

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**



**INFLUENCIA DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN Y LA ADICIÓN DE  
ALMIDÓN SOBRE LA DIGESTIÓN DE LOS NUTRIENTES EN FORRAJES DE  
GRAMINEAS OFRECIDOS A NOVILLOS HOLSTEIN**

TESIS

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

PRESENTA

EUDOR ALEJANDRO VÁZQUEZ MONTOYA

DIRECTOR DE TESIS

DR. ENRIQUE G. ÁLVAREZ A.

MEXICALI B.C. MEXICO

ENERO DEL 2013

## Contenido

	Pág.
Lista de cuadros.....	i
Resumen.....	1
Introducción.....	2
Hipótesis.....	3
Objetivos.....	3
Revisión de literatura.....	4
Valor nutricional de gramíneas ensiladas o henificadas.....	4
Composición química del forraje al momento del corte y después de ensilar o henificar y factores que lo afectan .....	5
Fertilización.....	5
Edad de corte.....	7
Variedad.....	7
Digestión de la planta entera de las gramíneas ensilada o henificada.....	8
Digestión en rumen.....	8
Digestión post-ruminal.....	8
Parámetros de fermentación en rumen.....	8
Cambios en pH.....	8
Concentración y producción total de ácidos grasos volátiles.....	9
Materiales y métodos.....	10
Localización del área de estudio.....	10
Unidades experimentales.....	10
Tratamientos.....	10
Forraje.....	12
Grano.....	13
Alimentación.....	13
Colección de muestras.....	13
Análisis de laboratorio.....	15
Variables evaluadas.....	16

Análisis estadístico.....	17
Resultados y discusión.....	18
Conclusiones.....	31
Literatura citada.....	32

## Lista de Cuadros

Cuadro		Pág.
1	Composición química de henificados y ensilados de gramíneas .....	6
2	Ingredientes utilizados en la elaboración de los tratamientos y su composición química.....	11
3	Composición química de los tratamientos.....	19
4	Consumo de novillos Holstein alimentados a base de ES, HS, ET y TRV.....	20
5	Flujo de Nutrientes a Duodeno en Novillos Holstein alimentados a base de ES, HS, ET y TRV.....	22
6	Digestión Ruminal (%) y Eficiencia del Nitrógeno en Novillos Holstein alimentados a base de ES, HS, ET y TRV.....	23
7	Digestión Post-Ruminal (%) en Novillos Holstein alimentados a base de ES, HS, ET y TRV.....	25
8	Digestión total (%) en Novillos Holstein alimentados a base de ES, HS, ET y TRV.....	27
9	Características de la fermentación ruminal en Novillos Holstein alimentados a base de ES, HS, ET y TRV.....	28
10	Contenido en rumen y tasa de pasaje en Novillos Holstein alimentados a base de ES, HS, ET y TRV.....	30

**RESUMEN.** Cinco novillos Holstein (~250 kg) habilitados con cánulas de rumen y duodeno proximal fueron utilizados en un diseño de Cuadrado Latino 5x5 para evaluar la influencia del proceso de conservación y la adición de almidón sobre la digestión de los nutrientes. Se implementaron cinco tratamientos: 1) ensilaje de sudan (**ES**), 2) ES + trigo rolado al vapor (**EST**), 3) ensilaje de trigo (**ET**), 4) heno de sudan (**HS**, testigo) y 5) heno de sudan + trigo rolado al vapor (**HST**). El pasto sudan al ser henificado presentó sobre las variables de MO y FDN una digestión ruminal 10 % mayor ( $P < 0.01$ ) que el ensilado. La procedencia del almidón no presentó influencia ( $P > 0.05$ ) sobre la digestión ruminal de FDN y almidón; pero se observó una mayor ( $P < 0.05$ ) digestión ruminal de la MO y el N en el ET. Sin embargo en los tratamientos EST y HST disminuyó ( $P < 0.01$ ) la digestibilidad ruminal de la FDN y N en un 16.5 y 11% respectivamente. El henificado presentó mayor ( $P < 0.01$ ) digestión post-ruminal de la MO, almidón y nitrógeno (14, 30 y 10% respectivamente) que el ensilado. La procedencia del almidón no tuvo influencia sobre la digestión post-ruminal de MO, almidón y nitrógeno. El henificado presentó mayor ( $P < 0.01$ ) digestión total de la MO (8%), FDN (8%), almidón (5%) y N (11%). Con el almidón presente en la planta se elevó ( $P < 0.01$ ) 11% la digestión total del N, pero no se encontró diferencia en la digestión de MO, FDN y almidón. Comparado con el ET, en los tratamientos EST y HST se presentó mayor ( $P < 0.01$ ) pH ruminal y proporción de acetato; pero la producción de butirato es mayor ( $P < 0.01$ ) cuando el contenido de almidón proviene de la planta.

