

Artículo Original. Septiembre-Diciembre2016; 6(3):13-23. Recibido: 01/08/2016. Aceptado: 06/10/2016.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2016.63.1>

Cutting age on chemical composition of silages from white corn hybrid asgrow 7573

Edad de corte en la composición química del ensilado de maíz blanco asgrow- 7573

Jiménez-Leyva Diego diegojiml@hotmail.com, **Romo-Rubio Javier** romo60@uas.edu.mx,
Flores-Aguirre Leopoldo lflores@uas.edu.mx, **Ortiz-López Briceida** brithy18@hotmail.com,
Barajas-Cruz Rubén* rubar@uas.edu.mx

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa; Boulevard San Ángel s/n, Colonia San Benito, Culiacán, Sinaloa, México, CP 80246. *Autor responsable y de correspondencia rubar@uas.edu.mx

RESUMEN

Para determinar la influencia de la edad al corte en la composición química del ensilado de maíz blanco, se sembraron 36 parcelas (cuatro surcos; 8 m) con el híbrido de maíz blanco Asgrow-7573. En un diseño en bloques completos (DBCA) al azar con cuatro repeticiones, fueron asignadas a nueve fechas de corte: 103, 107, 111, 115, 119, 123, 127, 131 y 135 días a partir de la siembra. La planta se cortó 12 cm del suelo y fue picada a 3 cm; se prepararon mini-silos (5 kg) en bolsa de plástico y se les extrajo el aire. Los silos se abrieron después de 45 días y se les determinó materia seca, cenizas, proteína cruda, FDN, FDA y pH. A los resultados se les aplicó ANDEVA para un DBCA y análisis por polinomios. La materia seca del forraje verde y del ensilado, así como el pH aumentaron de manera lineal ($P < 0.00001$) a como se incrementó la edad al corte. La proteína cruda fue mayor ($P < 0.05$) en las primeras fechas. FDN y FDA mostraron un comportamiento cuadrático ($P < 0.00001$). Se concluye que el corte entre los días 123 y 127 favorece la composición química del ensilado de maíz blanco.

Palabras clave: Maíz, materia seca, ensilado, edad al corte, pH

ABSTRACT

To determine the influence of cutting age on the chemical composition of white corn silage, 36 plots were planted (four rows; 8 m) with the white corn hybrid Asgrow-7573. In completely randomized block design, with four replications assigned to nine cutting ages: 103, 107, 111, 115, 119, 123, 127, 131, and 135 days from seeding date. Plants were cut 12 cm over ground, and chopped to 3 cm size; mini-silages (5 kg) were prepared in plastic bags, and the air was extracted. The silages were open after 45 days, and dry matter, ashes, crude protein NDF, ADF and pH were determined. Results were analyzed by ANOVA for a completely randomized block design and polynomial analyses were performed. The dry matter (from fresh forage and silage) as pH ($P < 0.00001$) when cutting age increased. Crude protein was higher ($P < 0.05$) during early cutting ages. NDF and ADF showed a quadratic response ($P < 0.00001$). It is concluded that cutting age from 123 to 127 days improves chemical composition of white corn silage.

Keywords: corn, dry matter, silage, cutting age, pH.

INTRODUCCIÓN

En México se siembran una gran diversidad de cultivares de maíz, dentro de éstas las de color blanco son las que mayor presencia tienen (SAGARPA., 2016). Los diferentes genotipos se cultivan más por su rendimiento, que por su calidad nutritiva (Nuñez *et al.*, 2003). El Estado de Sinaloa es el mayor productor de maíz blanco en México, con una superficie de 512,204.56 ha, destinadas al cultivo; y una producción anual de 3'923,017.08 ton de grano (SAGARPA., 2013). Aunque el propósito principal de la siembra es la producción de grano, una cantidad no determinada se destina a la elaboración de ensilados para la alimentación de los bovinos; cuando el propósito es destinar el maíz para la elaboración de ensilados. El cultivo elegido más frecuentemente es el híbrido Asgrow 7573.

