cosecha se recomienda en caso de utilizar un equipo convencional (picadora) para procesar el forraje.

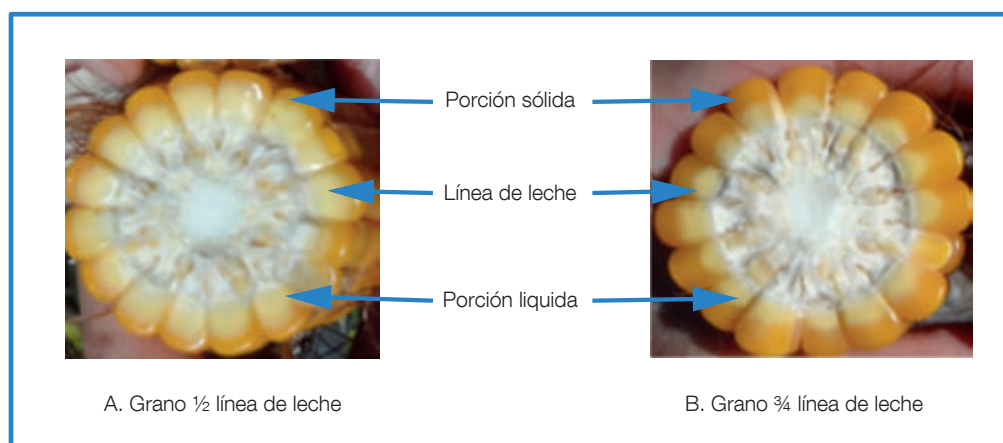


Figura 2. Momento óptimo de cosecha y picado del maíz para forraje

Para elaborar el ensilaje, la cosecha fue mecanizada cuando el grano se encontraba en estado maso-so-pastoso (semiduro) en “grano $\frac{3}{4}$ línea de leche” (Figura 2.B), utilizando un tractor y una cosechadora (Tipo Chopper) especializada para cortar y picar el forraje, y a la vez, triturar o quebrar el grano (Figura 3). El triturar o quebrar el grano, permite que los azúcares solubles que contiene, queden disponibles a las bacterias durante la fermentación del ensilaje, y posteriormente, a los microorganismos del rumen cuando el ensilaje es consumido por el ganado (Jiménez-Leyva *et al.*, 2016; Paniagua & Martínez, 2003; Romero, 2004).



Figura 3. Cosecha mecanizada (A) y elaboración de silo de montón (B) de variedades de maíces costarricenses en Aguas Zarcas y Upala de Alajuela

Variables analizadas

Se analizó la altura de la planta, el rendimiento de materia seca, la calidad y el costo de ensilaje. Para determinar la altura de la planta y la producción de materia seca (MS), se utilizó la metodología propuesta por la Red Internacional de Evaluación de Forrajes Tropicales propuesta por Toledo & Schultze-Kraft (1982). Se tomaron 10 muestras al azar de cada material en el centro de la parcela para evitar el efecto de borde (Roig, 1089).

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 dos metros lineales de cada muestra. Posteriormente, el rendimiento se expresó en kg MS ha¹, a partir del contenido de MS del forraje.

La calidad del ensilaje se realizó únicamente con los materiales establecidos en la localidad de Aguas Zarcas. Se enviaron tres muestras de cada forraje, antes de ensilar al Laboratorio Nutrición Animal del INTA para determinar el contenido de MS, carbohidratos solubles (CS) y capacidad buffer (CB). Posteriormente, 60 días después de elaborar el ensilaje, se tomaron seis muestras representativas de cada silo; tres para determinar las características organolépticas (olor, color, textura y humedad) según metodología propuesta por Chavaría & Bernal (2001) y las restantes, se enviaron al laboratorio del INTA para analizar el contenido de MS, pH y N-amoniaco.

El costo por kilogramo de ensilaje se determinó únicamente en la localidad de Aguas Zarcas, con la variedad EJN2 utilizando un silo de montón. Para lo cual, se registró y analizó el rendimiento de forraje, el costo de la mano de obra (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 2020), del equipo e insumos requeridos en la elaboración del ensilaje.

Los datos se analizaron a partir de medidas de tendencia central utilizando el programa InfoStat (2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de materia seca

En el Cuadro 2 se muestra la altura de planta y el rendimiento de MS de dos variedades de maíces costarricenses y un híbrido comercial, validados en seis diferentes localidades del país.

