UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE CIENCIAS AGRICOLAS

INFLUENCIA DE LA PRESENCIA DE NERVADURA CAFÉ Y ALMIDON EN DISTINTAS VARIEDADES DE SORGO-SUDÁN SOBRE LA DIGESTION DE ENSILADOS OFRECIDOS A BECERROS HOLSTEIN

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
EN SISTEMAS DE PRODUCCION ANIMAL

PRESENTA

JOSE ALFREDO VILLARREAL BALDERRAMA

DIRECTOR DE TESIS

Ph D. ENRIQUE G. ALVAREZ A.

MEXICALI B.C. MEXICO SEPTIEMBRE 2012

Contenido

Pág.

Lista de cuadros..... i

Resumen..... 1

Abstract..... 2

Introducción..... 3

Hipótesis..... 4

Objetivos..... 4

Revisión de literatura..... 5

Valores de composición nutricional de gramíneas ensiladas..... 5

Factores que inciden en la composición química del forraje antes y después de ensilar..... 7

Fertilización..... 8

Edad de corte..... 8

Variedad..... 9

Altura de corte..... 10

Influencia del nivel de consumo sobre los parámetros digestivos..... 10

Niveles aceptables de consumo de nutrientes en estudios de metabolismo y producción..... 10

Factores que modifican el nivel de consumo..... 11

Velocidad de paso y tasa de digestión..... 11

Digestión de las fracciones de las gramíneas ensiladas o henificadas..... 13

Digestión en rumen..... 13

Digestión post-ruminal..... 16

Digestión total..... 17

Parámetros de fermentación en rumen de animales consumiendo ensilajes..... 20

Cambios en pH..... 20

Concentración y producción total de ácidos grasos volátiles..... 21

Materiales y métodos..... 24

Localización y características del área donde se llevo a cabo el estudio..... 24

Características de las unidades experimentales..... 24
Desarrollo experimental..... 25
Colección de muestras..... 26
Análisis de laboratorio..... 28
Variables evaluadas..... 30
Análisis estadístico..... 30
Resultados y Discusión..... 33
Conclusiones..... 47
Literatura citada..... 48

Lista de Cuadros

Cuadro		Pág.
1	Composición y características químicas en ensilajes de diferentes gramíneas…….....	14
2	Digestión ruminal de nutrientes en bovinos alimentados con ensilajes de gramíneas……..	15
3	Digestión Post-ruminal de nutrientes en bovinos alimentados con ensilajes de gramíneas……	18
4	Digestión total de nutrientes en bovinos alimentados con ensilajes de gramíneas…….....	19
5	Parámetros de fermentación ruminal en bovinos alimentados con ensilajes de gramíneas.....	23
6	Procedimiento de secado en horno microondas.....	31
7	Contenido y porcentaje de Ingredientes del concentrado.....	32
8	Ingredientes y composición química de los ensilados y suplemento del experimento.....	36
9	Flujo de nutrientes a duodeno y eficiencia del N en novillos Holstein alimentados con ensilajes de cuatro diferentes variedades de sorgo.....	37
10	Digestión ruminal (%) en novillos Holstein alimentados con ensilajes de cuatro diferentes variedades de sorgo.....	40
11	Digestión post-ruminal (%) en novillos Holstein alimentados con ensilajes de cuatro diferentes variedades de sorgo.....	41
12	Digestión total (%) en novillos Holstein alimentados con ensilajes de cuatro diferentes variedades de sorgo.....	45

13 Características de la fermentación en rumen de novillos Holstein alimentados con ensilajes de cuatro diferentes variedades de sorgo..... 46

RESUMEN. Cuatro novillos Holstein (130 kg) habilitados con cánulas de rumen y duodeno fueron utilizados en un diseño de Cuadrado Latino 4x4 para comparar las características de la digestión de ensilado de cuatro variedades de sorgo. Los tratamientos consistieron de la combinación de los factores presencia de nervadura café (**NC**) y cantidad de grano (**G**) en el forraje, esto último estimado como cantidad de almidón en el ensilado de sorgo-sudan, formados de la siguiente manera: **1) NCG** (nervadura café con grano), **2) NCF** (nervadura café sin grano), **3) NNCG** (no nervadura café con grano), **4) NNCF** (no nervadura café sin grano). La presencia del gen de NC aumentó (P<.05) la eficiencia del N en animales alimentados con estos forrajes, pero no fue así en la digestibilidad ruminal, donde las variedades de NNC presentaron una mayor digestibilidad numéricamente pero no significativa (P>.05), a excepción del N que si lo fue (P<.05). En la digestión post-ruminal los ensilajes de NC tuvieron una mayor degradación en todas las variables pero no fue significativa (P>.05). La presencia de NC o grano no tuvo efecto en la degradación total pero se observó que las plantas con mayor contenido de almidón presentaron una alta (P<.05) degradación de el contenido fibroso (FDN, FDA y Celulosa). La presencia de nervadura café no mejoró la digestibilidad ruminal de las variables como se esperaba a excepción del N y aun cuando la digestión post-ruminal y digestión total fueron ligeramente mayores en los ensilajes de nervadura café, estadísticamente no se encontraron diferencias (P>.05). En la eficiencia del N se observó un efecto positivo de la presencia de NC, donde se detectó una superioridad (P<.05) en los novillos alimentados con este ensilaje. Aún cuando se tuvo un bajo contenido de almidón en los ensilajes,

se observó que las variedades con más proporción de este mostraron mayor digestión total de las partes fibrosas.

ABSTRACT. Four Holstein steers (130 kg) with ruminal and duodenal cannulas were used in a 4x4 Latin square design to compare the characteristics of digestion of silage from four sorghum varieties. Treatments consisted of the combination of the presence of brown midrib (**NC**) and quantity of grain (**G**) in the forage, measured as the amount of starch in sorghum-Sudan silage, formed in the following way: **1) NCG** (brown midrib with grain), **2) NCF** (brown midrib without grain), **3) NNCG** (non brown midrib with grain), **4) NNCF** (non brown midrib without grain.) The presence of the NC gene increased (P <.05) the efficiency of N in animals fed with these forages, but in the ruminal digestibility the NNC varieties had a higher digestibility but it was not significant (P> .05) except in N (P <.05). In the post-ruminal digestibility NC silages had greater degradation in all variables but was not significant (P> .05). The presence of NC or grain had no effect on (P>.05) total degradation but was observed that plants with higher starch content had a higher (P <.05) degradation of the fiber content (NDF, ADF and cellulose).The presence of brown midrib did not improve ruminal digestibility of the variables as expected, with the exception of N and even when post-ruminal digestion and total digestion were slightly higher in brown midrib silages, no statistical difference was found. The presence of NC had a positive effect on N efficiency of where superiority was observed in steers fed this silage. The varieties with higher starch content had a higher digestibility of the fiber.

INTRODUCCIÓN

El actual escenario económico es crítico para los productores de carne y leche del estado de Baja California debido al encarecimiento de los ingredientes más comunes para la alimentación del ganado, entre ellos el recurso forrajero. Este último ha sido limitante por el incremento en los precios de la alfalfa y el pasto Sudán debido a la elevación en las cuotas de exportación y consecuente elevación en el precio a nivel local. Esto ha derivado en la búsqueda de otras opciones como el uso de ensilajes, principalmente de sorgo, Sudán o algunos de sus híbridos. Para estos existe la opción de utilizar variedades más digestibles como en aquellas en las que se manifiesta el gen nervadura café. Autores como Jung y Fahey, (1983); Fritz *et al.* (1990) y Wolf *et al.* (1993) señalan que estas variedades poseen menor contenido de lignina, menor concentración de paredes celulares y una alta degradación de la FDN, lo que conlleva a un mayor valor nutritivo y a esperar mayor rendimiento animal. Por otro lado, la presencia de grano eleva el contenido total de energía digestible de los forrajes, principalmente para los ensilados (Neylon y Kung, 2003), pero puede tener influencia negativa sobre la utilización de la fracción fibrosa en el rumen (Rearte y Santini, 1989). Ante ésto en el momento de elegir el tipo de forraje a ensilar existen dos vertientes, disponer de un forraje altamente digestible o elegir por la aportación energética de su grano. No existen estudios de digestión *in vivo* que demuestren el efecto positivo de la característica de nervadura café y la presencia de grano sobre la

utilización de la fibra, digestión de nutrientes y valor energético de ensilados de sorgo cruza Sudán.

Hipótesis.

La presencia del gen nervadura café y el nivel de grano en variedades de sorgo-Sudán ensiladas tienen distinta influencia sobre la utilización de la fracción fibrosa y la digestión total de nutrientes.

Objetivo.

Evaluar la influencia de la presencia de la característica nervadura café y el nivel de grano, sobre la función digestiva de novillos Holstein recibiendo una dieta a base de ensilados de sorgo-Sudán.

REVISIÓN DE LITERATURA

Valores de composición nutricional de gramíneas ensiladas. La calidad nutricional de las plantas es definida por diversos factores: humedad, temperatura, etapa fenológica, especie, así como la especie que la consume.

La concentración de nutrientes en las gramíneas es afectada por la cantidad de celulosa y hemicelulosa contenida en la pared celular de los forrajes, ya que son una fuente de energía para los rumiantes al degradarla en oligo y polisacáridos. La disponibilidad de la celulosa como fuente de energía va a depender de su estructura general y la interacción de las propiedades de la pared celular (que a menudo varía entre especies), genotipos, el tejido y la interacción entre estos tres factores (Wolf *et al.,* 1993). Un ejemplo de esto son las variedades de plantas mutantes de nervadura café en especies de Maíz (*Zea mays L*.), Sorgo [*Sorghum bicolor (L.) Moench*] y Sorgo x Sudán, las cuales muestran una mayor digestibilidad de MSen comparación a las plantas normales de estas especies, porque tienen menor y diferente tipo de lignina, así como una menor concentración de paredes celulares (Porter *et al.,* 1978). Esto porque la lignina es menos polimerizada, conteniendo menos residuos fenólicos que son los que interfieren su degradación en rumen (Jung y Fahey, 1983).

