

Caracterización del silaje de maíz de planta entera cosechado a diferentes alturas de corte y con dos aperturas del acondicionador de grano en condiciones de campo

Bernáldez, M. L., Cabanillas, M. A., Giménez, R., Luna Pinto, G., Salloum, S., Zenobi, M. y Boetto, G. C.

DOI: 10.31047/1668.298x.v41.n1.40883

RESUMEN

Un cultivo de maíz destinado a la confección de silaje de planta entera, se cosechó a dos alturas de corte (AC), 30 cm (AC30) y 55 cm (AC55) desde el suelo, y con dos aperturas de los rodillos (AR) del acondicionador de granos, 1 mm (AR1) y 3 mm (AR3). Se estimó la cantidad de materia seca por unidad de superficie (MS) del remanente y su porcentaje de materia seca (%MS) para las diferentes AC. Para los tratamientos AC*AR, definidos en un diseño bifactorial, se evaluó el índice de procesamiento del grano (IPG) del material a ensilar, y composición química y degradación ruminal *in situ* del almidón (DegA) de silajes confeccionados en microsilos. En AC55 el remanente tuvo mayor MS y una tendencia a presentar mayor %MS, y el material de los microsilos tuvo mayor %MS en relación a AC30. En la composición química de los microsilos, solo el contenido de fibra detergente neutro y de lignina en detergente ácido mostraron diferencias, los menores valores los presentó la combinación de AC55-AR3. Para IPG y para DegA, los tratamientos no fueron diferentes. El valor de IPG refleja un bajo nivel de procesamiento en las condiciones de campo en las que se trabajó.

Palabras clave: conservado, cosecha, remanente, procesamiento físico, almidón

Bernáldez, M. L., Cabanillas, M. A., Giménez, R., Luna Pinto, G., Salloum, S., Zenobi, M. and Boetto, G. C. (2024). Characterization of whole plant corn silage harvested at different cutting heights and with two openings of the grain conditioner in field conditions. *Agriscientia*, 41(1), 45-51.

ABSTRACT

Maize was harvested for whole plant silage at two cutting heights (CH) above the ground, 30cm (CH30) and 55 cm (CH55), and with two grain conditioner roller openings (RO), 1mm (RO1) and 3 mm (RO3). The amount of dry matter

of the remaining material (DM) and its dry matter percentage (%DM) at both CH was determined. In a bifactorial design, the CH*OR treatments were analyzed for their kernel processing scores (KPS) on the harvested material, and chemical composition and *in situ* ruminal degradation of starch (DegS) in micro-silage. Plots harvested at CH55 had a larger DM and showed a tendency to present higher %DM and higher %DM in the ensiled material compared to CH30. In the micro-silage, there were some differences in the contents of neutral detergent fiber and of lignin in acid detergent, for both variables the lowest value was presented by the combination CH55-RO3. Both the KPS of the ensiled material and DegS were similar among all treatments. The KPS value indicates minimal processing under the field conditions.

Keywords: preserved forage, harvesting, remainder, physical processing, starch

Bernáldez, M. L. (ORCID: 0009-0000-6496-6953), Cabanillas, M. A. (ORCID: 0009-0007-0856-8476), Giménez, R. (ORCID: 0009-0001-0205-4606), Luna Pinto, G. (ORCID: 0009-0001-8563-6168), Salloum, S. (ORCID: 0000-0002-8750-5655), Zenobi, M. (ORCID: 0000-0001-5683-132X), Boetto, G. C. (ORCID: 0009-0002-9559-9636): Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Nutrición Animal. Córdoba, Argentina.

Correspondencia a: maria.laura.bernaldez@unc.edu.ar

INTRODUCCIÓN

El silaje de maíz (*Zea mays*) de planta entera es un forraje conservado ampliamente utilizado en los sistemas de producción de ganado bovino. Este alimento puede contener entre 40 y 50 % de granos en la materia seca total ensilada; el resto de la materia seca es la fracción de la planta conformada por tallos, hojas, chala (hojas que cubren los granos en la mazorca) y marlo (mazorca sin los granos) usualmente denominada *stover*, por su significado en inglés. El grano y el *stover* se caracterizan por una marcada diferencia en la composición química (Li et al., 2012) y consecuentemente en su valor nutricional. El valor nutricional del silaje de maíz no solo se vincula con la proporción de grano en el silaje, sino también con la madurez del cultivo a la cosecha, la altura de corte y el procesado mecánico del forraje y del grano ensilado (Jhonson et al., 1999; Neylon y Kung, 2003; Salvati et al., 2020). El silaje también representa un importante aporte de fibra físicamente efectiva (Mertens, 1997; Ferraretto et al., 2018) en dietas que buscan asegurar la salud ruminal, sin afectar el consumo de MS y con el máximo aporte de energía posible (Zebeli et al., 2012).