En Estados Unidos y otros países en los que se cultivan variedades de maíz amarillo, la recomendación para el momento del corte es determinada por el avance de la línea de leche en el grano (Bal *et al.*, 1997); sin embargo, en México debido a la dificultad para apreciar la línea de leche en los maíces blancos, tradicionalmente el maíz destinado al ensilaje, se corta cuando el grano se encuentra en estado de lechoso-masoso a masoso (González *et al.*, 2006). La decisión del momento o edad al corte del maíz para ensilar es de gran importancia, debido a que tiene implicaciones en la composición química de la planta y del ensilado que se obtiene de ella (Bal *et al.*, 1997); que eventualmente pueden inducir cambios en el valor nutricional para los rumiantes que los consumen (Bal *et al.*, 1997; Arriola *et al.*, 2012).

Varios autores señalan que el concepto línea de leche es un criterio ambiguo (Filya 2004; Ferraretto *et al.*, 2012), lo mismo se puede aplicar al estado lechoso masoso; por lo que se recomienda un criterio más objetivo, como el contenido de materia seca de la planta (Filya, 2004). Debido a que el contenido de materia seca de la planta de maíz se relaciona con su edad a partir de la siembra (Islam *et al.*, 2012); es de gran interés explorar la relación de la edad al corte, con el contenido de materia seca y composición químico-nutricional del maíz blanco para ensilar.

Este trabajo se llevó a cabo con el objetivo de determinar la influencia de la edad al corte en el contenido de materia seca y composición química del ensilado de un híbrido de maíz blanco.

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La investigación de campo se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, ubicada en 24° 37' 33" N y 107° 26' 22" O, 21 msnm; con un clima seco y semi-seco, con temperatura media anual de 25°C, y una precipitación media de 790 mm (INEGI, 2013).

Los análisis de la composición química del forraje y los ensilados se llevaron a cabo en los laboratorios de Investigación en Nutrición y Producción Animal y en el laboratorio de alimentos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, en Culiacán, Sinaloa.

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó una superficie de 1600 m², en la que se sembró el híbrido de maíz blanco Asgrow 7573; se aplicó una dosis de siembra de 80,000 a 100,000 semillas ha⁻¹ (Núñez *et al.*, 2010), con una distancia de 0.80 m entre surcos. La fertilización (N, P y K) se proporcionó con la fórmula de 350-00-00 unidades ha⁻¹ respectivamente, los riegos de auxilio se realizaron a los 45, 72 y 91 días pos siembra (INIFAP, 2010).

El terreno sembrado se dividió en 36 parcelas experimentales, las que estuvieron formadas por cuatro surcos con 8 m de longitud; cada una de ellas constituyó la unidad experimental. Con base en un diseño en bloques completos al azar (Steel y Torrie, 1988) con cuatro repeticiones, con el uso de tablas de números aleatorios y en base a la fenología de la planta. Las unidades experimentales fueron asignadas a una de nueve fechas de corte en que consistieron los tratamientos: 103, 107, 111, 115, 119, 123, 127, 131 y 135 días a partir de la fecha de siembra. Dentro de cada unidad experimental, se descartaron los dos surcos de la parte externa, así como 1 m en cada uno de los extremos de los dos surcos centrales; por lo que la muestra de cada unidad experimental provino de una sección interna de 6 m de cada uno de los dos surcos centrales (Núñez, 2010). En cada una de las fechas señaladas se cortó el total del material de la planta, a partir de una altura de tallo de 12 cm en relación al suelo (Kennington *et al.*, 2005). El corte se realizó con machete y el material fue picado con una máquina trituradora de ramas (Craftsman®), a un tamaño promedio de 3 cm en la longitud de las partículas; similar al que producen la mayoría de los equipos utilizados por los productores de la región para la fabricación de ensilados, así como el reportado por otros autores (Bal *et al.*, 1997).

Fabricación de los mini-silos

De cada unidad experimental se tomaron dos muestras del material verde picado: una de 1 kg para la determinación de materia seca total (105 °C por 24 h) y otra de 5.0 kg destinada a la fabricación de los mini-silos; esta última fue depositada en una bolsa de plástico negro, posteriormente se extrajo totalmente el aire con el uso de una aspiradora; considerando que el vacío aplicado en los mini-silos fue similar entre ellos; se asume que la densidad también lo fue. Finalmente se introdujo en una cubeta de plástico con tapa de cierre hermético, los mini-silos se mantuvieron cerrados durante 45 días, hasta antes de su apertura para realizar las determinaciones de composición química.