Los ensilados de gramíneas muestran un bajo contenido de PC debido a la proteólisis que ocurre durante la fermentación del forraje; ésta sucede en el tiempo que tarde en descender el pH de 6 hasta alcanzar un equilibrio ácido (3.4 a 4.2), que es cuando actúan las bacterias acidolácticas, proceso que se debe a la acción

combinada de la planta y enzimas microbianas del ensilado que pueden reducir hasta en 80% la proteína verdadera durante la conservación del forraje (Winter *et al.,* 2000). La presencia de N soluble en el ensilado es un indicador de la actividad proteolítica, ya que su presencia es resultado de la destrucción e hidrólisis de la proteína de alto valor biológico. La consecuencia de esta fermentación indeseada es la deficiente utilización del N por los rumiantes, teniendo después que suplementar con un concentrado proteico al animal (Broderick *et al.,* 1995). Se ha observado que a mayor contenido de materia seca del ensilado más alto es el contenido de NNP durante el almacenamiento (Muck *et al.,* 2004). El contenido de PC regularmente es mayor en híbridos de sorgo convencionales que en sorgos de nervadura café (Oliver *et al.,* 2005). Al comparar especies de maíz y sorgo se observa un mayor contenido de PC en variedades de maíz, sin embargo, hay estudios que contrastan y muestran una tendencia de superioridad del sorgo en este sentido (Abdelhadi y Santini, 2006). Estos cambios en composiciones son definidos por diferentes variables mencionadas anteriormente, que afectan a la planta durante su crecimiento y en el almacenamiento para su conservación.

La concentración de FDA se relaciona más con la digestibilidad de los forrajes e incluso se emplea con propósitos de predicción (Núñez y Cantú, 2000). El contenido de FDA en sorgos es mayor que en maíces convencionales (Oliver *et al.,* 2004; Taylor, 2005), pero al comparar estos dos cultivos en variedades de nervadura café dichos valores son muy similares (Cuadro 1).

El contenido de FDN en el material ensilado es de los factores que más se deben tomar en cuenta al determinar la calidad de un ensilado, ya que tiene un efecto directo sobre el consumo y el llenado del rumen (Waldo *et al.,* 1986). Estudios de digestión *in vitro* e *in situ* demuestran que híbridos de sorgos y Sorgos x Sudán de nervadura café tienen un alto grado de digestibilidad de FDN en comparación con los híbridos normales (Fritz *et al.,* 1990), aun cuando el contenido de FDN de sorgos convencionales es más alto que en sorgos de nervadura café (bmr-6 y bmr-18) y es muy similar comparada entre ellos (Oliver *et al.,* 2004). Aydin et al. (1999) y Cherney *et al.* (1991) encontraron que existe una variación considerable entre estas especies forrajeras en cuanto a la composición de la fibra (Cuadro 1); sin embargo, otros estudios no han mostrado diferencias en estas concentraciones (Ruiz *et al.,* 1995). Dann *et al.* (2008) mencionan que es una estrategia el obtener la energía de la FDN digestible en lugar de excesivas cantidades de almidón, con esto obteniendo mejores condiciones ruminales y una buena producción.

Factores que inciden en la composición química de las gramíneas antes del corte y después de ensilar. La calidad del forraje es altamente variable y es influenciada por distintos factores como lo son especie, variedad, fertilización, clima, edad al corte, manejo después del corte y el método de preservación que se utilice. De estos elementos mencionados anteriormente, algunos de ellos pueden ser controlados para lograr una mejor calidad del forraje.

Fertilización. Como otros nutrientes, el N es esencial para el desarrollo y crecimiento de los forrajes por las respuestas positivas en el rendimiento de MS,

sin embargo, se ha visto que el exceder la dosis de nitrógeno requerida por la planta no muestra aumento significativo en la producción de MS (Sheafer *et al.,* 2006). Como es de esperarse, al incrementar los niveles de N también aumenta la concentración de PC y la digestibilidad *in vitro* en toda la planta, pero esta tendencia no es tan consistente como los cambios en la concentración de FDN (Cox y Cherney, 2001). Resultados similares reportan Sheafer *et al*. (2006) en plantas de maíz, donde al incrementar los niveles de nitrógeno no encuentra efectos significativos en las variables antes mencionadas, excepto en el contenido de PC.

Edad de corte. La edad de corte de la planta para cualquier método de conservación es crítica, ya que determina el rendimiento de MS y la calidad nutritiva del material ensilado. El contenido de humedad no se puede determinar exactamente usando la línea de leche del grano debido a la variación del tiempo y los híbridos. Es recomendable que el contenido de humedad se mida en lugar de ser estimado. Sin embargo, es muy común que se estime observando la línea de leche del grano. En el caso de maíz para ensilar, estudios agronómicos han demostrado que cosechar cuando el grano del elote se encuentra en $^{2}/_{3}$de la línea de leche aumenta la producción de MS (Ganoe y Roth, 1992); algunos autores aseguran que este rendimiento aumenta cuando los cortes se efectúan en un estado de madurez avanzado. La digestibilidad de la MS, PC y fibra disminuye considerablemente cuando las plantas son cosechadas a una edad madura. Al cosechar el forraje a una temprana edad, este posee altas concentraciones de

fibra, lo que disminuye la cantidad de energía (Hunt *et al*., 1989), pero también al cosechar en un estado de madurez avanzado baja la digestibilidad de hoja y tallo debido al incremento en el contenido de lignina de 4.4 a 18.0% al cambiar de estado vegetativo a grano lechoso – masoso (Farías *et al.,* 1987).Flores *et al*. (2004) detectaron diferencias significativas entre semanas para la variable PC, siendo ésta menor en la última fecha de corte que se realizó en el experimento, lo que indica un incremento de la proteólisis durante el ensilado en los cortes más tardíos, además de que en cortes tempranos se maximiza la producción de materia orgánica digestible por hectárea.

Variedad. El desarrollo de variedades que mantengan un alto nivel de rendimiento y contenido nutricional constituye una de las metas más importantes en la mayoría de los programas de mejoramiento. Cada variedad tiene ventajas y desventajas que se expresan de acuerdo a condiciones medioambientales para las que son desarrolladas y su tipo de producción (grano, forraje o mixto). Experimentos de muta-génesis con el sorgo dieron como resultado diferentes variedades de nervadura café (BMR) mutantes (Porter *et al*., 1978) que asemejaban las características nutricionales del maíz. En un estudio realizado por Núñez y Cantú (2000), midieron el rendimiento de MS por hectárea entre variedades forrajeras de sorgo encontrando que el Sorgo Sudán convencional tiene una producción superior de MS por hectárea (12.5 – 13.6 %) que el Sorgo de Nervadura Café, lo que se atribuyó a una posible asociación entre la síntesis de lignina y una reducción de asimilados en la fotosíntesis de este tipo de plantas

(Hoon *et al*., 1984). La variedad a sembrar para una buena cosecha de forraje debe se determinada por las características de la región.

Altura de corte. Se han realizado varios estudios para evaluar las ventajas o desventajas que se obtienen al incrementar la altura de corte de la planta al momento de ensilar. Wu y Roth (2005) reportan que una altura de corte alta (50cm) eleva la concentración de nutrientes y la digestión de FDN en plantas de maíz al momento de ensilar, en comparación a una altura baja de corte (17cm). En un trabajo similar, Neylon y Kung (2003) encontraron que aumentar la altura de corte de la planta incrementó su valor nutritivo por la disminución de 13 y 8 % respectivamente en las concentraciones de FDN y FDA, además de que aumentan las cantidades de almidón (6%); pero contrario a lo que encontraron Wu y Roth (2005), no observaron diferencias en cuanto a la digestibilidad de FDN. Lewis *et al. (*2004) mencionan que jugar con la altura de corte al momento del ensilado puede ser una buena práctica de manejo en híbridos forrajeros, pero no aplica en híbridos de nervadura café porque la altura de corte mejora poco la calidad, pero afecta la producción de MS.

INFLUENCIA DEL NIVEL DE CONSUMO SOBRE LOS PARÁMETROS DIGESTIVOS

Niveles aceptables de consumo de nutrientes en estudios de metabolismo y producción. El consumo de forraje es influenciado por varios factores como los son el estado fisiológico, factores medio-ambientales y la calidad del forraje. Respecto a las relaciones entre los componentes de las

paredes celulares y la digestibilidad *in vitro* (Núñez y Cantú*,* 2000), se considera que el contenido de FDN se relaciona más con el consumo de los rumiantes que con la digestibilidad de los forrajes, sobre todo cuando se consideran diferentes especies de forrajes (Van Soest, 1996). Estudios realizados por Kliem *et al. (*2008) y Greenfield *et al.* (2001) concuerdan al encontrar que rumiantes alimentados con forrajes provenientes de plantas de nervadura café manifiestan un mayor consumo de MS, en contraste, Oliver et al. (2005) al comparar sorgos de nervadura café contra sorgos convencionales, no encontraron diferencias en cuanto al consumo de materia seca, pero si en el consumo de FDN (1.43 vs 1.62). Castro *et al.* (2010) menciona que las variedades de nervadura café si aumentaron el consumo de MS, pero no necesariamente la producción de leche. Tjardes *et al.* (2000) reportan resultados muy similares en cuanto al consumo de MS, concluyendo que este incremento puede estar dado por la baja concentración de FDN y la alta digestibilidad de la misma en los ensilados de nervadura café. Esto concuerda con los resultados de Qiu *et al. (*2003), donde en un experimento en el que elevaron los niveles de forraje de la dieta, notaron que al incrementar el ensilaje de maíz convencional el consumo de MS disminuía, no siendo así para los animales alimentados con ensilaje de maíz de nervadura café.

