



Capítulo 4.

Análisis económico y nutricional del ensilaje de maíz (*Zea mays*), con y sin mazorca, utilizando diferentes inclusiones de melaza, en el Caribe colombiano

Gustavo Adolfo Ramos Gélvez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0264-0864>

Juan Carlos Quiroz Díaz

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6768-0819>

Claudia María Vitola Otálora

Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)
Centro Acuícola y Agroindustrial de Gaira, Regional Magdalena
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7122-8808>

Resumen

Esta investigación está orientada a identificar la viabilidad tanto económica como nutricional del ensilaje de maíz, con y sin mazorca, como una herramienta para la toma de decisiones de los productores. En Colombia, como alternativa a bajar los costos de producción del mismo, es una práctica común estimar los costos de producción del cultivo con los dos tratamientos: con y sin mazorca, determinando el valor por metro cuadrado.

En el estudio se determinó el aforo del lote para sacar los distintos porcentajes de la planta, tanto del tallo como de las hojas y la mazorca. Además, se utilizaron diferentes inclusiones de melaza en los siguientes porcentajes: 2 %, 4 % y 6 %. Como resultado, se obtuvieron 6 tratamientos, a los que se les realizaron pruebas bromatológicas para evaluar la calidad nutricional (MS, PC, FDN y FDA) según el método de Van Soest adaptado en el laboratorio.

Con un enfoque cualitativo y empleando un arreglo factorial de 2x3 para los 6 tratamientos, cada tratamiento se realizó en una bolsa individual y tuvo 3 repeticiones en bolsas independientes. Los datos se analizaron mediante pruebas de comparación en el *software* de análisis estadístico SAS, teniendo en cuenta estadísticas descriptivas: promedios y desviaciones. De allí, se obtuvieron datos relevantes que permiten concluir que se debería explorar la posibilidad de vender la mazorca en el ensilaje de maíz para obtener un costo de oportunidad y bajar los gastos de producción de ensilaje para bovinos.

Palabras clave: ensilaje, producción animal, zootecnia, mazorca, maíz

Abstract

This research is aimed at identifying the economic and nutritional viability of corn silage, with and without cob, as a decision-making tool for producers. In Colombia, as an alternative to lowering production costs, it is common practice to estimate the production costs of the crop with the two treatments: with and without cob, determining the value per square metre.

In the study, the batch size was determined to extract different percentages of the plant, both stem, leaves and cob. In addition, different molasses inclusions were used in the following percentages 2%, 4% and 6%. As a result, 6 treatments were obtained, which were subjected to bromatological tests to evaluate the nutritional quality (DM, CP, NDF and ADF) according to the Van Soest method adapted in the laboratory.

With a qualitative approach and using a 2x3 factorial arrangement for the 6 treatments, each treatment was carried out in an individual bag and had 3 replications in independent bags. The data were analysed using comparison tests in the SAS statistical analysis software, taking into account descriptive statistics: means and deviations. Relevant data were obtained that allow us to conclude that the possibility of selling the cob in the corn silage should be explored to obtain an opportunity cost and lower the production costs of silage for cattle.

Keywords: silage, animal production, zootechnics, cob, corn

Introducción

El cultivo de maíz es muy utilizado desde tiempo atrás a nivel mundial, tanto en la industria de alimentos como en alimentación animal, debido a su versatilidad y almacenaje, el cual es una de sus grandes ventajas durante su producción. Además, el maíz es uno de los granos más requeridos en el mundo. En el contexto alimentario, su alto contenido nutricional y sus cualidades alimenticias lo hacen favorable para la producción de proteína animal. Asimismo, debido a su bajo precio con respecto a otras materias primas agrícolas, tiene demanda tanto para personas como para animales (Govaerts et al., 2019).

En Colombia, el maíz se produce tanto de forma tradicional como en cultivos industrializados con alta tecnología, debido a la diversidad biológica, geográfica y en tipos de ganado (figura 1). No obstante, la forma de cultivo predominante es la tradicional y se practica en granjas, haciendas o pequeñas extensiones de tierra. Además, se emplean semillas no certificadas, cuyo rendimiento promedio a nivel nacional pasó de 1,6 ton/ha en el 2000 a 1,5 ton/ha en el 2010 (Grande Tovar y Orozco Colonia, 2013).

Figura 1. Diversidad del ganado colombiano



Fuente: elaboración propia.