Composición química de los ensilados

Al momento de abrir los mini-silos, se tomaron muestras de 250 g, que fueron prensadas para extraer los jugos y en ese líquido se midió el pH con un potenciómetro portátil (Hanna® H198130; Hanna Instruments, Italy); posteriormente se obtuvo una muestra la cual se secó a 60 °C por 72 h, después se molieron en un molino Wiley con malla de 2 mm para realizar los siguientes análisis de laboratorio: cenizas, cenizas insolubles en ácido (CIA), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) (AOAC, 1990), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), (Van Soest et al., 1991) utilizando un equipo Ankom 2000.

Análisis estadístico

A los resultados del contenido de materia seca, se les aplicó análisis de varianza para un diseño de bloques completos al azar (Steel y Torrie, 1988). El comportamiento lineal o cuadrático del contenido de materia seca en relación a la edad al corte fue probado por polinomios, y la correlación entre edad al corte y contenido de materia seca de la planta de maíz fue explorada por regresión lineal simple (Steel y Torrie, 1988). El modelo matemático fue: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$. Todos los cálculos estadísticos fueron desarrollados con la versión 9 del paquete computacional Statistix® (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la influencia de la edad al corte a partir de la siembra en el contenido de materia seca del forraje verde, así como en la materia seca, fracciones químico nutritivas y pH del ensilado del híbrido de maíz blanco A7573 se presentan en el Cuadro 1.

Forraje verde. El contenido de materia seca del forraje verde del maíz blanco al momento del corte aumentó de manera lineal ($P < 0.00001$) a medida que se incrementó la edad al corte, desde valores de 22.3% al día 103, hasta 49.8% a los 135 días. El comportamiento lineal fue descrito por la ecuación: MS, % = 65.111 + (0.8336 x días al corte); ($P < 0.00001$; R^2 ajustada = 0.86;). El contenido de materia seca de 34% que alcanzó el maíz para ensilar a los 123 días, es considerado por varios autores como el apropiado para este propósito (NRC, 2001; Filya, 2004); lo que sugiere que para este híbrido es de recomendarse su corte en edades cercanas a los 123 días, cuando se pretenda utilizar en la elaboración de ensilados.

Ensilado. El contenido de materia seca del ensilado aumentó ($P < 0.01$) desde 22% en el día 103, a 45.9% el día 135; dicho incremento fue lineal ($P < 0.00001$; R^2 ajustada = 0.55) de manera similar a lo que se apreció en el forraje verde. La materia seca de los ensilados de entre 26.6 y 37.1% observado entre los días 123 y 131, se ubican en el rango propuesto como aceptable para un buen ensilado (NRC, 2001; Filya, 2004). Varios

autores han encontrado contenidos de MS similares en ensilados elaborados con variedades de maíz amarillo (Arriola *et al.*, 2012; Islam *et al.*, 2012; Rezaei *et al.*, 2015). En la publicación de NASEM (2016) se establece en 29.33% el contenido de materia seca del ensilado de maíz, el que sería intermedio entre los encontrados entre los días 123 y 127 en el presente experimento.

Materia orgánica. A diferencia de lo observado con la MS, el contenido de materia orgánica no mostró un comportamiento de tipo logarítmico ($P < 0.0001$; R^2 ajustada = 0.60), en el que se apreció un incremento constante del día 103 (92.9%), al 115 (95.1%), en el que alcanzó su valor más alto ($P < 0.05$); manteniendo un contenido más o menos estable hasta los 135 días, medidos en el actual experimento con un valor de 94.3%. Estos resultados indican una disminución en la composición mineral de la planta, a medida que está en fase de crecimiento rápido, hasta estabilizarse alrededor de los 115 días después de la siembra; Filya (2004), encontró una disminución en el contenido de cenizas en ensilado de maíz amarillo, a medida que se incrementó el contenido de materia seca desde 21 a 42%; valores que oscilan entre 94 y 95% de MO, se han observado de manera frecuente en ensilados preparados con distintas variedades de maíz amarillo (Alvarenga *et al.*, 2011; Duniere *et al.*, 2015; Robinson *et al.*, 2016; Su-jiang *et al.*, 2016).