Factores que modifican el nivel de consumo

Velocidad de paso y tasa de digestión. El análisis del contenido de los forrajes como fibra cruda, fibra detergente neutro (FDN), lignina, digestibilidad, nutrientes digestibles totales (NDT) y otros, representan un esfuerzo para conocer su valor como forraje. Sin embargo, algunos de estos valores tienen mayor

influencia por su efecto sobre la producción de leche y sus contenidos, como en el caso de la FDN y su digestibilidad, que al mismo tiempo tiene efecto sobre el consumo de alimento. Oba y Allen (1999) reportan un incremento del 9% en la ingesta de MS en vacas productoras de leche recibiendo ensilaje de maíz de nervadura café con respecto a vacas que fueron alimentadas con ensilaje de maíz convencional, atribuyendo este incremento a que el silo de nervadura café es digerido con mayor rapidez en el rumen y por consecuencia, aumenta la velocidad de paso. La tasa de pasaje puede ser frenada por la reducción del tamaño de partícula (Hoffman *et al*., 1998). Un alto flujo de FDN hacia duodeno impide un rápido llenado ruminal, lo que permite un mayor consumo de MS en vacas alimentadas con silo de nervadura café. La elevada tasa de pasaje (3.42 %/h) de la fracción de FDN indigestible de estos ensilajes muestra que la gran fragilidad de las paredes celulares de estas plantas ayuda en la reducción del tamaño de partícula y por lo tanto, una mayor velocidad de paso a través del rumen (Oba y Allen, 2000). Fritz *et al. (*1988) en un trabajo donde evaluaron ensilajes no encontraron diferencias en la tasa de pasaje entre los ensilajes de sorgo convencional y el de sorgo de NC, similar a estos resultados Aydin *et al. (*1999) no encontraron diferencias significativas entre estas dos variedades con una tasa de pasaje promedio de 0.038 h^{-1}. En contraste, Grant *et al.* (1995) observaron una mayor tasa de pasaje en ensilajes de maíz y de Sorgo de NC en comparación al ensilaje de sorgo normal, atribuyendo esta diferencia al alto consumo de MS para ambos ensilados. En cuanto a la tasa de digestión, los resultados de Aydin *et al.* (1999) muestran 3.3 puntos porcentuales más alta la tasa de digestibilidad para el ensilaje de sorgo de NC comparado con los de maíz y sorgo normal.

DIGESTIÓN DE LAS FRACCIONES DE LAS GRAMÍNEAS ENSILADAS O HENIFICADAS

Digestión en rumen. El concepto de digestibilidad está relacionado al paso del forraje por el rumen, por que a mayor digestibilidad se aumenta la tasa de paso por el rumen, y en consecuencia se aumenta el consumo. El rumiante necesita de la fibra de la ración, tanto de su calidad como de cantidad, y esta calidad está dada en parte por su grado de digestibilidad a nivel ruminal. La digestión ruminal de la MS es mayor en variedades de nervadura café cuando es comparada con convencionales (Ballard *et al*., 2001; Cox y Cherney, 2001), como lo demuestra Greenfield *et al. (*2001) en un estudio donde la digestibilidad ruminal para el ensilaje de sorgo de NC es 7 puntos porcentuales más alta que para el de maíz convencional. Taylor y Allen (2005) reportan una mayor digestibilidad ruminal de la MO para ensilajes de maíz de NC comparado con ensilaje de maíz convencional, sin embargo, en otro estudio similar, con las mismas variedades realizado por Oba y Allen (2000), los resultados mostraron lo contrario, pues la mayor digestibilidad fue para el ensilaje de maíz convencional (Cuadro 2).

Estos cambios se pueden atribuir a factores como contenido de MS del ensilaje y el tamaño de partícula, que tienen la mayor influencia. La digestión ruminal de la FDN alcanza rangos de 25 a 75% según los diferentes forrajes (NRC, 2001).Oba y Allen (2000) no muestran diferencias en la digestibilidad de la FDN entre ensilajes de NC y convencionales, pero otros autores (Taylor y Allen., 2005; Greenfield *et al*., 2001) muestran que es mayor en ensilajes de maíz y sorgo de NC.

Cuadro 1. Composición y características químicas en ensilajes de diferentes gramíneas

Forraje Ensilado	[a]Nutrientes							
	FDN	**FDA**	**Lignina**	**PC**	**Almidón**	**pH**	**MS**	**Autor**
Sorgo	58.1	37.7	8.8	7.3	11	4.0	30.6	Oliver *et al.* (2004)
Sorgo NC	50.2	33.6	6.9	7.5	16.8	4.08	32.9	
	60.4	39.8	-	7.9		-	30.0	Grant *et al.* (1995)
Maíz	41.2	24.4	2.25	7.7	25.8	3.78	30.5	Taylor y Allen (2005)
	36.8	21.0	3.2	7.2		4.1	37.7	Dann *et al.* (2008)
Maíz NC	38.9	22.2	1.22	8.3	26.6	3.77	31.5	Taylor y Allen (2005)

[a]Nutrientes: FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente acida, PC: proteína cruda, MS: materia seca. NC: nervadura café.

Cuadro 2. Digestión ruminal de nutrientes en bovinos alimentados con ensilajes de gramíneas

Forraje	Nutrientes						
Ensilado	MO	FDN	FDA	Cel	N	Almidón	Autores
SorgoxSudán	23.3	54.4	53.1	57.5	-	-	Wedig *et al*. (1988)
SorgoxSudán NC	29.1	62.5	61.9	66.6	-	-	
Sorgo NC	24.9	48.2	45.7		71	24	Greenfield *et al*.(2001)
Maíz	36.3	18.2			-	55	Oba y Allen (2000)
	31.4	34.8			-	29	Taylor y Allen (2005)
	20.2	32.3	23.3		72	37.3	Greenfield *et al*. (2001)
Maíz NC	35.2	40.2			-	40.9	Taylor y Allen (2005)
	32.7	18.4			-	49.3	Oba y Allen (2000)

MS: materia seca, MO: materia orgánica, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente acido, Cel: celulosa, N: nitrógeno, NC: nervadura café.

Digestión post-ruminal. Algunos autores coinciden al mencionar que la digestión post-ruminal puede tener efectos compensatorios de la digestión ruminal (Aydin *et al*., 1999; Oba y Allen 2000), donde han encontrado que cuando la digestión ruminal es baja, la post-ruminal aumenta y viceversa.

Los resultados arrojados por trabajos de investigación muestran que la digestibilidad post-ruminal de la materia orgánica es3 puntos porcentuales más alta en ensilajes de maíz de nervadura café al compararlos con ensilajes de maíz convencional (Oba y Allen, 2000; Qiu *et al*., 2003), mientras que la digestibilidad de la FDN fue similar entre éstos. En cuanto a la digestibilidad del N, algunos autores coinciden al no encontrar una variación significativa entre variedades (Cuadro 3). Qiu *et al. (*2003), en un trabajo donde compararon ensilajes de variedades de maíz normal y nervadura café, encontraron una mayor digestibilidad post-ruminal del almidón en los ensilajes de NC (13.4 vs 20.9 %). Algo muy similar encontraron Oba y Allen (2000), donde muestra que la digestibilidad del almidón en las variedades de maíz de NC fue11.6 % mayor que su contraparte.

Digestión total. Como se ha mencionado anteriormente, los híbridos de nervadura café tienen la característica de presentar menor concentración de lignina en la pared celular, esto consecuentemente propicia mayor digestibilidad de la fibra. Pero al comparar la digestibilidad total de la FDN de forrajes de nervadura café con híbridos convencionales, no siempre se confirma su valor ya que existe gran variación entre ellos (cuadro 4). Grant *et al.* (1995) evaluaron

forrajes de maíz y sorgo de nervadura café y NNC, encontrando que los ensilados de nervadura café muestran una superioridad hasta del 7.4%en la digestibilidad total de la FDN, sin embargo, otros estudios (Rook *et al*., 1977; Weding *et al*., 1988) reportan que la digestibilidad total de la FDN no fue mejorada por los forrajes de nervadura café. Esto se puede atribuir al elevado consumo de MS que se da con los forrajes de nervadura café, ya que la digestibilidad total disminuye cuando el consumo aumenta (Tyrell y Moe, 1975).

El aumento en el consumo de MS dado por los forrajes de nervadura café puede ser asociado con una alta tasa de pasaje, disminuyendo la digestibilidad.

Varios autores reportan valores de digestión total de MS y MO en donde el maíz convencional es el más alto (cuadro 5), sin embargo, Tjardes *et al. (*2000) muestran valores de digestibilidad de MS donde el maíz de nervadura café es superior en comparación a variedades de sorgos y maíces convencionales (Cuadro 4).

Cuadro 3. Digestión post-ruminal de nutrientes en bovinos alimentados con ensilajes de gramíneas.

Forraje	% MS consumida				
Ensilado	MO	FDN	N	Almidón	Autores
Maíz NC	33.2	11.7	80.5	43.7	Oba y Allen (2000)
	29.4	8.5	57.6	20.9	Qiu *et al.* (2003)
Maíz	30.5	12.2	79.5	38.6	Oba y Allen (2000)
	26.8	9.8	57.1	13.4	Qiu *et al.* (2003)

MO: materia orgánica, FDN: fibra detergente neutro, N: nitrógeno, NC: nervadura café.

Cuadro 4. Digestión total de nutrientes en bovinos alimentados con ensilajes de gramíneas.

Forraje	% MS consumida						
Ensilado	MS	MO	FDN	FDA	N	Almidón	Autores
Sorgo	52.5	-	40.8	-	51.3	85.7	Oliver *et al*. (2004)
Sorgo NC	62.9	-	54.4	-	59.9	82.3	
	70.4	72.3	60.9	59.3	68.8	96.3	Dann *et al.* (2008)
Maíz	60.9	-	54.1	-	51.4	91.7	
	67.9	69.5	30.3	-	66.7	93.6	Oba y Allen (2000)
Maíz NC	67.0	68.9	30.2	-	66.1	93.0	
	73.1	74.9	63.6	65.5	-	88.2	Tjardes *et al.* (2000)

MS: materia seca, MO: materia orgánica, FDN: fibra detergente neutro, N: nitrógeno.