La concentración energética del silaje está dada, principalmente, por el contenido de

almidón en los granos, el procesado del grano y la degradabilidad de la fibra estimada a través del contenido de Fibra Detergente Neutro indigestible (FDNi) (De León et al., 2018).

De la materia seca total del grano de maíz, un 70 % puede ser almidón ubicado en su endosperma (Huntington, 1997). La degradabilidad ruminal de ese almidón, así como la digestibilidad en el tracto digestivo total, está fuertemente relacionada al grado de fragmentación que hayan sufrido los granos. El picado del cultivo usando bajos tamaños teóricos de picado, vinculado a otras variables más del cultivo y de la cosecha, puede provocar la fragmentación o ruptura del grano, aunque lo ideal es lograr la fragmentación del grano sin disminuir el tamaño de partícula del *stover* en el forraje conservado. Esto sugiere la importancia de usar los acondicionadores de grano (Mertens, 2005). El uso de acondicionadores de granos durante el picado del cultivo rompe dos estructuras que protegen al almidón, el pericarpio y una densa matriz proteica en la que se encuentra embebido el almidón en forma de gránulos. De esta manera, el procesamiento disminuye el efecto de barrera a la acción de las enzimas microbianas y/o digestivas que degradan el almidón (Mc Allister et al., 2008; Ferraretto y Shaver, 2012; Dias Junior et al., 2016). Además, a mayor tiempo de almacenaje del

ensilado, la digestibilidad del almidón incrementa significativamente (Der Bedrosian et al., 2012).

La altura de corte del forraje definida al momento de la cosecha, afecta la cantidad de materia seca (MS) cosechada por unidad de superficie y los componentes del material ensilado; consecuentemente afecta el porcentaje de materia seca (%MS) del silaje, el proceso fermentativo y la calidad nutricional. A mayor altura de corte disminuye el %MS, y el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y de FDNi del silaje; por otra parte, incrementa el contenido de almidón y la digestibilidad de la materia seca (DMS) (Neylon y Kung, 2003; Aello et al., 2008). Durante la cosecha del cultivo, la altura de corte (AC) así como el rendimiento del cultivo, determinan el flujo de material picado que pasa a través del acondicionador de granos y esto puede afectar la extensión en que se procesa el grano (Mertens, 2005).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la altura de corte y la apertura entre los rodillos del acondicionador mecánico de granos sobre la calidad nutricional del ensilaje y el nivel de procesado del grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cultivo y materiales experimentales

Se trabajó con un cultivo de maíz de un lote productivo de la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto de Tecnología Agropecuaria, ubicada en la provincia de Córdoba (Argentina) a 31° 49' 12" de latitud S y 63° 46' 00" de longitud O. El híbrido utilizado fue NS 7818 VIP3 Nidera.

El cultivo tuvo un contenido de materia seca estimado a nivel de lote en el momento de la cosecha, de 41,74 %; el forraje cosechado fue picado a 20 mm (longitud teórica de picado). Se usó una cosechadora-picadora que presta servicio a productores, que contó con un acondicionador de granos mecánico constituido por dos rodillos con giro a contrasentido, ubicado luego del rotor de picado y con su eje de rotación paralelo al cabezal de corte. La apertura entre los rodillos del acondicionador fue electrónicamente ajustada desde la cabina de la picadora.

Se tomaron muestras del material remanente en el lote luego de la cosecha a 2 AC teóricas, 30 cm y 55 cm del suelo (AC30 y AC55). Las diferentes alturas de cosecha se lograron regulando la plataforma de corte de la cosechadora. Se generaron diez muestras por cada AC, en un

diseño completo al azar.