Cuadro 2. Altura de planta y producción de materia seca de dos variedades de maíces costarricenses (EJN2 y Los Diamantes 8843) y el híbrido comercial HR-960 evaluados en seis localidades de Costa Rica. 2018-2019 (n= 84).

Localidad	Variedad/Híbrido	Altura de planta		Producción de MS	
		(cm)	D.S.	Kg ha ⁻¹	D.S.
Carara Turrubares	EJN2	240,8	7,93	10489,6	1934,24
Guayabo, Turrialba	EJN2	256,8	17,57	14874,1	2423,45
Aguas Claras, Upala	EJN2	219,6	19,79	11074,3	1468,27
	Híbrido (RH 960)	110,0	26,46	12117,0	374,27
Barva de Heredia	Los Diamantes 8843	235,0	28,29	9370,3	2495,0
	EJN2	250,0	24,00	9658,2	3046,6
Aguas Zarcas, San Carlos	Los Diamantes 8843	220,5	16,85	16267,1	2151,50
	EJN2	226,7	11,19	13734,0	2138,13
	Híbrido (RH 960)	243,3	10,41	15500,0	655,74
Santa Cruz, Turrialba	Los Diamantes 8843	279,6	21,1	14445,3	1935,43
	EJN2	284,8	12,91	12510,5	580,80
	Híbrido (RH-960)	202,8	15,92	13000,5	3471,89
Promedios	Los Diamantes 8843	235,3	30,68	15505,0	2566,62
	EJN2	240,2	23,70	12520,4	2537,59
	Híbrido (HR-960)	193,4	71,0	13485,3	2495,24

cm= centímetros; D.S. = Desviación estándar; kg ha⁻¹= kilogramos por hectárea

El promedio de la planta obtenido con las variedades costarricenses (245 cm) concuerda con los 250 cm recomendados por Tadeo-Robledo *et al.*, (2012) en variedades e híbridos de maíz para forraje, excepto en la localidad de Santa Cruz de Turrialba, donde el crecimiento fue superior (282 cm), probablemente debido a la mayor presencia de nubes y menos horas luz que predomina en esta localidad a causa de la mayor altitud, en comparación a los otros sitios, lo que incita a la planta de maíz a crecer más en busca de luz (Blanco *et al.*, 2015).

El hecho de que las variedades de maíces costarricenses alcanzaron alturas intermedias, favorecen su manejo, ya que los materiales con mayor altura son susceptibles al volcamiento a consecuencia de la altura de planta y a la alta inserción de la mazorca (Cabral *et al.*, 2007). Además, según este autor, las plantas con mayor altura, afecta la relación hoja-talla-mazorca, lo que repercute en la calidad nutritiva de la biomasa total, ya que el grano representa el

85 % de digestibilidad en comparación con el resto de la planta.

Con respecto a los rendimientos de MS, se determinó que los valores alcanzados con las variedades costarricenses se encuentran entre el rango de 10,9 y 17 t MS ha⁻¹ reportado en varias investigaciones realizadas en Costa Rica (Amador & Boschini, 2000; Elizondo, 2011; Boschini & Elizondo, 2004; Jiménez, *et al.*, 2005; Castillo *et al.*, 2009; Sánchez, 2015; Méndez, 2017; Sánchez & Hidalgo, 2018; Gurdíán, 2018; Dittel, 2019), siendo el promedio de las variedades costarricenses (12, 8 t ha⁻¹), ligeramente inferior al alcanzado con el híbrido forrajero HR-960 (13,5 t ha⁻¹).

Lo anterior significa que las variedades costarricenses seleccionadas para la producción de grano, también tienen potencial para rendir como forraje, lo que resulta una ventaja para el productor, ya que puede producir forraje para su ganado y semilla para la próxima siembra, reduciendo los costos y la dependencia de semilla.

Calidad del ensilado

El ensilaje de las variedades costarricenses EJM2, Los Diamantes 4388 y del híbrido RH-960 resultó excelente. En el Cuadro 3 se muestran las características organolépticas de los ensilados de maíz realizados.

Cuadro 3. Características organolépticas de ensilajes de dos variedades maíces costarricenses y un híbrido evaluados en Aguas Zarcas de San Carlos, 2018-2019.