PARÁMETROS DE FERMENTACIÓN EN RUMEN EN ANIMALES RECIBIENDO ENSILADO

Cambios en pH. El pH es uno de los factores más variables del ambiente ruminal, es afectado por la naturaleza del alimento, forma física del mismo, frecuencia de la ingesta, etc. (Church, 1993). Sobre esto operan los mecanismos fisiológicos que regulan el pH, siempre y cuando no se excedan los límites fisiológicos, como la rumia, que genera una gran cantidad de saliva que actúa con un efecto tampón, la rápida absorción de los AGV y el eructo. Varios estudios han demostrado que la efectividad del crecimiento de las bacterias predominantes en el rumen varía considerablemente con el pH. Las bacterias celulolíticas y las metanogénicas son afectadas una vez que el pH del rumen desciende por debajo de 6.0. También son afectados los protozoarios por el descenso de pH determinado por un consumo excesivo de concentrados en la dieta (Forsberg *et al.*, 1984). Estudios realizados con ensilajes de gramíneas de diferentes especies muestran que los silos de maíz tienden a disminuir el pH ruminal (Aydin *et al*., 1999; Dann *et al*., 2008) (Cuadro6). Esto propiciado tal vez por la proporción de grano en la planta y la madurez de la misma al momento del ensilado, que resultaría en un mayor contenido de almidón. No siendo así en ensilajes de maíz de NC, donde los valores de pH ruminal se mantuvieron por encima de 6.6 (Castro *et al*., 2010).

Concentración y producción total de ácidos grasos volátiles. Los ácidos grasos volátiles (AGV) son compuestos de cadena carbonada corta que se producen durante la degradación fermentativa de los alimentos en el rumen. Son los productos de desecho del metabolismo anaeróbico de los microorganismos. Si se permitiera la acumulación de los AGV, estos suprimirían o alterarían el proceso fermentativo al disminuir el pH del retículo-rumen. Sin embargo, el rumiante mantiene las condiciones para la fermentación al amortiguar los cambios de pH y al eliminar los AGV del retículo-rumen por absorción de los mismos.

La producción y concentración de estos en el rumen dependen de la composición de la ración, la actividad microbiana, el pH, frecuencia de ingestión de alimentos y la velocidad con la que los ácidos son absorbidos a través de la pared ruminal (Bath *et al*., 1965).

Esto es debido a cambios en el equilibrio químico del medio ambiente ruminal y las concentraciones de AGV en el rumen, son reguladas por un balance entre producción y absorción. Van Soest (1994) menciona que las proporciones relativas de los AGV varían con la dieta, encontrando que el ácido acético predomina en la mayoría de las condiciones, pero siempre se encuentran cantidades sustanciales de ácidos propiónico y butírico.

La proporción molar de ácido acético es elevada (60-75 %) cuando se suministran raciones a base de forraje, y también varía dependiendo de la gramínea de donde provenga. Dann *et al. (*2008) reportan que la cantidad de este ácido graso es mayor (75 vs 70%) en ensilados de híbridos de maíz al compararlo con sorgo de NC, siendo estos los que presentan mayor concentraciones de acido acético al contrastarlos con otros ensilados de sorgo y maíz convencional (cuadro 5).

La producción de propionato se aumenta cada vez más al dar mayor cantidad de concentrados, la proporción molar de este ácido varía entre el 15 y 19 % y nunca es mayor que la producción de acetato. La alimentación con concentrados, además de cambiar las proporciones de los distintos AGV, aumenta considerablemente la producción total de AGV. La concentración de ácido propiónico en rumen varía entre 30-34 % cuando se suministran dietas de ensilajes de maíz convencional (Aydin *et al*., 1999; Dann *et al*., 2008). Los silos de sorgo de NC y NNC tienen valores que casi son equiparables con los de maíz (30%), siendo los valores más bajos para los ensilajes de maíz de NC (Cuadro 5). Las cantidades de AGV en rumen cuando se ofrece silos de híbridos de sorgo son muy similares, pero la concentración de acético:propiónico aumenta cuando la dieta ofrecida es de sorgo de NC (Oliver *et al*., 2004).

Cuadro 5. Parámetros de fermentación ruminal en bovinos alimentados con ensilajes de gramíneas.

Forraje	AGV, mol/100 mol					
Ensilado	pH	A	P	B	A:P	Autores
Sorgo	6.43	62.6	30.6	2.8	2.0	Aydin *et al.* (1999)
Sorgo NC	6.48	60.6	29.3	4.1	2.1	
	6.42	70.4	26.7	14.7	2.69	Dann *et al*.(2008)
Maíz	6.21	62.3	30.1	3.7	2.1	Aydin *et al.* (1999)
	6.61	60.44	23.11	12.37	2.59	Castro *et al.(*2010)
	6.10	75.7	34.1	16.1	2.40	Dann *et al*. (2008)
Maíz NC	6.69	60.14	23.31	12.58	2.56	Castro *et al. (*2010)

AGV = Ácidos grasos volátiles, A=acético, P= propiónico, B= butírico, A:P= relación acetato propionato.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El presente experimento se llevo a cabo en el Laboratorio de Digestión y Metabolismo de Rumiantes del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California en el Ejido Nuevo León, B. C., México. Su ubicación geográfica es (32º 24´44,16´´ N, 115º 11´56, 87´´ O y con una altitud de 12 msnm).El clima es desértico, con una temperatura media anual de 22 °C (INEGI, 1993), con Enero como el mes más frío con una temperatura media de 13°C y una mínima promedio de -1.66°C, y Julio el más caliente con una temperatura máxima, mínima y promedio de 45, 20 y 33°C respectivamente.

Unidades experimentales. Se utilizaron cuatro novillos de la raza *Holstein* de 11 meses de edad, con peso vivo inicial promedio de 196 kg y con cánulas en rumen y duodeno proximal. Los novillos fueron sometidos a un tratamiento preoperatorio en el cual se les administró 11,000 UI/kg/d (48 h) de penicilina G procaína acuosa (i.m.) (Brovel, S.A.de C.V.), y puestos en ayuno de sólidos por 24 h y 15 h de ayuno de líquidos. Para habilitar a los animales con cánulas tipo “T” en rumen y duodeno proximal, se indujo sedación de los novillos administrando (i.m) 0.6 mg/kg de xilacina al 2% (Procin ®). Las cánulas se elaboraron con material de tygon inerte (USP; Lima, Oh) de acuerdo al procedimiento descrito por Álvarez et al. (2000). Un quinto novillo permaneció durante todo el experimento como reserva. Los novillos permanecieron en corraletas de 3.2 m^2 con bebederos automáticos y comederos individuales. Los animales siempre permanecieron sujetados a la corraleta con un almartigón para que no tuvieran exceso de

movimiento y dificultara el muestreo, así como para evitar el desperdicio de alimento.

Desarrollo Experimental

Se evaluaron cuatro ensilajes de variedades hibridas de Sorgo x Sudán que integraron los tratamientos siguientes: **1)** NCG nervadura café con grano, **2)** NCF nervadura café sin grano, **3)** NNCG no nervadura café con grano y **4)** NNCF no nervadura café sin grano. El experimento tuvo una duración de 56 días, inició el 31 de Diciembre y finalizó el 25 de Febrero de 2011. Se dividió en cuatro periodos con una duración de 14 días cada uno, los diez primeros para adaptación y los cuatro restantes para la colección de muestras. Los novillos se pesaron por la mañana 3 h post-alimentación al inicio y al final de cada periodo.

De los tratamientos conformados por las cuatro variedades de sorgo (T1=Amo del ensilaje, T2=Caramelo, T3=MAS-540, y T4=Rayo Verde), 2 fueron plantadas en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC y las dos restantes en Rancho Nuevo, a 13 km del Instituto de Ciencias Agrícolas. El silo de las variedades Rayo Verde y Caramelo se elaboró en ICA y el de las otras dos variedades se hizo en el predio “Rancho Nuevo”. El corte para el ensilado se realizó cuando la planta tenía alrededor del 28%de MS, a una altura cercana a 10 cm a ras de suelo.

Los ensilajes se mantuvieron en contenedores metálicos de 200 L para tener una fácil disposición del forraje. El concentrado que se ofreció fue a base de granos secos de destilería (Cuadro 2). El total de éste se elaboró en una sola mezcla para evitar una heterogeneidad en el concentrado. Fue mezclado en una mezcladora con capacidad de 500 kg. Cada novillo recibió diariamente (0700 y 1900 h) el 2.1 % de alimento en relación a su PV con una proporción concentrado-ensilaje 30:70 respectivamente. Como marcador externo de la digesta se utilizó óxido crómico al 0.3% del total de la materia seca, con el objetivo de que se mantuviera constante esta concentración de cromo debido a la variabilidad en el contenido de MS en los distintos ensilados, diariamente se hicieron determinaciones de MS parcial en éstos, utilizando un horno de microondas con el protocolo de secado descrito en el Cuadro 6. Durante todo el periodo se tomaron muestras diarias de los ensilajes como del concentrado las cuales fueron secadas y molidas en un molino (Thomas-Wiley, Philadelphia, PA, USA) con criba de 1 mm, y envasadas en frascos de plástico para su posterior análisis.

Colección de muestras. Del día 11 al 14 de cada periodo se tomaron muestras individuales de fluido duodenal y heces dos veces por día con el siguiente horario: día 1, 0930 y 1530; día 2, 0800 y 1400; día 3 0630 y 1230; y día 4, 0500 y 1100, de tal forma que el intervalo entre muestras fuera de 90 minutos por un periodo de 12 h.

En cada una de las ocho muestras de fluido duodenal se colectaron 700 ml, almacenándose en un recipiente de plástico de 5 L que se mantuvo a – 15^0 C. Del total se tomó una alícuota del 10% para su análisis posterior. Para la colección de

heces se tomaron aproximadamente 200 gr de las heces más recientes defecadas por el novillo, las muestras de los cuatro días se almacenaron a -15ºC, del total se hizo una alícuota y se tomo el 20 % como muestra. Al final de cada periodo, una alícuota de 900 mL de quimo duodenal se depositó en un recipiente refractario para desecar la muestra a 55°C durante 72 h. Las heces se descongelaron a temperatura ambiente, se homogenizaron manualmente y una cantidad de aproximadamente 200 g se colocaron en forma extendida (aproximadamente 1 cm de grosor) en papel aluminio para desecarse a una temperatura de 55°C. Una vez secadas, tanto las muestras de quimo intestinal como las de heces fueron trituradas y molidas en una licuadora convencional para obtener un tamaño de partícula de aproximadamente 1mm y se guardaron en envases de plástico para su posterior análisis.