## INTRODUCCIÓN

La elaboración de silos y henificados han sido practicas exitosas para disponer de alimento en épocas críticas o simplemente para conservar del forraje sus cualidades nutritivas por mayor tiempo para la alimentación animal. Por su contenido de grano se considera que algunos ensilados de gramíneas, como los de maíz o trigo, hacen un aporte sustancial de almidón cuando se ofrecen a rumiantes en corral o pastoreo (Allen et al., 1996), por lo que con frecuencia se les cataloga como alimento energético de bajo costo. Si se considera que en los forrajes son la velocidad de digestión (Kd) y de pasaje (Kp) quienes limitan el consumo diario de materia seca de la dieta en su conjunto (Mertens, 1979), esto significa que con los forrajes ensilados los animales reciben una cantidad de fibra, que varía en su proporción y composición química, limitando la eficiencia de utilización de la energía en la totalidad de la dieta (Undersander, 1997). Por lo tanto como la digestibilidad de la fibra detergente neutra (FDNd) es relevante en la calidad del forraje, su mayor concentración puede dar lugar a una reducción del llenado físico en rumen y permitir mayor consumo voluntario de alimento, aumento la densidad energética de las dietas y producción de nitrógeno microbial (Dado y Allen, 1995; Oba y Allen, 2000). Oba y Allen (1999) reportaron que por cada unidad de incremento *in vitro* o *in situ* de la FDNd, se elevó 0.17 kg el consumo diario de MS. Varios estudios relacionados con la calidad y utilización de los ensilados son específicos al relacionar solo variedades o inclusive especies en base al contenido total de grano (Oba y Allen, 1999). Otros comparan procesos mecánicos y algunos aditivos para mejorar la utilización de la energía contenida en el grano (Johnson et

al., 1999) pero no se ha encontrado información que relacione directamente el contenido de grano y su proporción con la fibra detergente neutra (FDN) sobre la función digestiva ruminal, valores de energía digestible. Por ello el objetivo fue evaluar la influencia del proceso de conservación y la fuente de almidón sobre la digestión de los nutrientes en novillos Holstein alimentados a base de ensilaje de sudan, heno de sudan, ensilaje de trigo o trigo rolado al vapor como fuente externa de almidón.

### **Hipótesis.**

Antes que solo la variedad o la cantidad de grano presente o adicionado, es posible que una la relación homogénea fibra-almidón sea un factor más influyente en el valor nutricional en forrajes henificados o ensilados,.

### **Objetivo.**

Evaluar la influencia del proceso de conservación y la fuente de almidón sobre la digestión de los nutrientes en novillos Holstein alimentados a base de ensilaje de sudan, heno de sudan, ensilaje de trigo o trigo rolado al vapor como fuente externa de almidón.

## REVISIÓN DE LITERATURA

**Valor nutricional de gramíneas ensiladas o henificadas.** El valor nutricional de las plantas es definida por diversos factores: humedad, temperatura, estado de madurez, especie, composición química y digestibilidad por la especie que la consume.

La concentración de nutrientes en las gramíneas es afectada por la cantidad de carbohidratos estructurales contenida en la pared celular de los forrajes, ya que son una fuente de energía para los rumiantes al degradarla en azúcares simples. La disponibilidad de la celulosa como fuente de energía va depender de su estructura general, de la cantidad y conformación de la lignina a la cual se encuentre unida, la interacción de las propiedades de la pared celular, genotipos, el tejido y la interacción entre estos tres factores (Wolf *et al.*, 1993).

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 tarda 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 amoniacal 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. 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). En las plantas henificadas por tipo de proceso

que reciben para su conservación presentan cambios mínimos en su composición química. Y su calidad está estrechamente relacionada con el contenido de humedad al momento de empacarla.

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 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). 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.

**Composición química del forraje al momento del corte antes y después de ensilar o henificar y factores que lo afectan.** En el Cuadro 1 se muestra la composición química de ensilados y henificados de gramíneas. La calidad de los forrajes es altamente variable y es afectada 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:

**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. 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 Sheaffer *et al.* (2006) en plantas de maíz, donde al incrementar

**Cuadro 1. Composición química de henificados y ensilados de gramíneas**

Forraje	<sup>1</sup> Nutrientes						Autor
	MS	pH	PC	FDN	FDA	ALM	
Heno sudan	86.5	-	9.40	64.8	40.0	-	NRC (2001)
Silo sudan	28.2	4.20	10.8	66.2	41.6	1.10	Dann et al. (2008)
	28.8	-	10.8	63.3	40.7	-	NRC (2001)
Silo de trigo	41.2	4.14	8.40	42.8	24.8	24.6	Owens et al. (2008)
	48.8	4.10	10.4	40.0	21.7	34.3	Walsh et al. (2007)
Silo de maíz	30.5	3.78	7.68	41.2	24.4	25.8	Taylor y Allen (2005)

<sup>1</sup>Nutrientes: FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente acida,PC= proteína cruda, MS= materia seca.