Se tomaron muestras durante el picado del material cosechado, combinando las dos AC con dos aperturas entre los rodillos del acondicionador de granos (AR), en un diseño de tratamiento bifactorial con dos niveles para cada factor (30 cm y 55 cm para AC, y 1 mm y 3 mm para AR); que resultó en cuatro tratamientos: AC30-AR1, AC55-AR1, AC30-AR3 y AC55-AR3. Se generaron cinco muestras por cada tratamiento, siguiendo un diseño completamente aleatorizado. Una parte del cultivo cosechado y picado en cada parcela fue inmediatamente destinada a la confección de microsilos, compactada con un cilindro neumático en tubos de policloruro de vinilo (PVC) de 11 cm de diámetro y 50 cm de longitud, con una densidad aproximada de 700 kilogramos de materia verde por metro cúbico (kgMV/m³). Se confeccionaron veinte microsilos, como resultado de cinco microsilos por cada tratamiento.

Variables de estudio

El material remanente en el lote se caracterizó según su %MS, altura del remanente y la cantidad de forraje por unidad de superficie expresada en MS (kgMS/ha). El %MS se determinó por diferencia de peso entre la muestra del remanente a campo y la muestra del remanente secada a 60 °C en estufa de aire forzado hasta peso constante.

Las muestras del cultivo cosechado fueron destinadas al estudio del nivel de procesamiento de los granos del material a ensilar mediante la determinación de índice de procesado de grano (IPG) (Ferrareto et al., 2018). Para estimar el IPG se tomaron dos submuestras, una se utilizó para estimar el contenido de almidón del material cosechado y la otra submuestra de aproximadamente 100 g de MS se procesó durante diez minutos en el separador tridimensional (Ro-Tap), usando cinco tamices con perforaciones de 19,0; 12,7; 9,5; 6,3 y 4,6 mm y una bandeja ciega. Se recuperó el material retenido en la bandeja ciega para la determinación de contenido de almidón. Se estimó el IPG como la relación entre la cantidad de almidón retenido en la bandeja ciega y la cantidad de almidón de la muestra sin tamizar (Ferrareto et al., 2018; Johnson et al., 2016). Las determinaciones analíticas de contenido de almidón se llevaron a cabo según la técnica descrita por McCleary et al. (1994).

Los microsilos fueron abiertos a los noventa días de su confección y se caracterizaron según las siguientes variables de composición química y valor nutricional: fibra detergente neutro (FDN),

fibra detergente ácida (FDA), lignina en detergente ácido (LDA) (Van Soest et al., 1991; Mertens, 2002), almidón (McCleary et al., 1994), proteína bruta (PB) estimada mediante el N*6,26 usando el método de Kjeldahl, extracto etéreo (EE) y concentración de cenizas (Cz) (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 1990). Se estimó la digestibilidad de la materia seca (DMS) de los microsilos, a través de la fórmula desarrollada por Schmidt et al. (1976), y la degradabilidad ruminal *in situ* del almidón (DegA) a las 0 y 7 horas de incubación (DegA-0 y DegA-7; Mehrez y Ørskov, 1977). Se utilizaron dos novillos fistulados con cánula de rumen permanente para incubar, en bolsitas de dacrón, el forraje conservado en los microsilos sin procesamiento físico previo. Terminado el período de incubación las bolsas fueron lavadas, secadas a 55 °C, pesadas e ingresadas al laboratorio para la determinación del contenido de almidón. Luego se estimó la desaparición del almidón en el rumen.

Análisis de los datos

Los resultados de las variables estudiadas en el cultivo remanente en el lote luego de la cosecha fueron analizados mediante ANAVA para un modelo completamente al azar con diez repeticiones por cada AC (AC30 y AC55). Las comparaciones entre medias se llevaron a cabo usando el test LSD Fisher.

El IPG del forraje a ensilar, y la composición química y la degradabilidad *in situ* del almidón de los microsilos fueron analizados mediante ANOVA para un modelo completamente al azar con arreglo bifactorial con cinco repeticiones por combinación de factores (AC y AR); las diferencias entre las medias se evaluaron con Tuckey. La comparación entre medias para un factor, en los casos en que se pudo hacer apertura de la interacción, se realizó con LSD Fisher.