En el día 14 de cada periodo a las 1100 h, después de la colección rutinaria de la muestra de heces y duodeno, se tomó muestra de líquido del rumen y se hizo un vaciado ruminal. La colección del líquido ruminal se hizo con una bomba manual de succión, al extraerse se filtró a través de cuatros capas de gasa quirúrgica, midiéndose el pH inmediatamente con un potenciómetro de vidrio. A efecto de detener cualquier actividad microbial y para conservar hasta su análisis de AGV, se mezcló una alícuota de 80 ml de líquido ruminal con 20 ml de ácido Metafosfórico 25% y se conservó en una bolsa Whirl-Pack a -20 ºC. Para cuantificar el total de líquidos y sólidos se hizo el vaciado total del rumen con una aspiradora convencional seco-líquido de 50.0 L(Huhtanen y Khalili, 1991). El contenido total se mezcló y tomó una alícuota (1 kg) que se congeló a para su

análisis posterior. Inmediatamente todo se regresó a la cavidad ruminal. En promedio el procedimiento completo se realizó en 18-25 minutos por animal. La materia orgánica (MO) fermentada en rumen fue considerada igual a la MO consumida menos la diferencia entre la cantidad total de MO y MOM que llegan a duodeno.

ANÁLISIS DE LABORATORIO

Este se llevó a cabo al finalizar el último periodo en el Laboratorio de Nutrición Animal del Instituto de Ciencias Agrícolas de la UABC.

Forraje y concentrado. A todas las muestras de ensilaje y concentrado se les determinó MS Total, en una estufa de aire forzado a 105 ºC; Cenizas en una mufla a 600 ºC; N Kjeldahl (AOAC, 2000), FDN con el procedimiento de Van Soest *et al. (*1991), almidón y contenido de óxido crómico al concentrado (Hill y Anderson, 1958).

Líquido ruminal. Para la determinación de AGV las muestras se descongelaron y centrifugaron a 9,000 x *g* durante 10 minutos y posteriormente de acuerdo al procedimiento de Hess *et al. (*2003) se hizo la determinación de AGV mediante un cromatógrafo de gases (Hewlett Packard 5890) equipado con un detector de ionización por flama y columna capilar, similar al procedimiento descrito por Álvarez y Zinn (2007).

Duodeno. A las muestras de duodeno se les analizó MS, cenizas, FDN, FDA, celulosa, N Kjeldahl, nitrógeno amoniacal (AOAC 2000) y concentración de cromo. Mediante la estimación de purinas como marcador microbial con el método descrito por Zinn y Owens (1986), se calculó la materia orgánica microbiana (MOM) y el N microbiano (NM) que llega a duodeno.

Heces. A las heces se les analizo Materia Seca (105 ºC), cenizas, FDN, FDA, celulosa, N Kjeldahl y concentración de óxido crómico, (Hill y Anderson 1958).

Variables Evaluadas. Digestibilidad a nivel ruminal, post-ruminal y tracto total de MO, FDN, FDA, celulosa y nitrógeno; flujo a duodeno de MO,FDN, Nitrógeno, N Amoniacal, N Microbial, N No Amoniacal, N Alimento; Eficiencia microbial y del Nitrógeno. Así como las características de la fermentación ruminal: pH y producción de ácidos grasos volátiles.

Análisis Estadístico. Los datos fueron analizados mediante un diseño en Cuadro Latino 4x4 de acuerdo al modelo siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + C_j + H_k + E_{ijk}$$

Donde: Y_{ijk}= es la variable de respuesta, μ= es la media poblacional, Ti= i-ésimo efecto de tratamiento, C_j= j-ésimo efecto de novillo, H_k = k-ésimo efecto de periodo experimental y E_{ijk} es el error experimental en cada unidad experimental. Los datos fueron analizados con el método ProcMixed del programa SAS (2002). Los factores en estudio, presencia de NC, cantidad de grano y contenido de almidón, fueron evaluados mediante los contrastes siguientes: **C1**, Nervadura café (T1 y T2) vs No nervadura café (T3 y T4); **C2**, variedades para grano (T1 y T3) vs variedades forrajeras (T2 y T4); y **C3**, variedades con mayor contenido almidón (T1, T2 y T3) vs variedades con menor contenido de almidón (T4).La probabilidad para evaluar los contrastes y las diferencias de medias fue 0.05.

Cuadro 6. Procedimiento[1] de secado en horno microondas

Ciclo de secado	Ciclos
1	3 min
2	2:30 min
3	1:30 min
4	50 seg
5	40 seg
6	40 seg
7	40 seg
8	30 seg
9	30 seg
10	30 seg
11	25 seg
12	20 seg
13	20 seg
14	15 seg
15	15 seg
16	15 seg
17	15 seg
18	15 seg

[1]50 En un microondas se colocaron dos recipientes de vidrio, uno con 50 g de ensilaje y otro con 200 ml de agua. El agua se renueva y la muestra se pesa en cada ciclo de secado hasta que dos pesos consecutivos no cambian.

Cuadro 7. Composición del concentrado (Porcentaje en BS)

Ingredientes	**%**
Granos de destilería	89.73
Melaza	3.33
Urea	2.66
Oxido crómico	1
Premezcla minerales	3.26

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de los forrajes utilizados en el presente estudio se presenta el Cuadro 8. Como se esperaba por lo observado en estudios previos (Oliver et al., 2004; Grant et al., 1995; Dann et al., 2008; Taylor and Allen., 2005), el ensilaje Amo de NC presentó menor contenido de lignina, un 37% debajo del promedio de las variedades de no nervadura café (NNC) MAS540 y R-Verde; sin embargo, la variedad CRM, también de NC, no presentó esta tendencia. Varias pueden ser las razones de lo anterior, como por ejemplo la edad fisiológica de las variedades en estudio al momento del corte (Hunt *et al*., 1989). Aunque Cherney *et al.* (1991) demostraron que existe diferencia en las concentraciones de FDN y FDA al comparar gramíneas de NC y convencionales, esto no sucedió en el presente estudio. Aydin *et al. (*1991) tampoco encontraron grandes diferencias en el contenido de FDA. De las variedades de NC en estudio solamente CRM presento 8.6% mas FDN que el promedio de las dos variedades de NNC. Pero al comparar los promedios, el gen de nervadura café provocó una disminución de 3.3% en el contenido de FDN. Diversos reportes (Thorstesson *et al*., 1992; Oliver *et al*., 2004; Aydin *et al*., 1991) señalan que con los ensilajes de nervadura convencional el contenido de FDN siempre es mayor o muy similar a sus contrapartes de NC. Entre las variedades de NC no se observaron ($P<.05$) diferencias en la cantidad de PC (5.2 vs 5.6 %), pero en las variedades de NNC M-540 fue dos puntos porcentuales más alta que la R-Verde. En contraste con otros estudios (Oliver *et al*., 2004; Grant *et al*., 1995), todas las variedades de sorgo Sudán presentan bajo contenido de PC, aunque se conoce que este

componente tiene una fuerte relación con el nivel de fertilización (Cox y Cherney., 2001; Sheafer *et al*., 2006), estado de madurez (Ganoe y Roth., 1992; Hunt *et al*., 1989; Farías *et al*., 1987) y variedad (Porter *et al*., 1978; Hoon *et al*., 1984; Núñez y Cantú, 2000. Es importante mencionar que debido a que los ensilados del presente experimento fueron proporcionados por un productor comercial de pasturas, no se tuvo control total sobre el manejo agronómico del cultivo. Con el objetivo de contrastarlas variedades de sorgo forrajero con menor y mayor contenido de grano, se esperaba que en estas últimas el porcentaje de almidón fuera mayor a12% (Taylor y Allen., 2005; Grant *et al*., 1995), sin embargo, los niveles de almidón finalmente identificados en las variedades incluidas en el presente estudio no fueron lo suficientemente diferentes ni elevados para obtener resultados consistentes de este diferencial en la composición. El más alto contenido de almidón lo alcanzó con apenas 8% la variedad M-540, encontraste con apenas el 2% observado en la variedad R-Verde.

El flujo de nutrientes a duodeno y la eficiencia del nitrógeno se presentan en el Cuadro 9. No existió influencia (P>.05) de los factores en estudio sobre el flujo de MO hacia duodeno. Otros estudios en que se comparan variedades de NC y NNC tampoco han reportado diferencias consistentes en la llegada de MO a duodeno (Oba y Allen., 2000; Greenfield *et al*., 2001).

La presencia de NC, variedades Amo y CRM provocó un aumento (P<.05)en el flujo de FDN hacia duodeno. Resultados similares reportan Oba y Allen (2000) al observar en los forrajes de NC un incremento del 7% en el flujo de FDN; en contraste Greenfield *et al. (*2001) encontraron un menor (P<.007) flujo de FDN

hacia duodeno cuando se alimentó con ensilados de NC. La presencia de NC o el mayor contenido de grano no provocaron diferencias (P>.05) en el flujo de N y N microbial. Este resultado difiere de lo presentado por Oba y Allen (2000), quienes reportaron un incremento de 21% en flujo de N microbial en vacas alimentadas con ensilajes de NC al compararlas con ensilajes de NNC.