Existe una variedad de conocimientos acerca de los diferentes sistemas de producción de este cultivo y sus usos, pues no solo se consume como harina, sino también como mazorca y, a nivel industrial, como grano y ensilaje. En la industria de la harina predomina el maíz blanco tanto para alimentación humana como animal. En cambio, en la industria de concentrados, se utiliza el maíz blanco o amarillo por igual, y el limitante es el precio.

A nivel nacional, el maíz es uno de los alimentos más consumidos. Del total del maíz que se consume en Colombia, solo el 37 % se destina a usos industriales; fabricación de pegantes, almidones y cosméticos, entre otros. El 63 % restante se destina para consumo humano, especialmente para la fabricación de productos como arepas y

tamales, entre otros, que son la base de la cultura alimentaria de diferentes regiones y departamentos del país.

El maíz es considerado como el principal cultivo de ciclo corto. Este ocupa un 15 % del área agrícola, genera el 4 % de los empleos agrícolas y aporta aproximadamente un 3% al Producto Interno Bruto (PIB) agropecuario (Govaerts et al., 2019).

En la figura 2 se observa el precio comercial de la mazorca por kilo en Colombia durante los últimos 5 años. Se evidencian las distintas fluctuaciones del producto en el mercado y la estacionalidad del mismo según la época: invierno o verano.

Figura 2. Precio de la mazorca en los últimos 5 años



Fuente: Ministerio de Agricultura Agronet, 2017.

Según información de Agronet, para el 2017, en el departamento del Atlántico de la región Caribe se cultivaron alrededor de 2956 hectáreas, con una producción anual de 35 059 toneladas. Esto lo posicionó como el tercer departamento del país proveedor de maíz, representando el 13% de la producción nacional (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

Se propone un método como el ensilaje, debido a la necesidad de producción animal en épocas críticas y a la necesidad de venta de un producto de consumo animal, pues se busca la posibilidad de obtener un valor adicional del producto, ensilando y vendiendo la mazorca. Este conocimiento se viene desarrollando en la región Caribe, buscando un valor de oportunidad sumado a las condiciones para su elaboración y aprovechando las ventajas que se brindan para realizar este tipo de prácticas.

La principal necesidad de conservar forrajes es el hecho de poder suministrar alimento en aquellos meses en los que el crecimiento de los pastos es limitado debido a las estaciones del año. De esta manera, se puede proveer la misma cantidad de alimento durante todo el año y, a la vez, mantener los nutrientes en el forraje conservado (Torres, 2020).

La planta de maíz presenta diferencias en su composición, dependiendo de su estado de desarrollo y de las partes que componen la ración que se ofrece al animal. En la tabla 1 se observan las diferencias en proteína, fibras (FDN y FDA), lignina y porcentajes de composición de la planta. Para este estudio, se utilizó la misma materia prima con variación en la mazorca, lo que puede afectar la digestibilidad.

Tabla 1. Composición bromatológica de la planta de maíz

Como porcentaje de materia seca					
	PC	DIVMS	FDN	FDA	Porcentaje de la planta
Ensilaje Caquetá	6,8	68,15	61,58	32,94	100
Tallos, 100 días	4,64	49,04	64,10	44,20	31,99
Hojas, 100 días	12,34	63,29	62,06	40,42	43,52
Planta completa, 100 días	8,75	64,55	60,72	38,08	100

Fuente: elaboración propia a partir de Bernal (1991).

En ese sentido, se plantea la hipótesis de que, al ensilar forraje de maíz sin mazorca y suplementarlo con una mayor adición de melaza, se podría suplir la pérdida de vender la mazorca. Por consiguiente, se busca conocer cuál es la calidad nutricional del ensilaje de maíz cuando se procesa con diferentes porcentajes de melaza. Asimismo, al cuantificar el rendimiento de biomasa (kg MS/ha) con y sin mazorca del cultivo evaluado, se busca determinar las características organolépticas en términos de color, olor, sabor y presencia de hongos del forraje ensilado. Por último, se busca valorar la calidad nutricional (MS, PC, FDN, FDA y DIVMS), antes y después de ensilar la planta, para evaluar con un análisis económico la viabilidad de venderla y su costo de oportunidad.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la región Caribe de Colombia, en el departamento del Atlántico, municipio de Galapa, vereda La 300. Allí se ubica la finca Miraflores, a una altitud de 83 msnm, con una temperatura promedio de 28 °C, una humedad de 88 %,

suelos franco arcillosos y una pluviosidad de 800 a 1000 ml/año, según la información del cuaderno de campo de la finca.