Variedad e híbrido	Color	Olor	Textura	Humedad
EJM2 Los Diamantes 8843 Híbrido HR-960	Verde Oscuro.	Agradable, con olor a fruta madura.	Conserva el corte original de picado.	Escasa, no humedece la mano al comprimir.

Las características organolépticas fueron excelentes, según los parámetros indicados por Chavaría & Bernal (2001), debido en gran parte a las buenas cualidades del cultivo de maíz para ensilar; como son el contenido de MS, azúcares solubles y baja capacidad buffer, características que, a la vez, permitieron obtener ensilados con excelentes valores de pH y adecuados contenidos de N-amoniaco (Cuadro 4).

Cuadro 4. Características y parámetros de fermentación de forrajes de maíz antes y después de ensilar, Aguas Zarcas de San Carlos. 2018-2019.

Variedad e híbrido	Antes de ensilar			Después de ensilar		
	MS (%)	AS (%)	CB (NaOH/100 g MS)	MS (%)	pH	N-amoniaco (% N total)
EJN2	32,1±1,6	19,9±0,8	39,7±7,8	26,9±1,4	3,52±0,04	5,3±0,4
Los Diamantes 8843	31,1±1,8	17,1±2,3	24,8±1,1	28,5±1,6	3,67±0,06	5,5±0,9
Híbrido HR-960	29,8±0,9	18,7±1,2	37,8±6,6	26,7±1,2	3,78±0,07	5,1±0,8

MS (%)= Porcentaje de materia seca; AS= Azúcares solubles, CB = capacidad buffer; N-amoniaco = Porcentaje de nitrógeno amoniaco.

Es importante mencionar que, los contenidos apropiados de MS reducen la producción de efluentes y las pérdidas de nutrientes, mientras que los azúcares solubles favorecen la fermentación, debido a que sirven de sustratos para los microorganismos que participan en el proceso. Por otra parte, el bajo valor de capacidad buffer permite una rápida reducción del pH en la biomasa total, lo que favorece la presencia de bacterias benéficas y como consecuencia, la fermentación láctica (Martínez, 2003; De la Rosa, 2005). Lo anterior, se comprueba al obtener valores de pH inferiores a 4, lo que indica que la fermentación fue exitosa (Araiza-Rosales *et al.*, 2015).

El bajo contenido de N-amoniaco, es sinónimo de que los aminoácidos y del nitrógeno total (proteína) presente en el forraje original, fue escasamente degradado por las bacterias (Ojeda *et al.*, 1991; Martínez *et al.*, 1999; Martínez, 2003; De la Roza, 2005).

Costos de la elaboración de ensilaje

En el Cuadro 5 se detallan los costos incurridos desde la preparación del terreno hasta la elaboración y obtención de ensilaje en un silo de monto en la localidad de Aguas Zarcas, San Carlos de Alajuela.

Cuadro 5. Costos de elaboración de ensilaje de una hectárea de maíz forrajero. Aguas Zarcas de San Carlos, Alajuela, ajustado a octubre 2020 (\$ USA= ₡ 568,37).

ACTIVIDAD	Unidades	Costo/unidad (₡)	Subtotal (₡)	Contribución al costo (%)
Establecimiento			310 584	43,1
Herbicida Gifosato (litros)	2	2 200	4 400	0,6
Preparación del terreno (hm)	3	20 000	60 000	8,3
Semilla (kg)	25	1 800	45 000	6,2
Siembra (jornales)	12	7 625	91 500	12,7
Fertilizante 10-30-10 (sacos)	5	12 335	61 675	8,6
Fertilizante K-MAG (sacos)	2	18 667	37 334	5,2
Aplicación de fertilizante (jornales)	1	7 625	7 625	1,1
Aplicación de herbicida (jornales)	0,4	7 625	3 050	0,4
Mantenimiento			121 125	16,8
Fertilizante nutran (sacos)	5	11 650	58 250	8,1
Insecticida Proclain (g)	200	200	40 000	5,6
Aplicación de fertilizante (jornales)	1	7 625	7 625	1,1
Aplicación de insecticida (jornales)	2	7 625	15 250	2,1
Elaboración del ensilaje			288 750	40,1
Cosecha, picado, transporte y compactado (Hm)	14	20 000	280 000	38,9
Plástico de polietileno negro (kg)	14	625	8 750	1,2
TOTAL (₡)			720 459	100,0

hm = horas maquinaria

En promedio se produjeron 44,8 t ha⁻¹ de forraje verde (12,5 t ha⁻¹ MS), para un costo total de ₡720 459 ha⁻¹, lo que es equivalente a ₡16,1 y ₡57,6 kg⁻¹ de ensilado fresco y de MS, respectivamente.