La presencia de NC en los ensilajes elevo (P<.01) la eficiencia del nitrógeno en el presente experimento. Este mismo efecto (P = 0.01) fue también causado por el mayor contenido de almidón al contrastar las variedades con diferente contenido de esta fracción. No existió influencia (P > 0.05) de la presencia de NC sobre la eficiencia microbial. Oba y Allen (2000) observaron como la presencia de NC en los forrajes tuvo un marcado efecto al aumentar (P<.01) la eficiencia microbial, ellos atribuyen este incremento a la mayor tasa de pasaje ruminal cuando se utilizan estos forrajes. Lo anterior coincide con lo reportado por Hoover (1986), donde se muestra una mayor eficiencia microbial en los forrajes de NC; sin embargo, el autor arguye una inconsistencia en el resultado, ya que con el bajo pH ruminal que observo en los tratamientos de NC se esperaría una disminución en la eficiencia microbial. Greenfield et al. (2001) también se refieren a la relación entre el pH del rumen y la eficiencia microbial, al observar mayor eficiencia microbial en las vacas alimentadas con silos de NNC. Sin embargo, estos resultados difieren a los encontrados en el presente estudio, donde los animales alimentados con silo Amo de NC son los que presentaron menor pH ruminal (6.11), pero es donde se observó la mayor (P<.05) eficiencia microbial.

Cuadro 8. Ingredientes y Composición Química de los Ensilados y Suplemento del Experimento

	Ensilajes				
	Amo	CRM	M-540	R-Verde	Suplemento
Materia Seca %	27.5	27.5	29.5	25.5	
%MS					
PC	5.6	5.2	6.7	4.7	33.7
Almidón	4	4	8	2	
FDN	54.3	60.0	54.2	56.3	25.13
FDA	28.6	28.1	29.1	28.9	8.08
Lignina	2.9	4.4	4.7	4.5	1.23
pH	3.7	4.1	3.9	4.1	

T1= Amo (NC, G y A), T2= CRM (NC, F y A), T3= M-540 (NNC, G y A), T4= R-Verde (NNC, F y NA).FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente acida, PC= proteína cruda.

Cuadro 9. Flujo de Nutrientes a Duodeno y Eficiencia del N en Novillos Holstein Alimentados con Ensilajes de Cuatro Diferentes Variedades de Sorgo.

	Tratamientos					C 1		C 2		C 3		P < F		
	Amo	**CRM**	**M-540**	**R-Verde**	**EE**	**NC**	**NNC**	**G**	**F**	**A**	**NA**	**C1**	**C2**	**C3**
Flujo g/d														
Materia Orgánica	1376.7	1098.0	1181.5	1238.8	164.44	1237.38	1210.18	1279.13	1168.43	1218.75	1238.86	0.81	0.35	0.89
FDN	491.2[a]	386.0[b]	391.5[ab]	460.3[ab]	49.51	438.63	425.95	441.38	423.20	422.92	460.39	0.72	0.61	0.41
Nitrógeno	51.2	44.8	46.8	47.6	6.88	48.03	47.24	49.00	46.27	47.62	47.67	0.84	0.50	0.99
N Amoniacal	24.9	23.3	19.3	27.2	2.88	24.13	23.31	22.16	25.28	22.55	27.23	0.76	0.26	0.18
N Microbial	25.6	27.0	25.2	25.7	2.13	26.33	25.46	25.42	26.38	25.96	25.71	0.61	0.58	0.91
N No Amoniacal	26.2	24.9	27.4	21.5	3.96	25.62	24.46	26.84	23.24	26.22	21.51	0.67	0.21	0.19
N Alimento	0.6[a]	8.2[b]	2.2[ab]	-1.9[a]	2.19	4.43	0.125	1.425	3.13	3.69	-1.96	0.08	0.46	0.07
MO Microbial	256	253.2	252.2	259	20.51	254.63	255.63	254.13	256.13	253.83	259	0.93	0.86	0.70
Efic. Microbial[1]	34.3	28.0	24.3	29.81	5.08	31.17	27.08	29.35	28.90	28.90	29.81	0.31	0.91	0.84
Eficiencia del N[2]	0.6[a]	0.6[b]	0.6[ac]	0.55[c]	0.04	0.64	0.57	0.60	0.61	0.63	0.55	0.01	0.77	0.01

a, b, c medias con distinta literal en una hilera no son iguales (P≤0.05). FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente acida, MO= materia orgánica, N= nitrógeno, NC= Nervadura café, NNC= No nervadura café, G= sorgo p/grano, F= sorgo p/follaje, A= almidón, NA= no almidón. T1= Amo (NC, G y A), T2= CRM (NC, F y A), T3= M-540 (NNC, G y A), T4= R-Verde (NNC, F y NA). C1, C2, C3= Contrastes 1,2 y 3. EE= error estándar.

1 Eficiencia microbial, g de N microbial / kg de MO fermentada, 2 g de N no amoniacal / g nitrógeno consumido.

En el Cuadro 10 se muestran la influencia de las distintas variedades de ensilaje de sorgo sobre los valores de digestión ruminal de los nutrientes en novillos Holstein. La variedad M-540 identificada como NNC con mayor contenido de grano, presentó la mayor ($P < 0.05$) digestibilidad de la MO, en contraste con la variedad AMO que es de NC, que presentó el menor valor de digestibilidad de la MO, siendo estos resultados similares a lo reportado por Oba y Allen (2000) en un estudio donde compararon híbridos de sorgo de NC vs NNC. La presencia del gen de NC o el contenido de grano no influyó ($P > 0.05$) sobre la digestibilidad de la FDN y la celulosa; Taylor y Allen (2005) reportan resultados similares a lo observado en el presente estudio. Sin embargo la variedad M-540, del grupo NNC, mostro 16.6% mayor ($P < 0.05$) digestión ruminal de la FDA que el promedio de las otras variedades.

La variedad R-Verde presenta la mayor ($P< 0.05$) degradación de N en el rumen, seguida de las variedades de Amo y M-540. El menor porcentaje se observó con el silo CRM. En coincidencia con lo reportado por Oliver et al. (2004), las variedades de NC presentaron mayor ($P < .03$) degradación del Nitrógeno en rumen que las variedades convencionales (NNC). Otras variables como en la MO y la fracción fibrosa se aprecia una mayor degradación ruminal para las variedades de NNC. Reportes como los de Wedig et al. (1988) y Greenfield et al. (2001) no muestran dominancia de las variedades convencionales sobre las de nervadura café. Esta inconsistencia se atribuye mayormente al estado de madurez, caracterizado principalmente por el contenido de MS al momento del corte y el tamaño de partícula que presenten los ensilajes (Oba y Allen., 2000). En general

no existen diferencias en el grado de digestión en rumen al contrastar las variedades forrajeras contra las de grano, pero si se observa mayor ($P < 0.01$) degradación del nitrógeno en el rumen en las variedades que presentaban mayor contenido de almidón.

La digestión post-ruminal de las distintas variables se muestra en el Cuadro 11. En estudios previos realizados con ensilajes de maíz se a observado que la presencia de NC en los forrajes muestran un mayor grado de digestibilidad de la MO y la fracción fibrosa en el tracto bajo (Qiu et al., 2003; Oba y Allen 2000). Resultados similares se observaron en el presente estudio, aun cuando no existieron ($P>.05$) diferencias estadística, se observa una superioridad numérica en la digestión post-ruminal de la MO, FDN, FDA y celulosa en las variedades de NC. Algunos autores argumentan que esta mejoría en la digestión en el tracto bajo puede estar dada por un efecto compensatorio, donde al existir una menor digestión ruminal de los nutrientes la degradación post ruminal aumenta (Aydin et al., 1999; Oba y Allen, 2000). La digestión del nitrógeno en el tracto bajo fue menor ($P<.05$) en el ensilaje de M-540. Ninguno de los contrastes fue significativo ($P>.05$).

Cuadro 10. Digestión Ruminal (%) en Novillos Holstein Alimentados con Ensilajes de Cuatro Diferentes Variedades de Sorgo.

	Tratamientos					C 1		C 2		C 3		P < F		
	Amo	**CRM**	**M-540**	**R-Verde**	**EE**	**NC**	**NNC**	**G**	**F**	**A**	**NA**	**C1**	**C2**	**C3**
Digestion Ruminal %														
Materia Orgánica	42.66[a]	46.65[ab]	52.74[b]	45.13[a]	3.24	44.66	48.93	47.70	45.89	47.35	45.13	0.11	0.45	0.43
FDN	47.74	50.80	55.16	50.09	3.67	49.27	52.63	51.45	50.45	51.23	50.09	0.19	0.68	0.68
FDA	38.74[a]	48.83[ac]	51.65[bc]	45.29[ac]	3.77	43.79	48.47	45.19	47.06	46.41	45.29	0.19	0.59	0.78
Celulosa	55.24	56.34	60.75	57.17	3.42	55.79	58.96	58.00	56.75	57.44	57.17	0.31	0.68	0.94
Nitrógeno	98.40[ac]	88.05[b]	95.40[ab]	105.15[c]	2.95	93.22	100.27	96.90	96.60	93.95	105.15	0.03	0.92	0.01

a, b, c medias con distinta literal en una hilera no son iguales (P≤0.05). FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente acida, NC= Nervadura café, NNC= No nervadura café, G= sorgo p/grano, F= sorgo p/follaje, A= almidón, NA= no almidón. T1= Amo (NC, G y A), T2= CRM (NC, F y A), T3= M-540 (NNC, G y A), T4= R-Verde (NNC, F y NA). C1, C2, C3= Contrastes 1,2 y 3. EE= error estándar

Cuadro 11. Digestión Post-Ruminal (%) en Novillos Holstein Alimentados con Ensilajes de Cuatro Diferentes Variedades de Sorgo.