Proteína cruda. El contenido de proteína cruda fue más alto ($P < 0.05$) en los ensilados cortados a edades más tempranas, en relación a los procesados en edades superiores a los 127 días. La disminución en el contenido de PC del ensilado en la medida que aumenta la MS, fue reportado previamente por Islam *et al.* (2012); sin embargo, la disminución en el contenido de PC del ensilado de maíz blanco, más que ser un proceso lineal, mostró un comportamiento exponencial ($P < 0.0001$; $R^2 = 0.42$, en el que se aprecia una etapa de descenso rápido en las edades más tempranas (103 a 111 días); que se modera hasta casi mantenerse constante entre los días 119 a 135.

Sí bien el valor de 6.1% de PC encontrado en el ensilado de la actual investigación a los 123 días, parece bajo en relación al de 8% sugerido por algunas publicaciones (NRC, 2001), está en congruencia con valores de entre 6.5 y 5.2% de PC encontrado por una serie de autores en variedades de maíz amarillo (Abdelhadi y Santini, 2006; Alvarenga *et al.*, 2011; Islam *et al.*, 2012). El híbrido de maíz blanco A7573 utilizado en el actual experimento, es considerado como una variedad de alto rendimiento, y de manera general el contenido de PC del maíz disminuye a medida que se incrementa su rendimiento (Islam *et al.*, 2012).

Cuadro 1. Influencia de la edad al corte del híbrido de maíz blanco Asgrow 7573 en el contenido de materia seca del forraje verde y del ensilado, así como en la composición química del ensilado.

Variables	Edad al corte, días pos siembra									EE ¹	Valor de <i>P</i>
	103	107	111	115	119	123	127	131	135		
Materia seca, %											
Forraje verde	22.3 ^f	26.2 ^e	29.5 ^d	28.7 ^{de}	27.8 ^{de}	34.0 ^c	43.4 ^b	45.2 ^b	49.8 ^a	1.040	<0.01
Ensilado	22.0 ^d	22.7 ^{cd}	26.0 ^{cd}	26.0 ^{cd}	25.0 ^{cd}	26.6 ^c	36.1 ^b	37.1 ^b	45.9 ^a	1.329	<0.01
Ensilado:											
MO ² , %	92.9 ^c	93.6 ^{bc}	93.9 ^{bc}	95.1 ^a	93.9 ^{bc}	94.6 ^{ab}	94.6 ^{ab}	94.5 ^{ab}	94.3 ^{ab}	0.153	0.05
PC ³ , %	8.0 ^a	7.1 ^{ab}	6.8 ^{abc}	6.8 ^{abc}	6.5 ^{bcd}	6.1 ^{bcd}	5.7 ^{cd}	5.6 ^{cd}	5.5 ^d	0.438	0.05
FDN ⁴ , %	66.6 ^a	60.9 ^b	51.8 ^{cd}	51.6 ^{cd}	52.1 ^{cd}	48.1 ^d	52.5 ^{cd}	49.7 ^d	56.0 ^{bc}	0.789	<0.01
FDA ⁵ , %	35.3 ^a	31.3 ^b	26.9 ^c	26.5 ^{cd}	26.9 ^c	23.2 ^{de}	26.1 ^{cde}	23.0 ^e	27.3 ^c	0.521	<0.01
Cenizas, %	7.1 ^a	6.5 ^{ab}	6.1 ^{abc}	4.9 ^c	6.1 ^{abc}	5.4 ^{bc}	5.4 ^{bc}	5.5 ^{bc}	5.8 ^{bc}	0.387	0.03
CIA ⁶ , %	2.6 ^{ab}	1.9 ^{abc}	2.5 ^{abc}	2.0 ^{abc}	2.2 ^{abc}	1.7 ^c	1.8 ^{bc}	1.9 ^{abc}	2.7 ^a	0.101	0.05
pH	3.8 ^{bcd}	3.7 ^{cd}	3.6 ^d	3.9 ^{bcd}	3.9 ^{bcd}	4.1 ^{ab}	4.0 ^{abc}	4.3 ^a	4.1 ^{ab}	0.038	<0.01