Para todos los análisis estadísticos de los datos se utilizó el software InfoStat® (InfoStat, 2008). Se consideró diferencia significativa cuando el valor P fue menor a 0,05 y tendencia cuando se encontró en valores cercanos al 0,05 (entre 0,05 y 0,06), y se reportó el error estándar de la media (EEM) como medida de dispersión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La AC teórica se corroboró a campo con valores de altura promedio medida sobre el remanente de 34,3 cm y de 55,8 cm para AC30 y AC55 respectivamente; estos valores de altura resultaron

significativamente diferentes ($P= 0,0001$; Tabla 1). La diferencia en la AC no se vio reflejada en el valor de %MS del remanente; aunque se puede observar una tendencia a presentar menor %MS cuando se corta a menor altura ($P= 0,05660$) (Tabla 1). El incremento de humedad en la base del tallo en la planta de maíz ha sido descrito y vinculado a variables anatómicas del tallo, concluyéndose que el aumento en la altura de corte puede disminuir el porcentaje de humedad del tallo (Igathinathane et al., 2006).

Por otra parte, la AC afectó la MS remanente encontrada en el lote luego de la cosecha, que fue en promedio 3100 kgMS/ha menor para el remanente en AC30 en relación al remanente en AC55 ($P= 0,0020$; Tabla 1). Esta diferencia es evidentemente menos acentuada cuando se expresa en materia fresca. Se espera que una menor cantidad de remanente se corresponda con mayor rendimiento en el material ensilado, y con proporciones en los componentes del silaje que resultan en una mayor relación *stover*:grano, que le otorga valor nutricional diferencial al forraje conservado.

En la Tabla 2 se resume la caracterización del forraje cosechado y conservado en los microsilos para cada tratamiento en relación a las variables de composición química. La variable %MS de los microsilos no muestra diferencia para la interacción de los factores AC y AR estudiados ($P= 0,3415$), pero muestra diferencia significativa cuando se analiza a partir de las alturas de corte usadas a la cosecha. Los microsilos confeccionados con el forraje cosechado con AC30 muestran menor %MS, en relación a aquellos confeccionados con forraje cosechado con AC55 (40,85 % y 42,62 % para AC30 y AC55 respectivamente, $EE= 0,49$ y $P= 0,0024$; Tabla 2). Este comportamiento es consecuente con el menor %MS del remanente de la cosecha con AC30 reportado en la Tabla 1, y concuerda con los datos expuestos por otros autores (Aello et al., 2008; Igathinathane et al., 2006).

Para las variables FDN y LDA las interacciones AC*AR fueron estadísticamente significativas ($P= 0,0239$ y $0,0264$ para FDN y LDA respectivamente). El contenido de FDN de los microsilos del tratamiento AC55-AR3 es el que presentó el menor valor ($P= 0,0239$), los otros tratamientos no mostraron diferencias significativas entre sí. El tratamiento AC55-AR3 también presentó el menor valor para contenido de LDA de los microsilos, aunque esta variable solo difiere significativamente entre los tratamientos AC55-AR3 y el AC30-AR3. El contenido de almidón, PB, Cz, FDA y la DMS estimada para los microsilos no presentaron

Tabla 1. Variables que caracterizan el remanente del cultivo de maíz cosechado a dos alturas de corte.

Altura de corte	30	55	EE	Valor P
Altura (cm)	34,30 ^a	55,80 ^b	1,96	<0,0001
Porcentaje de MS (%MS)	32,99 ^a	41,31 ^a	2,89	0,0566
Cantidad de MS (kgMS/ha)	3385,10 ^a	6572,50 ^b	624,79	0,0020

EE= error estándar, MS= materia seca. Medias con una letra común de una misma fila en cada variable no son significativamente diferentes ($P>0,05$).

Tabla 2. Índice de procesamiento de granos de material a ensilar y composición química de microsilos de maíz, cosechado a diferentes alturas y con diferente apertura entre los rodillos del acondicionador del grano en el picado.