	Tratamientos					C 1		C 2		C 3		P < F		
	Amo	**CRM**	**M-540**	**R-Verde**	**EE**	**NC**	**NNC**	**G**	**F**	**A**	**NA**	**C1**	**C2**	**C3**
Digestion Post-Ruminal %														
Materia Orgánica	39.26	40.88	34.24	37.26	4.63	40.07	35.75	36.75	39.07	38.13	37.26	0.26	0.53	0.83
FDN	8.22	9.39	1.82	2.74	7.02	8.80	2.28	5.02	6.06	6.47	2.74	0.26	0.85	0.56
FDA	9.29	13.00	6.15	-3.59	8.48	11.15	1.28	7.72	4.71	9.48	-3.59	0.27	0.73	0.21
Celulosa	9.45	13.04	10.90	-2.17	9.75	11.24	4.37	10.18	5.43	11.13	-2.17	0.49	0.64	0.26
Nitrógeno	71.28^{ab}	69.42^{ab}	66.53^{a}	71.93^{bc}	2.36	70.35	69.23	68.91	70.67	69.08	71.93	0.50	0.30	0.16

a, b, c medias con distinta literal en una hilera (P≤0.05). FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente acida, NC= Nervadura café, NNC= No nervadura café, G= sorgo p/grano, F= sorgo p/follaje, A= almidón, NA= no almidón. T1= Amo (NC, G y A), T2= CRM (NC, F y A), T3= M-540 (NNC, G y A), T4= R-Verde (NNC, F y NA). C1, C2, C3= Contrastes 1,2 y 3. EE= error estándar.

La digestión total de nutrientes se presenta en el Cuadro 12. En el presente estudio las variedades de nervadura café en promedio presentan 16 % mayor digestión de la MO en rumen con respecto a las variedades de NNC, coincidentemente con lo observado por Tjardes (2000); contrastando con lo presentado por Oba y Allen (2000) al encontrar 8.7% mayor porcentaje de degradación de la MO en silos de maíz NNC vs NC; sin embargo, otros autores no muestran alguna diferencia que este dada por la presencia de NC (Greenfield et al., 2001; Qiu et al., 2003).

Los resultados en la digestibilidad total de la NDF en este trabajo difieren a lo encontrado en otros estudios (Oliver et al., 2004; Tjardes, 2000), donde muestran que las variedades de nervadura café presentan una mayor digestión total, sin embargo, contrario a lo esperado, se observó que la variedad M-540 NNC resultó ligeramente superior (56.2 vs 54.9 %) al promedio de las variedades de NC. Aydin et al. (1999) no encontraron diferencia significativa en la digestibilidad total de la FDN al comparar ensilaje de sorgo NC y silo de maíz convencional. En estudios previos (Oba y Allen, 1999; Tjardes et al., 2000) se ha observado que la digestibilidad de la FDN y la FDA está muy relacionada con el consumo de MS; cuando se ofrece a los animales alimentación restringida la digestión de FDN y FDA es mayor en ensilajes de NC comparados con ensilajes de NNC, pero cuando el consumo es *ad libitum* y el consumo de ensilajes de NC aumenta, es en los silos de NNC donde se encuentra el mayor porcentaje de degradación.

Oba y Allen (2000) argumentan que una alta tasa de pasaje asociada con el aumento en el consumo de MS reduce el tiempo de retención ruminal para silos de NC, lo que puede retribuir en un una reducción en la digestión total del tracto para las partes fibrosas.

En el presente estudio se observa que los ensilajes que contienen mayor proporción de almidón presentan una consistente mayor ($P< 0.05$) digestión de su contenido fibroso (FDN, FDA y celulosa) como lo demuestran los resultados del Contraste 3, en que se comparan las variedades con mayor contenido de almidón vs las de menor contenido.

En el Cuadro 13 se observan las características de la fermentación ruminal en novillos Holstein alimentados con ensilajes de sorgo. No existió influencia ($P> 0.05$) de las variedades ni los factores en estudio sobre el pH del rumen, aun es numéricamente menor en los animales alimentados con las variedades de NC, donde el silo Amo es el que presenta el valor más bajo, 4.2 % menos que el promedio en variedades de NNC. Otros estudios (Rook et al., 1997; Block et al., 1981) concuerdan con lo encontrado en el presente estudio ya que observaron que el pH ruminal disminuye cuando se sustituyo el silo de maíz NNC por ensilaje de NC; Sin embargo, Tjardes et al. (2000) no encontraron alguna influencia de la presencia de la nervadura café, en cuanto a la variación del pH ruminal. La mayor ($P<.05$) producción de acetato ocurrió cuando se ofreció el ensilaje de Amo-NC y la menor ($P<.05$) se observó en animales alimentados con silo CRM de NC, sin embargo, este último fue el que presentó mayor producción de propionato ($P<.05$). Rook et al. (1977) no reportaron diferencias en la proporción molar de acetato o propionato, en ensilajes de maíz de NC o NNC, cuando estos fueron ofrecidos en un 60% de la dieta en vacas lactantes, pero cuando el nivel de forraje se

incrementa a 85 %, observó un aumento en la proporción molar de acetato y propionato, en los animales alimentados con ensilaje de NC. Esta relación acetato:propionato en el silo CRM es indicativa de un mejor perfil de fermentación ruminal, quizá bajo condiciones óptimas pueda esperarse un comportamiento animal superior frente a otros forrajes.

En cuanto a la producción de butirato no se encontraron diferencias entre las variedades. La proporción acetato:propionato en el presente estudio disminuyo 23% para la variedad CRM de NC con respecto a las variedades Amo de NC y R-Verde de NNC, sin embargo, en general esta proporción A:P es todos los tratamientos es alta comparada con lo reportado en estudios similares. Esto puede ser explicado por restricción en el consumo diario de alimento durante el experimento (2.1% del PV). Según Tjardes et al. (2000), esto resulta en una reducción en la producción total de AGV pero también en un aumento en la proporción molar de acetato. En estudios previos se ha observado que la proporción acetato:propionato es mayor ($P<.05$) cuanto se alimenta con silos de sorgo de NC comparado con ensilaje de maíz de NNC (Oliver et al., 2004; Dann et al., 2008).Fritz et al. (1988) no encontraron diferencias en cuanto a la producción total de AGV o en la relación acetato:propionato en vacas alimentadas con silo de sorgo de NC y sorgo x Sudán NNC; sin embargo Brock et al. (1981) observaron una relación baja acetato:propionato para animales alimentados con silo de NC comparado con el de NNC. Aydin et al. (1999) atribuye la variación que hay en la producción de VFA entre variedades de sorgo NC y NNC de los diferentes estudios al contenido de forraje en las dietas, condiciones de crecimiento y genotipo de los forrajes.

Cuadro 12. Digestión Total (%) En Novillos Holstein Alimentados con Ensilajes de Cuatro Diferentes Variedades de Sorgo.

	Tratamientos					C 1		C 2		C 3		P < F		
	Amo	**CRM**	**M-540**	**R-Verde**	**EE**	**NC**	**NNC**	**G**	**F**	**A**	**NA**	**C1**	**C2**	**C3**
Digestion Total %														
Materia Orgánica	58.74	60.95	60.55	57.43	1.66	59.84	58.99	59.64	59.19	60.08	57.43	0.57	0.76	0.16
FDN	54.05^{ab}	55.81^{ab}	56.24^{a}	51.44^{bc}	1.94	54.93	53.84	55.14	53.63	55.37	51.44	0.46	0.32	0.05
FDA	46.00^{a}	55.64^{b}	54.66^{b}	44.80^{a}	2.51	50.82	49.73	50.33	50.22	52.10	44.80	0.59	0.96	0.01
Celulosa	61.01^{a}	62.21^{ab}	65.02^{b}	58.30^{a}	1.47	61.61	61.66	63.01	60.26	62.75	58.30	0.97	0.07	0.02
Nitrógeno	67.39	65.49	65.91	67.50	1.07	66.44	66.70	66.65	66.50	66.26	67.50	0.78	0.87	0.28

a, b, c medias con distinta literal en una hilera (P≤0.05). FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente acida, NC= Nervadura café, NNC= No nervadura café, G= sorgo p/grano, F= sorgo p/follaje, A= almidón, NA= no almidón. T1= Amo (NC, G y A), T2= CRM (NC, F y A), T3= M-540 (NNC, G y A), T4= R-Verde (NNC, F y NA). C1, C2, C3= Contrastes 1,2 y 3. EE= error estándar.

Cuadro13. Características de la Fermentación Ruminal en Novillos Holstein Alimentados con Ensilajes de Cuatro Diferentes Variedades de Sorgo.

	Tratamientos					C 1		C 2		C 3		P < F		
	Amo	CRM	M-540	R-Verde	EE	NC	NNC	G	F	A	NA	C1	C2	C3
PH	6.11	6.34	6.37	6.40	0.10	6.23	6.38	6.24	6.37	6.27	6.40	0.14	0.20	0.28
Acetato, mol 100 mol^{-1}	75.06^{a}	69.86^{b}	73.19^{ab}	74.78^{a}	1.31	72.46	73.98	74.12	72.32	72.70	74.78	0.21	0.14	0.14
Propionato, mol 100 mol^{-1}	18.90^{a}	22.72^{b}	20.28^{ab}	18.82^{ac}	1.04	20.81	19.55	19.59	20.77	20.63	18.82	0.20	0.23	0.12
Butirato, mol 100 mol^{-1}	6.04	7.42	6.53	6.41	0.48	6.73	6.47	6.29	6.91	6.66	6.41	0.60	0.22	0.65
Acetato:propionato	3.98	2.97	3.68	3.69	0.22	3.52	3.79	3.79	3.52	3.55	3.97	0.39	0.05	0.62

a, b, c medias con distinta literal en una hilera (P≤0.05). NC= Nervadura café, NNC= No nervadura café, G= sorgo p/grano, F= sorgo p/follaje, A= almidón, NA= no almidón. T1= Amo (NC, G y A), T2= CRM (NC, F y A), T3= M-540 (NNC, G y A), T4= R-Verde (NNC, F y NA). C1, C2, C3= Contrastes 1,2 y 3.EE= error estándar.

CONCLUSIONES

Contra lo que se esperaba, en los novillos alimentados con ensilajes de nervadura genéticamente modificada no se mejoró la digestibilidad ruminal de las diferentes fracciones, a excepción de la mejoría en la eficiencia de uso del nitrógeno. Aún cuando se tuvo un bajo contenido de almidón en los ensilajes, existió una relación directa entre esta fracción y digestión total de las partes fibrosas. Entonces es recomendable que al elegir el tipo de variedad a ensilar se considere que existe mayor influencia del contenido de grano que existencia de modificaciones genéticas en la nervadura de las hojas.