¹Error estándar de La media; ²MO = Materia orgánica; ³PC = Proteína cruda; ⁴FDN = Fibra insoluble en detergente neutro; ⁵FDA = Fibra insoluble en detergen ácido; ⁶CIA = Cenizas insolubles en ácido.

a, b, c, d, e Literales distintas en un mismo renglón indican diferencia estadística al nivel de alfa declarado en la columna Valor de *P*.

Fibra detergente neutro. Los valores de FDN disminuyeron desde 66.6% hasta 48.1% durante los 103 a 123 días de crecimiento, para después aumentar hasta 56% a los 135 días de crecimiento; esta disminución en el contenido, es debido al mayor contenido de grano en la planta entera al avanzar su madurez (Bal *et al.*, 1997); valores similares a este estudio fueron encontrados por Miron *et al.* (2007), Islam *et al.* (2012), así como Rezaei *et al.* (2015). Los valores de FDN mostraron un comportamiento cuadrático descrito por la ecuación: $FDN = 695.47 - [10.527 * \text{días}] + [0.0429 * \text{días}^2]$; ($P < 0.00001$; R^2 ajustada = 0.61).

Fibra detergente ácido. El contenido de FDA presentó comportamiento similar al de FDN, donde disminuyó de 35.3% hasta 23.2% de los días 103 a 123 respectivamente, para posteriormente aumentar hasta 28.7% a los 135 días de edad; estos valores son

similares al rango de entre 29.04 a 31.5% encontrado por otros autores en ensilados de maíz amarillo (Abdelhadi y Santini, 2006; Albarenga *et al.*, 2011; Islam *et al.*, 2012); el comportamiento es descrito por la ecuación $FDA = 367.98 - [5.5048 \cdot \text{días}] + [0.0220 \cdot \text{días}^2]$; ($P < 0.00001$; R^2 ajustada = 0.58).

pH. Los valores de pH aumentaron a medida que la madurez de la planta se incrementó, desde un valor de 3.8 el día 123, hasta 4.1 el día 135. El pH del ensilado incrementó linealmente ($P < 0.00001$) a medida que aumentó la edad al corte; dicho comportamiento es descrito por la ecuación $pH = 1.9706 + (0.0165 \cdot \text{días al corte})$; ($P < 0.00001$; R^2 ajustada = 0.55). Los valores de pH del ensilado entre los días 123 y 135 de edad al corte, caen en el rango de pH entre 3.85 y 4.1; considerado como el adecuado para un ensilado de buena calidad (Bal *et al.*, 1997; Basso *et al.*, 2014).

De manera general, el corte de la planta antes de los 115 días, indujo un valor de pH menor ($P < 0.01$) que el de los ensilados provenientes de plantas que fueron cortadas a los 123 días. Los valores de pH menores en ensilado asociados con un alto contenido de humedad se han reportado previamente (Miron *et al.*, 2007; Helander *et al.*, 2015), y se explica por una alta disponibilidad de carbohidratos fácilmente solubles, los que son transformados en ácido láctico, acetato y trazas de etanol (Bal *et al.*, 1997; Miron *et al.*, 2007). Varios autores reportan valores similares a los encontrados en el presente estudio (Negri *et al.*, 2014; Zaralis *et al.*, 2014; Helander *et al.*, 2015).

Una disminución en los valores de pH, debido al ensilado de plantas tiernas con un menor contenido de MS (Alves *et al.*, 2011), implica una disminución superior al 5% en su contenido de energía metabolizable (NRC, 2001); en tanto que el utilizar plantas maduras para elaborar ensilados, también induce una disminución en el contenido de energía metabolizable del ensilado cercana a un 6% (NRC, 2001).