El proceso de siembra en el lote se realizó el 23 de abril del 2023. La densidad de siembra utilizada fue de 0,9 m entre surcos y se utilizó el método de siembra a chorrillo con semillas de maíz ICAV-508, esperando obtener por lo menos 10 plantas por metro lineal. La edad del cultivo en el momento de la cosecha fue de 166 días. El cultivo se cosechó por medio de una cosechadora de maíz de 1 surco.

Para el ensilaje, se utilizaron bolsas de calibre 6 de 60 cm de ancho por 80 cm de largo, donde se almacenaron dosis de 40 kg de forraje picado, como se observa en la figura 3. Además, se apisonó cada 20 cm y se retiró el aire mediante una aspiradora casera.

Figura 3. Ensilaje en bolsa



Fuente: elaboración propia.

El tamaño del picado fue de máximo 3 cm de largo, en pica pasto, como se observa en la figura 4. Adicionalmente, cada 10 a 15 cm se aplicó cada tratamiento de melaza para que quedara homogéneo dentro del silo.

Figura 4. Picado y llenado del silo de maíz



Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los costos asociados al cultivo, los costos de preparación del terreno, siembra y mantenimiento del cultivo de maíz en el lote se resumen en la tabla 2. Estos gastos corresponden a la totalidad del lote, que tiene un área de 3,2 ha.

Tabla 2. Costos del cultivo de maíz por hectárea

	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Cinzel vibratorio (horas)	17	\$48 000	\$816 000
Gallinaza (ton)	1	\$600 000	\$600 000
Rastrillo (horas)	20	\$48 000	\$960 000
Arado vertedera (horas)	17	\$48 000	\$816 000
Cal dolomita (bulto)	10	\$29 500	\$295 000
Surcadora (horas)	4	\$48 000	\$192 000
Semilla (kilos)	200	\$3500	\$700 000
Urea (bulto)	5	\$108 000	\$540 000
0-46-0 (bulto)	8	\$137 800	\$1 102 400
Jornales siembra	5	\$36 000	\$180 000
Dual (litros)	4,5	\$76 942	\$346 239
Matababosa (litros)	7	\$23 443	\$164 101
Riego (horas)	2	\$112 000	\$224 000
Surcadora aporque (horas)	7,5	\$48 000	\$360 000
Urea (bulto)	5	\$108 000	\$540 000
Nitrato de potasio (bulto)	5	\$158 000	\$790 000
Curacron (litros)	3	\$168 723	\$506 169
Jornales aporque	28	\$36 000	\$1 008 000
Costo total (3,2 ha)			\$10 139 909
Costo por metro cuadrado			\$316,87

Fuente: elaboración propia.

Para determinar los costos de la cosecha, se tiene en cuenta la cantidad que se puede cosechar en un jornal de trabajo y los materiales, como bolsas y melaza. En la tabla 3 se observan los costos correspondientes al estudio.

Tabla 3. Costos de la cosecha de maíz

	Cantidad	Valor unitario	Producido por kilo	Valor total por kilo
Jornal	1	\$40 000	1000	\$40
Bolsa	1	\$600	40	\$15
Melaza	1	\$30 000	500	\$60
Sacos	1	\$1000	50	\$20
Costo total por kilo				\$135

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 4 se observan los costos totales tanto de la siembra como de la cosecha del cultivo. Para poder determinar el mejor tratamiento, se determinó el costo por kilogramo, a fin de poder unificar las distintas variables a medir en el estudio, unificar criterios y mostrar los resultados de una manera más clara a los campesinos de la región.

Tabla 4. Costos totales de siembra y de cosecha del cultivo

	Aforo kg/m²	Producción por m²	Producción por kg	Precio por kg
Costo de siembra	6	\$316		\$52,66
Costo de cosecha			\$135	\$135
Costo total				\$187,66

Fuente: elaboración propia.