LITERATURA CITADA

Abdelhadi, L.O., Santini, F.J., 2006. Corn silage versus grain sorghum silage as a supplement to growing steers grazing high quality pastures: Effects on performance and ruminal fermentation. Anim. Feed Sci. Technol. 127: 33-43.

Álvarez, E. G., M. F. Montaño and R. A. Zinn. 2000. Comparative feeding value of elephant grass in growing diets for feedlot cattle. Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci. 51:477-480.

Alvarez E.G and Zinn R.A. 2007. Influence of site of casein infusion on voluntary feed intake and digestive function in steers calves fed a Sudángrass-based growing diet. Journal of Animal and Veterinary Advances. 6(2):249-256.

AOAC (2000) Official Methods of Analysis (17 th ed.). Association of Official Administrador Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA. 2200 pp

Aydin G, Grant R.J, O'rear J.1999. Brown midrib sorghum in diets for lactating dairy cows. J Dairy Sci. 82:2127-2135.

Ballard C.S, Thomas E.D, Tsang D.S, Mandebvu P, Sniffen C.J, Endres M.I, Carter M.P. 2001. Effect of corn silage hybrid on dry matter yield, nutrient composition, In vitro digestion, intake by dairy heifers, and milk production by dairy cows. J Dairy Sci. 84:442-452.

Bath I. H and J. A. F. Rook. 1965. The evaluation of cattle foods and diets in terms of the ruminal concentration of volatile fatty acids: II. Roughages and succulents.Agric. Sci.64: 67-75.

Broderick, G. A. 1995. Performance of lactating dairy cows fed either alfalfa silage or alfalfa hay as the sole forage. J. Dairy Sci. 78:320 - 329.

Castro J. J., J. K. Bernard, N. A. Mullis, and R. B. Eggleston. 2010. Brown midrib corn silage and Tifton 85 bermudagrass in rations for early-lactation cows. J. Dairy Sci. 93:2143-2152.

Cherney J.H., D.J.R. Cherney, D.E. Akin, J.D.1991. Axtell, Potential of brown-midrib, low lignin mutants for improving forage quality. Adv. Agron. 46 : 157–198.

Church D.C. 1993. Fisiología Digestiva y Nutrición de los Rumiantes. Ed. Acribia, Zaragoza.

Cox W.J, Cherney D.L. 2001. Influence of brown midrib, leafy, and transgenic hybrids on corn forage production. Agron. J. 93:790-796.

Dann H.M, Grant K.W, Cotanch E.D, Thomas C.S, Ballard R. 2008. Rice. Comparison of brown midrib sorghum-Sudángrass with corn silage on lactational performance and nutrient digestibility in Holstein dairy cows J. Dairy Sci. 91: 663 - 672.

Farias J.M, Winch J.E.1987. Effect of planting date and harvest stage upon yield, yield distribution and quality of sorghum Sudángrass in northern Mexico. Trop Agric. 64:87-90.

Fritz, J. O., K. J. Moore, and E. H. Jaster. 1988. In situ digestion kinetics and ruminal turnover rates of normal and brown midrib mutant sorghum×Sudángrass hays fed to nonlactatingholstein cows 1. J Dairy Sci. 71:3345-3351

Fritz, J. O., K. J. Moore, and E. H. Jaster. 1990. Digestion kinetics and cell wall composition of brown midrib Sorghum × Sudángrass morphological components. Crop Sci. 30:213–219.

Ganoe, K.H., and G.W. Roth.1992.Kernel milk line as a harvest indicator of corn silage in Pennsylvania. J. Prod. Agric. 5:519–523.

Grant, R. J., S. G. Haddad, K. J. Moore, and J. F. Pedersen. 1995. Brown midrib sorghum silage for midlactation dairy cows. J. Dairy Sci. 78:1970–1980.

Greenfield, T. L., R. L. V. Baldwin, R. A. Erdman, and K. R. McLeod. 2001. Ruminal fermentation and intestinal flow of nutrients by lactating cows consuming brown midrib corn silages. J. Dairy Sci. 84:2469–2477.

Hill F.N, Anderson D.L .1958. Comparison of metabolizable energy and productive energy determination with growing chicks. J. Nutr. 64:587-603.

Hoffman P.C., Combs D.K.,Casler M.D. (1998). Performance of lactating dairy cows fed alfalfa silage or perennial ryegrass silage. J. Dairy. Sci. 81: 162–168.

Hoon M.L, Brewaker J.L.1984. Effects of brown midrib-3 on yield and yield components of maize. Crop Sci. 24:105-108.

Hunt C W, W Kezar, R Vinande. 1989. Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear, and stover as affected by maturity. J. Prod. Agric. 2:357-361.

Huhtanen P, Khalili H. 1991. Sucrose supplements in cattle given grass silage-based diet. Anim. Feed Sci. Technol. 33:275-287.

Jung, H. G., and G. C. Fahey, Jr. 1983.Nutritionalimplications of phenolic monomers and lignin: a review. J. Anim. Sci. 57:206.

Kliem, K. E., Morgan, R., Humphries, D. J., Shingfield, K. J., Givens, D. I. 2008.Effect of replacing grass silage with maize silage in the diet on bovine milk fatty acid composition. J. Anim. Sci. 2: 1850-1858.

Mertens, D. R., and L. O. Ely. 1979. A dynamic model of fiber digestion and passage in the ruminant for evaluating forage quality. J. Anim. Sci.49:1085-1095.

Muck R. E.2004.Effects of corn silage inoculants on aerobic stability .ASAE 47(4): 1011−1016

National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

Neylon, J. M., and L. Kung, Jr. 2003.Effects of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. J. Dairy Sci. 86:2163-2169.

NuñezH.G., and Cantu B.J.E.2000. Producción, composición química y digestibilidad del forraje de sorgo x Sudán de nervadura café en la región norte de México. Tec Pecu Mex.38:177-187.

Oba, M., and M. S. Allen. 1999. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. J. Dairy Sci. 82:135–142.

Oba, M., and M. S. Allen. 2000. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. J. Dairy Sci. 83:1333–1341.

Oliver A.L, Grant R.J, Pedersen J.F, O'Rear J. 2004. Comparison of brown midrib 6 and 18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating cows. J. Dairy. Sci. 87: 637-644.

Oliver A.L, Pedersen J. F, Grant R.J, Klopfenstein T.J. 2005. Comparative Effects of the Sorghum bmr-6 and bmr-12 Genes: I. Forage Sorghum Yield and Quality. Crop Sci. 45: 2234-2239.

Porter, K. S., J. D. Axtell, V. L. Lechtenberg, andV. F. Colenbrander. 1978. Phenotype, fiber composition and in vitro dry matter disappearance of chemically induced brown midrib mutants of sorghum. Crop Sci. 18:205.

Qiu, X., M. L. Eastridge, and Z. Wang. 2003. Effects of corn silage hybrid and dietary concentration of forage NDF on digestibility and performance by dairy cows. J. Dairy Sci. 86:3667–3674.

Rearte , D.H., Santini F.J., García P.T., Maritano M. y Elizalde J.C. 1989. Efectos de la suplementación de semilla de girasol sobre la producción y composición de la leche. Rev. Arg. de Prod. Animal 9 (supl. 1): 6.

Ruiz, T. M., E. Bernal, C. R. Staples, L. E. Sollenberger, and R. N. Gallaher. 1995. Effect of dietary neutral detergent fiber concentration and forage source on performance of lactating cows. J. Dairy Sci. 78:305–319.

SAS, 2002. Users guide: Statics, version 6, 4th edition. SAS Inst., Inc., Cary, NC.

Sheaffer C.C.,J.L. Halgerson, and H.G.Jung.2006. Hybrid and N fertilization affect corn silage yield and quality. Crop Sci. 192:278-283.

Taylor, C. C., and M. S. Allen. 2005. Corn grain endosperm type and brown midrib 3 corn silage: Feeding behavior and milk yield of lactating cows. J. Dairy Sci. 88:1425–1433.

Thortesson, E.M.G., D.R. Buxton and J.H. Cherney. 1992. Apparent inhibition to digestion by lignin in normal and brown midrib stems, J. Sci. Food Agric 59:183-188.

Tjardes, K. E., D. D. Buskirk, M. S. Allen, N. K. Ames, L. D. Bourquin, and S. R. Rust. 2000. Brown midrib-3 corn silage improves digestion but not performance of growing beef steers. J. Anim. Sci. 78:2957–2965.

Van Soest PJ.1996. Environmental and forage quality. Proceedings.Cornell Nutrition Conferences for Feed Manufacturers.58Th Meeting. Rochester, NY. Ithaca, NY. Cornell University:1-6.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant.2nd ed. Cornell University Press, Ithaca, NY.

Waldo, D. R. 1986. Symposium: Forage utilization by the lactating cow. Effect of forage quality on intake and forage-concentrate interactions. J. Dairy Sci. 69:617–632.

Wedig, C.L. 1988. Effect of Brown Midrib and Normal Genotypes of Sorghum × Sudángrass on Ruminal Fluid and Particulate Rate of Passage from the Rumen and Extent of Digestion at Various Sites Along the Gastrointestinal Tract in Sheep. J. Anim. Sci. 66:559-565.

Winters, A. L., J. E. Cockburn, M. S. Dhanoa, R. J. Merry. 2000. Effects of lactic acid bacteria in inoculants on changes in amino acid composition during ensilage of sterile and non-sterile ryegrass. J. Appl. Microbiol. 89:442–451.

Wolf D.P, Coors J.G, Albrecht K.A, Undersander D.J, Carter P.R. 1993. Forage quality of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. Crop Sci. 33: 1353-1359.

Wu Z., Roth G. 2005. Considerations in managing cutting height of corn silage. Extension publication DAS 03-72.The Pennsylvania State University, University Park.7 p.

Zinn R. A, Owens F.N.1986. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. Can. J. Anim. Sci. 66:157-166.