AR (mm)	1		3		EE	Valor P		
AC (cm)	30	55	30	55		AC	AR	AC*AR
IPG	41,77	44,40	38,02	36,02	4,64	0,9474	0,2091	0,6241
%MS (% tal cual)	40,91 ^a	42,20 ^{ab}	40,79 ^a	43,04 ^b	0,49	0,0024	0,4698	0,3415
Cz (%MS)	4,82	4,82	5,00	4,52	0,14	0,1104	0,6708	0,1160
PB (%MS)	7,45	7,62	7,44	7,45	0,10	0,4084	0,3772	0,4412
FDN (%MS)	36,76 ^a	37,08 ^a	36,69 ^a	33,34 ^b	0,74	0,0567	0,0200	0,0239
FDA (%MS)	19,29	19,16	19,53	17,75	0,46	0,0560	0,2261	0,0947
LDA (%MS)	2,56 ^{ab}	2,60 ^{ab}	2,63 ^a	2,25 ^b	0,09	0,0732	0,1406	0,0264
Almidón (%MS)	33,38	36,80	33,00	32,75	1,50	0,3133	0,1676	0,2471
DIG (%MS)	74,38	74,47	74,22	75,45	0,32	0,0568	0,2238	0,0940

EE= error estándar, AC= altura de corte, AR= Apertura de los rodillos del acondicionador de granos, AC*AR= interacción entre altura de corte y apertura de los rodillos del acondicionador de granos, IPG= índice de procesamiento de grano, %MS= contenido de materia seca, Cz= cenizas, PB= proteína bruta, FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente ácido, LDA= lignina en detergente neutro, DIG= digestibilidad. Medias con una letra común de una misma fila en cada variable no son significativamente diferentes ($P>0,05$).

diferencias significativas para la interacción AC*AR, ni para los factores analizados individualmente ($P>0,05$; Tabla 2). Ante un mayor remanente a campo, por subir la AC, se espera menor cantidad de forraje ensilado y un potencial cambio en el valor nutricional del silaje, con mayor proporción de grano en la biomasa total ensilada. Aello et al. (2008) reportan estos cambios en la composición de componentes anatómicos en el silaje y el consecuente cambio en la calidad nutricional del forraje conservado; señalando un aumento en el contenido de almidón y en la digestibilidad de la materia seca, y una disminución en los valores de contenido de fibra del silaje.

Los resultados de IPG del presente trabajo no acuerdan con los antecedentes que marcan que la luz entre los rodillos del acondicionador (Ferrareto y Shaver, 2012) como el caudal de material que ingresa a la picadora (Mertens, 2005) son aspectos que determinan el nivel de fragmentación de los granos. En este trabajo, ni el cambio en AR ($P= 0,2091$), ni el diferente caudal de material cosechado que se presupone al haber modificado la AC ($P= 0,9474$), como tampoco la interacción entre estos factores ($P= 0,6241$), permitieron establecer diferencias en el nivel de procesamiento de los granos estimado a través de IPG (Tabla 2). Los valores de IPG estimados son menores a los reportados en la literatura como valores óptimos

para asegurar una alta degradabilidad del almidón (Drewy et al., 2019; Karlen y Goeser, 2020).

La degradabilidad *in situ* del almidón, estimada por incubación en el rumen del material conservado en los microsilos (Tabla 3), no mostró diferencia significativa entre los tratamientos para los diferentes tiempos de incubación llevados a cabo ($P= 0,2521$ y $P= 0,5420$ para DegA-0 y DegA-7, respectivamente). El material incubado no presentó diferencia en el contenido inicial de almidón (Tabla 2). El comportamiento de la degradación inicial del almidón en el rumen para los diferentes tratamientos es acorde con la variable que describe el nivel de fragmentación que sufrieron los granos medido a través del IPG, que tampoco presentó diferencia significativa entre los tratamientos evaluados (Tabla 2). Además es consistente con la relación entre IPG y degradabilidad del almidón en el rumen reportada en la bibliografía (Mertens, 2005). Lo que resulta contradictorio, en relación a los antecedentes, es que un silaje confeccionado con una menor apertura entre los rodillos del acondicionador no se caracterice por tener un mayor IPG, aún con diferentes caudales de forraje picado atravesando el acondicionador. En el contexto del presente trabajo, llevado a cabo en condiciones de campo, sobre un lote productivo y con maquinaria contratada para la confección de silaje, la falta

de respuesta del IPG vinculada al ajuste del acondicionador de granos, podría establecerse por una diferencia entre el funcionamiento de los rodillos regulables del acondicionador en la práctica y su funcionamiento según la apertura programada y efectuada a nivel de cabina de la picadora. Esta potencial explicación debería ser validada en futuros trabajos ejecutados para tal fin y aportaría evidencia de la importancia que tiene en la confección de un silaje el mantenimiento, la regulación y el control del funcionamiento de la maquinaria, en términos generales, y en relación al mecanismo de acondicionador de granos en términos particulares.