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 el balance de su contenido nutricional para explotarlo al máximo. 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, en el caso del trigo es cuando la planta presente el grano en estado lechoso (Weinberg *et al.*, 2009). 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), los efluentes generados por la lixiviación varían de 1 a 11% de la MS y contienen la mayoría de los componentes solubles del forraje, como azúcares, ácidos orgánicos, proteínas y otros compuestos nitrogenados (McDonald *et al.*, 1991). 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 mejoramiento 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. Esto es de acuerdo a condiciones medioambientales para las que son desarrolladas y su tipo de producción (grano,

forraje o mixto). La variedad a sembrar para una buena cosecha de forraje debe ser determinada por las características de la región.

## **DIGESTIÓN DE LA PLANTA ENTERA DE GRAMINEAS ENSILADA O HENIFICADA**

**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.

**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

## **PARÁMETROS DE FERMENTACIÓN EN RUMEN**

**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.

**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, los cuales se absorben a nivel ruminal. 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, 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). Es por ello que en las dietas que presenta altas cantidades de grano que es el caso de las de ganado de engorda la relación de acetato:propionato será menor esto debido a que se incrementa la producción de propionato, pero en todos los estudios que se han revisado las proporciones de estos ácidos grasos se encuentran en esta escala: ácido acético, ácido propionico y ácido butírico.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

**Localización del área de estudio.** La realización del trabajo de campo del presente experimento se desarrolló en la Unidad Experimental de Digestión y Metabolismo de Rumiantes del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, ubicada en el Ejido Nuevo León Mexicali B. C., México (32° 24'44,16" N, 115° 11'56, 87" O), del 16 de septiembre al 25 de noviembre del 2011 con una temperatura promedio de 22°C (SIMARBC, 2012); La zona tiene una altitud de 12 msnm, teniendo a Enero como el mes más frío (13°C máxima y -1.66°C mínima) y Julio el más caliente (45°C máxima y 20°C mínima).

**Unidades experimentales.** Se utilizaron cinco novillos Holstein de 20 meses de edad con un peso vivo promedio de 250 kg, con cánulas en rumen y duodeno proximal a 6 cm a partir del esfínter pilórico. Los novillos contaban en su historial con un trabajo de metabólico (había terminado hace 7 meses), se alojaron en corraletas individuales (3.9 m<sup>2</sup>) con bebederos automáticos, comederos de plástico y tapetes de caucho anti-derrapante; estuvieron sujetos a la corraleta con un almartigón para evitar desperdicio de alimento y facilitar las prácticas en el muestreo.

**Tratamientos.** Para evaluar el factor tipo de procesado se utilizó pasto sudan (Cuadro 2) heno vs ensilado y para la evaluar la adición de almidón se tomó al ensilado de trigo como referencia de la proporción FDN:almidón, para agregar este último, en los tratamientos correspondientes, en forma de trigo rolado al heno o ensilado

**Cuadro 2. Ingredientes utilizados en la elaboración de los tratamientos y su composición química.**

Tratamientos	Ingrediente <sup>1</sup>				Urea
	ES	HS	ET	TRV	
ES	99.2	-	-	-	0.47
EST <sup>2</sup>	75.2	-	-	24.5	-
ET	-	-	98.7	-	1.03
HS	-	98.1	-	-	1.60
HST <sup>3</sup>	-	74.4	-	24.5	0.85
<b>Composición Química</b>					
Materia seca %	27.7	94.6	40.9	93.0	97.3
% de MS					
FDN	65.1	63.5	48.2	10.9	ND
Almidón	1.41	3.02	15.6	66.5	ND
Proteína Cruda	6.94	3.63	5.12	10.9	46.0 <sup>4</sup>
Cenizas	9.58	7.56	9.38	1.83	ND
pH	4.40	ND	4.20	ND	ND

MS= materia seca, FDN= fibra detergente neutro, ND= no determinado.

<sup>1</sup>Ingredientes: ES= ensilaje de sudan, HS= heno sudan, ET= ensilaje de trigo, TR= trigo rolado al vapor.