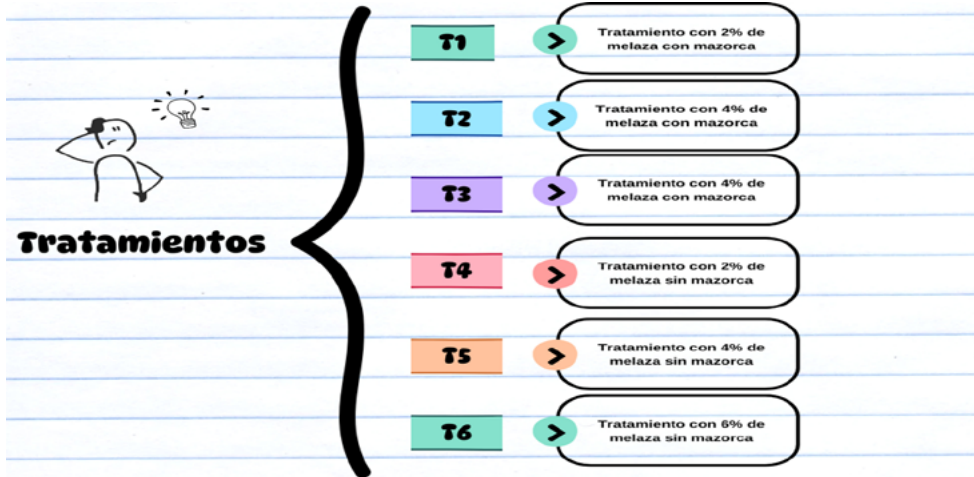
Medición de variables nutricionales

Se realizó un estudio bromatológico para evaluar la calidad nutricional (MS, PC, FDN y FDA) según el método de Van Soest adaptado por el Laboratorio de Nutrición Animal de Corpoica Tibaitatá. Esto se hizo en busca de una estandarización del método analítico de Van Soest para el análisis bromatológico de concentrados para consumo bovino bajo las condiciones del laboratorio (Gutiérrez y Rodríguez, 2017).

Enfoque y diseño experimental

El enfoque de la investigación es cuantitativo. Se empleó un arreglo factorial de 2x3 para los 6 tratamientos, como se observa en la figura 5. Cada tratamiento se realizó en una bolsa individual y tuvo 3 repeticiones en bolsas independientes.

Figura 5. Tratamientos empleados en el estudio



Fuente: elaboración propia.

Las variables cuantitativas se analizaron mediante estadísticas descriptivas: promedios y desviaciones. Para esto, se usaron pruebas de comparación en el *software* de análisis estadístico SAS, desarrollado por SAS Institute en la Universidad Estatal de Carolina del Norte. El modelo empleado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_j + B_k + C_l + (AB)_{jk} + (AC)_{jl} + (BC)_{kl} + (ABC)_{jkl} + E_{ijkl}$$

Y_{ijkl} : valor observado de la variable dependiente (respuesta) para la combinación de niveles i, j, k, l de los factores

μ : media general

A_j : efecto del nivel J -ésimo de A

B_k : efecto del nivel K -ésimo de B

C_l : efecto del nivel L -ésimo de C

E_{ijkl} : error aleatorio

Resultados

Según Mónaco et al. (2015), para aplicar esta metodología al inicio del muestreo, se recorre el área completa a estudiar, definiendo condiciones dentro de la totalidad del sitio de muestreo. Se determinaron zonas con volúmenes máximos, mínimos e intermedios de forrajimasa mediante aforos, usando marcos de 1 metro cuadrado. Se hizo un transepto en x, adentrándose 10 metros al interior del cultivo en cada esquina para, así, tomar muestras que se consideraron representativas (de 8 a 10 marcos/ha). Estas se colectaron a una altura de 10 cm del suelo y se obtuvo un rendimiento promedio de 6000 g de forraje verde/m² (60 ton/ha). Se estimó una densidad de siembra de 8 plantas/m² a partir de una distancia de 25 cm entre plantas y de 90 cm entre surcos, en los que se cosecharon 6100,15 ton.

El momento indicado para ensilar es cuando está en etapa de grano a 2/3 de masa y 1/3 de leche, o cuando el contenido de humedad de la planta es del 70 %, lo cual se presenta entre 110 y 130 días después de la siembra según el ciclo vegetativo de la variedad utilizada (precoz, intermedia o tardía). La realización del corte para ensilar antes o después de esta etapa genera problemas durante el ensilado, ya que disminuye la calidad del silo. De hecho, actualmente, existe maíz molido al que se le adicionan nutrientes para la alimentación integral del ganado (Izquierdo Bonilla, 2012).

En la tabla 5 se presentan los resultados del aforo para el lote de 3,2 ha, donde su producción promedio es de 7650 gramos. El tallo tiene la mayor proporción con el 57 %, seguido por la mazorca con el 25 % y las hojas con el 17 %.