Los resultados sugieren que en el caso del híbrido de maíz blanco Asgrow 7573, una edad cercana a los 123 días, es apropiada para ser cortado cuando se destina a preparar ensilajes con él, y que el límite mayor permisible se ubica alrededor de los 127 días después de su siembra; por lo que de acuerdo a la composición químico-nutricional del ensilado, la edad al corte recomendable oscila entre los 123 y los 127 días. Si bien estos resultados son una primera aportación para ubicar las edades al corte para maíz blanco, los resultados son solamente aplicables para el híbrido utilizado en el actual experimento, dado que es necesario valorar la respuesta en otras variedades de maíz blanco, tanto de madurez temprana como tardía.

CONCLUSIÓN

Los resultados de la composición químico nutricional del ensilado del híbrido de maíz blanco Asgrow 7573; sugieren que la edad apropiada para el corte oscila entre los días 123 y 127 después de la siembra.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa por las facilidades prestadas para la realización del trabajo de campo. A Ganadera los Migueles S. A. de C.V. por la ayuda prestada a la realización del trabajo y al Ing. Agrónomo José Reyes Pellegrín, por la asesoría prestada durante el manejo del cultivo.

LITERATURA CITADA

ABDELHADI LO, Santini FJ. Corn silages vs. grain sorghum silage as a supplement to growing steers grazing high quality pastures: effects of performance and ruminal fermentation. *Animal Feed Science and Technology*. 2006; 127:33-43. doi:10.1016/j.anifeedsci.2005.08.010

ALVARENGA SS, Campos SVF, Detmann E, Ferreira RDV, Mendes JRR, Mello PA. Different forage sources for F1 Holstein×Gir dairy cows. *Livestock Science*. 2011; 142:48–58. doi:10.1016/j.livsci.2011.06.017

ALVES SP, Cabrita ARJ, Jeronimo E, Bessa RJB, Fonseca AJM. Effect of ensiling and silage additives on fatty acid composition of ryegrass and corn experimental silages. *Journal of Animal Science*. 2011. 89: 2537-2545. doi: 10.2527/jas.2010-3128

AOAC. Official Methods of Analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA. 1990. ISBN 0-935584-42-0

ARRIOLA KG, Kim SC, Huisden CM, Adesogan AT. Stay-green ranking and maturity of corn hybrids: 1. Effects on dry matter yield, nutritional value, fermentation characteristics, and aerobic stability of silage hybrids in Florida. *Journal Dairy Science*. 2012; 95: 964–974. doi: 10.3168/jds.2011-4524

BAL MA, Coors JG, Shaver RD. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *Journal Dairy Science*. 1997; 80:2497–2503. doi:[10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76202-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76202-7)

BASSO FC, Adesogan AT, Lara EC, Rabelo CHS, Berchielli TT, Teixeira IAMA, Siqueira GR, Reis RA. Effects of feeding corn silage inoculated with microbial additives on the ruminal fermentation, microbial protein yield, and growth performance of lambs. *Journal of Animal Science*. 2014; 92:5640–5650. doi:10.2527/jas2014-8258

DUNIERE L, Jin L, Smiley B, M. Qi, Rutherford W, Wang Y, McAllister T. Impact of adding *Saccharomyces* strains on fermentation, aerobic stability, nutritive value, and select lactobacilli populations in corn silage. *Journal of Animal Science*. 2015; 93:2322–2335. doi:[10.2527/jas.2014-8287](https://doi.org/10.2527/jas.2014-8287)

FERRARETTO LF, Crump PM, Shaver RD. Meta-analysis: Effect of corn silage harvest practices on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2013; 96:533–550. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5932>

FILYA I. Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. *Animal Feed Science and Technology*. 2004; 116:141–150. doi:10.1016/j.anifeedsci.2004.06.003

GONZÁLEZ FC, Peña AR, Núñez GH. Etapas de corte, producción y calidad forrajera de híbridos de maíz de diferente ciclo biológico. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 2006; 29(2):103–107. <http://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/29-2%20Especial%202/18a.pdf>

HELANDER C, Nørgaard P, Zaralis K, Martinsson K, Murphy M, Nadeau E. Effects of maize crop maturity at harvest and dietary inclusion rate of maize silage on feed intake and performance in lambs fed high-concentrate diets. *Livestock Science*. 2015; 178:52–60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2015.05.002>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía.). 2013. <http://www.inegi.org.mx/>. 30 de junio 2013.