Se determinó que el establecimiento del cultivo y la elaboración del ensilaje, son los rubros que más contribuyen al costo total (43,1 y 40,1 %, respectivamente). En el caso del establecimiento, debido al costo de los agroquímicos (14,4 %), mientras que en la elaboración del ensilaje, a causa del deficiente uso de la maquinaria y equipo (tractor-chopper) al momento de la cosecha, ya que los surcos eran relativamente cortos, lo que obligó al operario del tractor a

cambiar de director constantemente, aumentando las horas de labor.

Los fertilizantes químicos son responsables de 21,8 % de los costos totales, los cuales se podrían reducir sustancialmente si los remanentes (estiércol) que se producen en las fincas ganaderas, se aprovechan como abono orgánico en el cultivo de maíz.

Otro rubro importante es el uso de la mano de obra, el cual aporta el 17,4 % al costo total. Del total de mano de obra, el 73,2 % se utiliza solo para la siembra del cultivo, debido a la lenta labor que implica espequear y distribuir la semilla manualmente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según las condiciones mediante las cuales se llevaron a cabo el estudio, es posible realizar las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. Las variedades de maíces costarricenses EJM2 de grano amarillo y Diamantes 8843 de grano blanco, tiene potencial para producir forraje y ser conservado mediante la técnica de ensilaje, debido a que alcanzaron buenos rendimientos y excelentes características organolépticas (color, olor, textura y humedad) y adecuados valores de pH y N-amoniaco al ensilar.
2. Según los resultados obtenidos, no es necesario el uso de aditivos para la elaboración de ensilaje de maíz, ya que la concentración de azúcares solubles y las bacterias específicas presentes, son suficientes para que el proceso de fermentación se realice satisfactoriamente.
3. Según el rendimiento promedio de MS obtenido con las variedades costarricenses (12,5 t ha⁻¹) y los costos totales por hectárea (₡720.459), el costo por kilogramo de ensilado fresco y MS fue de ₡16,1 y ₡57,6.
4. Según el rendimiento promedio de MS obtenido con las variedades costarricenses (12,5 t ha⁻¹), equivalente a 45 t ha⁻¹ de ensilaje fresco, con una hectárea de maíz es posible suplementar 50 animales (450 kg PV) durante 90 días, suministrando 10 kg de ensilaje por animal/día.
5. Con el fin de incrementar el contenido de materia seca de la biomasa total de las variedades de maíz evaluadas, se recomienda cosechar el forraje a edad fenológica de grano masoso-pastoso (línea media de leche), y en caso necesario, realizar un pre secado no mayor a 24 horas, con el fin de mejorar el contenido de MS y aumentar el potencial de ensilabilidad del forraje.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de FITTACORI y el apoyo de los colegas Nevio Bonilla Morales, Edwin Orozco Barrantes, José Luis Rivera Ramírez del INTA, Annie López Céspedes,

Katherine Alvarado Marchena y Fernando Martínez Portugués del MAG, Saúl Brenes Gamboa de la UCR y a los productores que facilitaron sus fincas para realizar las evaluaciones.

LITERATURA CITADA

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-Licón, E., Carrete-Carreón, O. F., Medrano-Roldán, H., Solís-Soto, A., Rosales-Serna, R., Haubi-Segura, C. (2015). Calidad fermentativa y nutricional de ensilados de maíz complementados con manzana y melaza. *Calidad nutricional de ensilados maíz-manzana. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. Mx. 2(6):255-267.

Argamenteoría, A., De la Roza, B., Martínez, A., Sánchez, L., & Martínez, A. (1997). El ensilado en Asturias. Ed. Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias. ISBN: 84-7847-462-5. Principado de Asturias. 127 pp. (España).

Blanco Y., Affi M., Swanton C. J. (2015). Efecto de la calidad de la luz en el cultivo del maíz: una herramienta para el manejo de plantas arvenses. *Cultivos Tropicales*. 36 (2): 62-71.