Tabla 5. Resultados del aforo

Número de marcos	Número de plantas/m2	PV mazorca g/m2	PV tallo g/m2	PV hoja g/m2	PV total g/m2
1	6	2900	7400	1400	11 700
2	3	4000	7250	800	12 050
3	9	1200	1200	1350	3750
4	5	3500	7200	1400	12 100
5	7	1400	1450	1100	3950
6	13	950	1800	1750	4500
7	11	1000	6550	1450	9000
8	12	850	1500	1000	3350
9	5	2600	8500	1150	12 250
10	10	1000	950	1900	3850
Promedio	8	1940	4380	1330	7650
Porcentaje		25,4	57,3	17,4	100

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 6 se presentan los resultados bromatológicos del estudio. Al correr las variables, el sistema muestra los siguientes resultados significativos. Para la materia seca (MS), se observa una tendencia al aumento cuando disminuyen los porcentajes de melaza, lo que indica una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de inclusión de melaza y la materia seca; en cambio, no se observa alguna variación o influencia con o sin mazorca dentro del cultivo. Para la proteína cruda (PC), se observa una diferencia entre los ensilajes con y sin mazorca: con mazorca, los valores son mayores y, entre más melaza hay en el silo, menor cantidad de proteína hay dentro de este. Para la fibra detergente neutra (FDN), se encuentran valores mayores en los tratamientos sin mazorca y estos valores tienden a aumentar cuando aumentan los porcentajes de inclusión de melaza. Para la fibra detergente ácida (FDA), se encuentran valores mayores en los tratamientos sin mazorca y estos valores tienden a aumentar cuando aumentan los porcentajes de inclusión de melaza. Para la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), se encuentran valores mayores en los tratamientos con mazorca y estos valores tienden a disminuir cuando aumentan los porcentajes de inclusión de melaza.

Tabla 6. Resultados de análisis bromatológico

Tratamientos		Como porcentaje de materia seca				
Concepto	Melaza	MS	PC	FDN	FDA	DIVMS
Con mazorca	T1: 2 %	22,51	9,61	50,33	27,92	74,62
	T2: 4 %	20,27	8,43	52,66	28,34	73,24
	T3: 6 %	19,24	7,42	54,06	29,55	71,35
Sin mazorca	T4: 2 %	22,26	6,27	57,66	31,92	69,53
	T5: 4 %	21,02	5,17	58,12	32,44	67,75
	T6: 6 %	19,34	4,64	60,03	35,43	62,55

Fuente: elaboración propia.

Los costos se clasifican en directos e indirectos. Se analizaron los costos de producción, entendidos como aquellos que representan todos los gastos incurridos o pendientes hasta que el producto esté listo para la finalidad a la que se destina. En este caso, los costos de producción del cultivo engloban los precios que se deben pagar por los insumos y la mano de obra. Para el presente diagnóstico, no se consideraron los costos de inversión, ya que las actividades estaban en operación y los activos requeridos ya formaban parte de las acciones. Cabe mencionar que fue preciso analizar los costos unitarios de los productos, dado que es común que, en las ferias agrícolas, los precios se establezcan en unidades para su venta como se observa en la tabla 7 (Arce Quesada, 2020).

Tabla 7. Utilidades de los tratamientos (miles por m²)

	PV mazorca	PV tallo + hoja	PV total
Porcentaje	25,40 %	74,60 %	100 %
Producción por kg/m²	1,94	5,71	7,65
Gasto por metro cuadrado	\$316,87	\$317	\$317
Precio de venta por kilo	\$1544	\$1000	\$1000
Precio de venta por kg/m²	\$2996	\$5,710	\$7650
Precio por tratamiento		\$8,706	\$7650
Utilidad		\$8,389	\$7,333

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con Celi Carrión et al. (2023), el costo total de la producción está constituido por la suma de los costos de siembra y las labores culturales y de cosecha; mientras que el ingreso total está dado por el precio del mercado del cultivo y el rendimiento del cultivo.

Costo total: $CT = Px \cdot x$

Ingreso total: $IT = Py \cdot y$

Beneficio o utilidad: $IT - CT$

Margen de utilidad: $\text{beneficio o utilidad} \cdot 100$

Ingreso total

Conclusiones

En conclusión, se puede afirmar que las diferencias entre materia seca (MS) son de 3 % aproximadamente y que se obtuvo un mayor porcentaje en los tratamientos con menor inclusión de melaza. Esto confirma que, a mayor porcentaje de inclusión de melaza, se obtiene un menor valor de MS. Sin embargo, se podría explorar la posibilidad de reducir la concentración de melaza.