En la Tabla 3 se puede apreciar, que si bien la degradabilidad del almidón no presenta diferencia en los tiempos de incubación estudiados, el comportamiento numérico de esta variable muestra diferencias según la AR y la AC. A cero horas de incubación, los silajes confeccionados con mayor AR presentan menor degradabilidad ruminal y esta diferencia es mayor cuando se supone un menor caudal de material atravesando el acondicionador por un aumento en la AC. Estas observaciones son menos consistentes cuando se examinan los valores de la degradabilidad del almidón a siete horas de incubación (Tabla 3).

CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones del presente trabajo, la cantidad de material remanente y su contenido de materia seca, como así también el contenido de materia seca del material cosechado, responden con diferencias significativas o tendencias a la diferente altura de corte en la cosecha. Al elevar la altura de corte aumenta la biomasa remanente que queda en el lote cosechado y su contenido de humedad es menor. La composición química de los microsilos presenta valores diferenciales para contenido de FDN y LDA, en ambas variables el menor valor corresponde al tratamiento AC55-AR3. No se observan diferencia entre los tratamientos para Cz, PB, EE, FDA y almidón. El IPG del

material a ensilar y la degradabilidad ruminal del almidón de los microsilos, no difieren entre los tratamientos. Los valores de IPG reflejan un bajo nivel de procesamiento en todas las muestras, en relación a las recomendaciones técnicas para esta variable.

BIBLIOGRAFÍA

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990). *Oficial Methods of Analysis*, (15a ed.). AOAC. <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>
- Aello, M. S., Di Marco, O. N., Parodi, G. M. y Gutiérrez, L. M. (2008). Corte de dos híbridos de maíz a alturas de 15 y 50 cm en el rendimiento del ensilaje y el rastrojo dejado por el corte alto. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 16(4), 205-214. https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/596/517
- De León, M., Bulaschevich, M. Boetto, C., Giménez, R., Cabanillas, A. y Bernáldez, L. (2018). *Fibra Detergente Neutro Indigestible (FDNi) como estimador del valor nutritivo de sorgo y maíz para silajes* (Informe técnico del Programa Nacional de Producción Animal Alimentación de bovinos para carne). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Der Bedrosian, M. C., Nestor Jr., K. E. y Kung Jr., L. (2012). The effects of hybrid, maturity and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 95(9), 5115-5126. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4833>
- Dias Junior, G. S., Ferraretto, L. F., Salvati, G. G. S., de Resende, L. C., Hoffman, P. C., Pereira, M. N. y Shaver, R. D. (2016). Relationship between processing score and kernel-fraction particle size in whole-plant corn silage. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2719-2729. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10411>
- Drewry, J. L., Luck, B. D., Willett, R. M., Rocha, E. M. C. y Harmon, J. D. (2019). Predicting kernel processing score of harvested and processed corn silage via image processing techniques. *Computers and Electronics in Agriculture*, 160, 144-152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2019.03.020>

Tabla 3. Degradabilidad ruminal del almidón contenido en silajes de maíz de planta entera, con diferente apertura entre los rodillos del acondicionador del grano en el picado y cosechado a diferentes alturas, a 0 y 7 horas de incubación *in situ*.

AR (mm)	1		3		EE	Valor P		
AC (cm)	30	55	30	55		AC	AR	ACxAR
DegA-0 (%)	31,11	36,47	28,69	14,23	8,26	0,5911	0,1598	0,2521
DegA-7 (%)	62,69	62,49	54,80	45,10	7,58	0,5249	0,1186	0,5430

EE= error estándar, AC= altura de corte, AR= apertura del acondicionador de granos, AC*AR = interacción altura de corte x apertura del acondicionado de granos, DegA-0 = Degradabilidad ruminal del almidón a cero hora de incubación, DegA-7 = degradabilidad ruminal del almidón a 7 horas de incubación. Medias con una letra común en una misma fila en cada variable no son significativamente diferentes (P>0,05).