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.

Cabralés 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.

Castillo, M., Rojas, A., WingChing, R. (2009). Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*) *Agronomía Costarricense*, 33: 133-146

Chaverra, H., & Bernal, J. (2001). El ensilaje en la alimentación del ganado vacuno. Tercer mundo Editores. IICA. Bogotá, Colombia. p 65-123.

De la Roza, B. (2005). El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. IV Jornadas de alimentación animal. Laboratorio de Mouriscade. Lalín, Pontevedra. 1-20 pp.

Dettil, F. (2019). Evaluación del potencial forrajero y de ensilabilidad de seis variedades de maíces costarricenses en Santa Cruz de Turrialba. Tesis de licenciatura. Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 77 pp.

Elizondo, J., & Boschini, C. (2001). Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2): 181-187. 2001.

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.

Fuentes, J., Cruz, A., Castro, L., Gloria, G., Rodríguez, S., Ortíz, B. (2001). Evaluación de variedades e híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para ensilar. *Agronomía Mesoamericana*, 12: 193-197.

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 Licenciatura. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. P. 80.

InfoStat 2008. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

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 asgrow-7573. 6(3):13-23. *Abanico Veterinario*. ISSN 2448-6132.

- Jiménez, P., Cortés, H., Ortíz, S. (2005). Rendimiento forrajero y calidad del ensilaje de canavalia en monocultivo y asociada con maíz. *Acta Agron.* 54(2):31-36.
- Martínez, A., De la Roza, B., Fernández, O. (1999). Nuevas técnicas para determinar la calidad de los ensilados. *Tecnología Agroalimentaria. Pastos y Forrajes. Edición especial. CIATA.* 48 p.
- Martínez, A. (2003). Ensilabilidad de especies pratenses en Asturias y su interacción con el uso de aditivos. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo, España. 450 pp.
- McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. (1991). *The biochemistry of silage.* Ed.: Chalcombe Publications. UK. 340 pp.
- Méndez, M. (2000). Aprendamos sobre ensilajes. Núcleo de formación y servicios tecnológicos agropecuarios Subsector Zootecnia. Instituto Nacional de Aprendizaje (INA). Editorial INA. San José, Costa Rica. p. 1-10.
- 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 de licenciatura. Heredia, Costa Rica, Universidad Nacional. 64 pp.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (s.f.). Mapa de zonas de vida de Costa Rica. Instituto Geográfico Nacional. Recuperado el 22 de octubre, 2022, de <https://bit.ly/3Zrn65p>
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (2020). Salario mínimo. Consultado: 20 julio/2020. En línea: [http://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/ lista-salarios.html](http://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/lista-salarios.html)
- Ojeda, F., Cáceres, O., Esperance, M. (1991). *Conservación de Forrajes.* Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 80 pp.
- Pigurina G., & Pérez, E. (1994). Momento de cosecha de maíz para ensilar. INIA, Uruguay. *Boletín* 43. ISBN: 9974-556-88-0. P. 12.
- Roig, C. A. (1989). Evaluación preliminar de 200 accesiones de leguminosas forrajeras tropicales en el ecosistema de Bosque Tropical Lluvioso en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 179 p.
- Romero, L. (2004). Silaje de maíz: calidad de forrajes conservados. EEA Rafaela, INTA Argentina. 31-33.
- Sánchez, W. (2015). Evaluación de pastos y forrajes para la mejora de la alimentación de las vacas lecheras en la zona alta de Costa Rica. Tesis Doctorado. Zaragoza, España. p. 245.
- Sánchez, W. & Hidalgo, C. (2018). Potencial forrajero de nueve híbridos de maíz en la zona alta lechera de Costa Rica. *Revista Mesoamericana.* 29(1):153-164.
- Soto, P., Jahn, E., Arredrando, S. (2002). Población y fertilización nitrogenada en un híbrido de maíz para ensilar el Valle Central Regado. *Agrícola Técnica,* 62 (2): 255-265.
- Somaribas, M. (2007). Efecto de diferentes densidades de maíz y diferentes agotamientos del agua disponible en el suelo sobre la producción de forraje de maíz asociado con mucuna. Tesis de maestría. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 90 p.
- Toledo, J. M., & 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, Calí, 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. ISSN: 1021-7444.