En cuanto a la proteína, se observa una mayor cantidad de esta en los tratamientos con mazorca que sin esta, aunque la diferencia entre tratamientos no es tan grande, pues no supera el 3 %, como era de esperarse. Los tratamientos con mayor inclusión de melaza tienen un menor porcentaje de proteína. Esto demuestra que, al no tener mazorca, no implica que no contenga un nivel de proteína aceptable para el consumo bovino.

En las fibras, los tratamientos con mazorca tienen una mejor calidad que aquellos sin esta, aunque la diferencia no es tan grande para que pueda afectar sustancialmente una decisión. Se observa un aumento de fibra en los tratamientos con mayor inclusión

de melaza y en los tratamientos sin mazorca, aunque no es tan significativo como para pensar en vender la mazorca y obtener un mejor resultado económico para los productores, una práctica cultural desarrollada en Colombia.

Recomendaciones

En el estudio se identificó que es más rentable vender la mazorca y con el costo de oportunidad del cultivo pensar en comprar otra fuente que suplemente la dieta animal, o simplemente tener un ensilaje a más bajo costo para el ganado, sobre todo en épocas críticas del clima, la mayor limitante del campo asociada al cambio climático.

En ese sentido, se debería explorar la posibilidad de vender la mazorca en el ensilaje de maíz para obtener un costo de oportunidad y reducir los gastos de producción de ensilaje para consumo bovino, así como considerar suplementar la proteína de la dieta animal con las ganancias de la venta de mazorca. En países como Colombia, el consumo de mazorca verde es abundante y el mercado para este tipo de producto es amplio, lo que ayudaría a reducir los costos de producción, siendo una alternativa viable para implementar en la región Caribe.

Referencias

- Arce Quesada, S. E. (2020). Análisis comparativo de precios y costos de producción de hortalizas cultivadas de manera orgánica y convencional. *Agronomía Costarricense*, 44(2), 81-108. <https://doi.org/10.15517/rac.v44i2.43091>
- Bernal, J. (1991). *Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo* (2.^a ed.). Banco Ganadero.
- Celi Carrión, F., Pineda Arévalo, D. y Cobos Suárez, C. N. (2023). Relación costo – beneficio de la producción de maíz duro de los cantones Celica, Pindal y Zapotillo, provincia de Loja. *Opuntia Brava*, 15(4), 231-241. <https://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/view/1983>
- Govaerts, B., Vega, D., Chávez, X., Narro, L., San Vicente, F. M., Palacios, N., Pérez, M., González, G., Ortega, P., Carvajal, A., Arcos, A. L., Bolaños, J., Romero, N., Bolaños, J., Vanegas, Y. F., Echeverría, R., Jarvis, A., Jiménez, D., Ramírez-Villegas, J., ... Aguilar, D. (2019). *Maíz para Colombia. Visión 2030*. CIAT / CIMMYT. <https://fenalce.co/wp-content/uploads/2021/10/Maiz-para-Colombia.pdf>
- Grande Tovar, C. D. y Orozco Colonia, B. S. (2013). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Revista Guillermo de Ockham*, 11(1), 97-110. <https://doi.org/10.21500/22563202.604>

- Gutiérrez Cruz, D. L. y Rodríguez Walteros, Y. A. (2017). *Estandarización de análisis bromatológico de concentrado para bovinos por el método de Van Soest* [trabajo de grado, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano]. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/2679>
- Izquierdo Bonilla, R. A. (2012). *Evaluación del cultivo de maíz (Zea mays), como complemento a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento. Cayambe-Ecuador* [tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1832/1/UPS-YT00102.pdf>
- Ministerio de Agricultura, (2017), Agronet, <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). *Boletín Evaluaciones Agropecuarias Municipales 2019-2021*. https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva_2019.aspx
- Mónaco, N., Rosa, M. J., Santa, V., Autrán, V. y Heguiabehere, A. (2015). Utilización de estimadores para determinación de biomasa a campo. *European Scientific Journal*, 11(33), 296-310. <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/6653>
- Torres Posadas, J. H. (2020). *Comparación de tres tipos de ensilaje (maíz, sorgo, y caña de azúcar) en la producción de leche: Revisión de literatura* [trabajo de grado, Escuela Agrícola Panamericana]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/5940d5b8-7722-4a5e-af12-c9930785df3d/content>