ISLAM MR, Garcia SC, Horadagoda A. Effects of irrigation and rates and timing of nitrogen fertilizer on dry matter yield, proportions of plant fractions of maize and nutritive value and in vitro gas production characteristics of whole crop maize silage. *Animal Feed Science and Technology*. 2012; 172:125–135. doi:10.1016/j.anifeedsci.2011.11.013

KENNINGTON LR, Hunt CW, Szasz JI, Grove AV, Kezar W. Effect of cutting height and genetics on composition, intake, and digestibility of corn silage by beef heifers. *Journal of Animal Science*. 2005; 83:1445–1454. doi:10.2527/2005.8361445x

MIRON J, Zuckerman E, Adin G, Solomon R, Shoshani E, Nikbachat M, Yosef E, Zenou A, Weinberg ZG, Chen Y, Halachmi I, Ghedalia DB. Comparison of two forage sorghum varieties with corn and the effect of feeding their silages on eating behavior and lactation performance of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 2007; 139:23–39. doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.01.011

NEGRI M, Bacenetti J, Manfredini A, Lovarelli D, Fiala M, Maggiore TM, Bocchi S. Evaluation of methane production from maize silage by harvest of different plant portions. *Biomass and Bioenergy*. 2014; 67:339–346. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.05.016>

NASEM. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Eighth Revised Edition. The National Academies Press. Washington, D.C. 2016:312. ISBN 978-0-309-31702-3; doi: 10.17226/19014.

NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. The National Academy Press. Washington, D.C. 2001:13-21 y 284. ISBN 0-309-06997-1

NÚÑEZ HG, Contreras EFG, Contreras RF. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Téc. Pecu. Méx.* 2003; 41 (1): 37 - 48.

<http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/editorial/index.php/Pecuarias/article/viewFile/1332/1327>

NÚÑEZ HG, Payán JA G, Peña AR, González FC, Ruiz OB, Arzola CA. Caracterización agronómica y nutricional del forraje de variedades de especies anuales en la región norte de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.* 2010; 1(2):85–98.

<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v1n2/v1n2a1.pdf>

REZAEI J, Rouzbehan Y, Zahedifar M, Fazaeli H. Effects of dietary substitution of maize silage by amaranth silage on feed intake, digestibility, microbial nitrogen, blood parameters, milk production and nitrogen retention in lactating Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology.* 2015; 202:32–41.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.01.016>

ROBINSON PH, Swanepoel N, Heguy JM, Price T, Meyer DM. Shrink losses in commercially sized corn silage piles: quantifying total losses and where they occur. *Science of the Total Environment.* 2016; 542:530-539.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.090>

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), SIAP (Servicio de Informacional Agroalimentaria y Pesquera). 2013. <http://www.siap.gob.mx/>. 25 de junio 2013

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), 2016. <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/maiz-blanco-y-amarillo-alimentacion-e-industria?idiom=es>. 09 de septiembre 2016

STATISTIX 9. User's Manual. Analytical Software. 2007: 243-246, 287-289, y 296-314. ISBN 978-1-881789-07-9.

STEEL R, Torrie J. Bioestadística. Segunda edición. Mc Graw Hill. 1988:188-194. ISBN 968-451-495-6.

VAN SOEST PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*. 1991; 74(10):3583-3597.

doi: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

SU-JIANG Z, Chaudhry AS, Ramdani D, Osman A, Xue-feng G, Edwards GR, Cheng L. Chemical composition and *in vitro* fermentation characteristics of high sugar forage sorghum as an alternative to forage maize for silage making in Tarim Basin, China. *Journal of Integrative Agriculture*. 2016; 15(1):175–182.

doi: 10.1016/S2095-3119(14)60939-4

ZARALIS K, Nørgaard P, Helander C, Murphy M, Weisbjerg MR, Nadeau E. Effects of maize maturity at harvest and dietary proportion of maize silage on intake and performance of growing/finishing bulls. *Livestock Science*. 2014; 168:89–93.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2014.07.013>