- Ferraretto, L. F. y Shaver, R. D. (2012). Meta-analysis: Effect of corn silage harvest practices on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *Applied Animal Science*, 28(2), 141-149. [http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30334-X](http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30334-X)
- Ferraretto, L. F., Shaver, R. D. y Luck, B. D. (2018). Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3937-3951. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13728>
- Huntington, G. B. (1997). Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *Journal of Animal Science*, 75(3), 852-867. <http://dx.doi.org/10.2527/1997.753852x>
- Igathinathane, C., Womac, A. R., Sokhansanj, S. y Pordesimo, L. O. (2006). Mass and moisture distribution in aboveground components of standing corn plants. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 49(1), 97-106. <https://doi.org/10.13031/2013.20217>
- InfoStat (2008). InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <https://www.researchgate.net/publication/283491340>
- Johnson, J. R., Goeser, J. P. y Brouk, M. (2016). Development of a Berry Processing Score for Sorghum Silage. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 2(9), 1-6. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.1328>
- Johnson, L., Harrison, J. H., Hunt, C., Shinnars, K., Doggett, C. G. y Sapienza, D. (1999). Nutritive Value of Corn Silage as Affected by Maturity and Mechanical Processing: A Contemporary Review. *Journal of Dairy Science*, 82(12), 2813-2825. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75540-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75540-2)
- Karlen, J. y Goeser, J. (2020). *Guía para la interpretación del "Score de procesamiento de grano de maíz" (KPS)*. Rock River Laboratory México. <https://rockriverlabmexico.com/wp-content/uploads/2021/01/09.-KPS-Guia-de-interpretacion-final.pdf>
- Li, Z., Zhai, H., Zhang, Y. y Yu, L. (2012). Cell morphology and chemical characteristics of corn stover fractions. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 130-136. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.11.025>
- McAllister, T. A., Gibb, D. J., Beauchemin, K. A. y Wang, Y. (noviembre de 2006). *Starch type, structure and ruminal digestion*. En C. Richards (Ed.), Proceedings of the Oklahoma State University Cattle Grain Processing Symposium (30-41), Tulsa, Oklahoma, Oklahoma State University. <https://extension.okstate.edu/programs/beef-extension/symposiums/site-files/documents/cattle-grain-processing-symposium/osu-cattle-grain-processing-proceedings.pdf>
- McCleary, B. V., Solah, V. y Gibson, T. S. (1994). Quantitative Measurement of total starch in cereal flours and products. *Journal of Cereal Science*, 20, 51-58. <https://doi.org/10.1006/jcrs.1994.1044>
- Mehrez, A. Z. y Ørskov, E. R. (1977). A study of artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *The Journal of Agricultural Science*, 88(3), 645-650. <https://doi.org/10.1017/S0021859600037321>
- Mertens, D. R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal Dairy Science*, 80, 1463-1481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)
- Mertens, D. R. (2002). Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 85(6), 1217-1240.
- Mertens, D. R. (2005). *Particle size, fragmentation index, and effective fiber: Tools for evaluating the physical attributes of corn silages*. En: Proceedings of the Four-State Dairy Nutrition and Management Conference. https://www.researchgate.net/publication/255458225_Particle_Size_Fragmentation_Index_and_Effective_Fiber_Tools_for_Evaluating_the_Physical_Attributes_of_Corn_Silages
- Neylon, J. y Kung, L. Jr. (2003). Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2163-2169. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73806-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73806-5)
- Salvati, G. G. S., Santos, W. P., Silveira, J. M., Gritti, V. C., Arthur, B. A. V., Salvo, P. A. R., Fachin, L. Ribeiro, A. P., Morais Júnior, N. N., Ferraretto, L. F., Daniel, J. L. P., Beauchemin, K. A., Santos, F. A. P. y Nussio L. G. (2020). Effect of kernel processing and particle size of whole-plant corn silage with vitreous endosperm on dairy cow performance. *Journal of Dairy Science*, 104, 1794-1810. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19428>
- Schmidt, A. R., Goodrich, R. D., Jordan, R. M., Marten, G. C. y Meiske, J. C. (1976). Relationships among agronomic characteristics of corn and sorghum cultivars and silage quality. *Agronomy Journal*, 68, 403-406. <https://doi.org/10.2134/agronj1976.00021962006800020051x>
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. y Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Zebeli, Q., Aschenbach, J. R., Tafaj, M., Boguhn, J., Ametaj, B. N. y Drochner, W. (2012). Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 95, 1041-1056. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4421>