<sup>2</sup>EST= ES+TRV

<sup>3</sup>HST= HS+TRV

<sup>4</sup>% de nitrógeno de la urea

Todos los tratamientos se les adiciono 0.3 % de óxido crómico.

del pasto sudan, Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: 1) Ensilaje de Sudan (**ES**), 2) Ensilaje de Sudan + Trigo rolado al vapor (**EST**), 3) Ensilaje de Trigo (**ET**), 4) Heno de Sudan (**HS**, testigo) y 5) Heno de Sudan + Trigo Rolado al Vapor

(HST). Con la finalidad de establecer la relación FDNd:almidón en el ET, único disponible con la mayor concentración de almidón, y ajustar a los tratamientos que se adicionaría almidón (EST y HST), un mes antes del inicio del experimento se corrió una prueba de digestibilidad *in situ* con dos de los animales en estudio, donde se evaluó la digestibilidad de la fibra detergente neutra (FDNd) del ET, ES y HS;. Debido a que los forrajes utilizados poseían valores de proteína cruda por debajo del mínimo requerido (8% BS) para igualar el contenido de N en todas las dietas se utilizó Urea.

**Forraje.** El Trigo (*Triticum aestivum*. Var. Río Colorado) utilizado para la elaboración del ensilado fue sembrado en el Instituto de Ciencias Agrícolas en noviembre del 2010, teniendo un manejo de un cultivo para grano comercial. El pasto Sudan (*Sorghum sudanense*., Piper) utilizado para la elaboración del ensilado fue sembrado en el Rancho Montoya del Ejido Nuevo León en marzo del 2010, y en marzo del 2011 fue henificado. El sudan se ensilo (tercer corte con ~30 % MS) en septiembre del 2010 y el trigo (~43 % MS) en mayo del 2011. Se utilizó una trituradora John Deere (5460) cortando a una altura de ~10cm. El silo fue de tipo pastel, cubierto con lona y llantas y una capacidad aproximada de 250 toneladas. Para facilitar la asignación del ensilado en el área de metabolismo y evitar la diaria exposición del silo principal, cada dos semanas se llenaron contenedores metálicos con capacidad de 200 L, protegidos en su interior por una bolsa de plástico negro y cierre hermético. El henificado de sudan se realizó en junio (~35% de MS) del 2011 con una empacadora Freeman (370) y procesado en un molino de martillos con un

cedazo de 2.5 cm de diámetro y posteriormente almacenado en bolsas negras de plástico.

**Grano.** El grano de trigo (*Triticum aestivum*) rolado a vapor se obtuvo de Ganadera de Mexicali, el cual fue secado (~95 % de MS) al sol y almacenado en cajones de madera.

**Alimentación.** Una etapa de adaptación de 15 días (alimentados con los 5 tratamientos) ofreciendo las dietas a las 0700 y 1900 h; para ajustar el consumo de MS individual/día del alimento se evaluó diariamente MS de los ensilados (todo el experimento) utilizando un horno de microondas (Villareal 2012) registrando los consumos en esta etapa para fijarlo en 2% del peso vivo (al final de cada periodo se pesaban los animales y se ajustaban los consumos para el próximo periodo) y se tomó muestras de líquido ruminal 4 h post-alimentación para monitorear el pH del rumen (durante la adaptación). Como marcador, externo, de la digesta se utilizó óxido crómico ( $\text{CrO}_3$ ) el cual se adiciono en un 0.3 % del total de MS consumida/día en capsulas de papel (media hoja blanca tamaño carta), introducidas por la cánula de rumen inmediatamente después de cada servida de alimento.

### **Colección de muestras**

**Colección de muestras en animales.** Cada uno de los 5 periodos conto con 14 días, 10 de adaptación y 4 de muestreo, el día 11 inicia la recolección de heces y liquido duodenal realizado 2 veces al día, apegado al siguiente protocolo: D1, 0930 y 1530 h; D2, 0800 y 1400 h; D3, 0630 y 1230 h; D4, 0500 y 1100 h, obteniendo 8 muestras con un intervalo de 90 min durante 12 h.

De líquido duodenal se colectaron ~ 700 ml, almacenados en 2 recipientes de plástico de 3 L, permaneciendo a -15°C (desde la primera muestra recolectada) en un congelador. Se tomaron ~ 200gr (un puño) de heces frescas del novillo depositándose en una bolsa de plástico (las 8 muestras aplanadas), permaneciendo a -15°C. Al tener el total de las muestras, se descongelaron a temperatura ambiente, se mezclaron y se extrajeron dos submuestras (~20%) una de reserva la cual se conservó a -15°C en bolsa de plástico y la segunda muestra se depositó en un refractario para ser desecadas a 55°C durante 72 h. Una vez secas fueron molidas, con un tamaño final de 1mm, en una licuadora convencional y almacenadas en recipientes de plástico para su análisis.

En el último día de recolección de cada periodo, 4 h post-alimentación (tiempo en que el pH es  $\pm 0.2$  similar al promedio de lecturas tomadas de 0 a 9 horas post-alimentación, Zinn *et al.*, 1988) se extrajo (bomba manual) líquido ruminal el cual fue filtrado con 4 capas de gasa quirúrgica para medir rápidamente el pH (pHTestr 10, Eutech Instruments) y posteriormente mezclar 40 ml de líquido ruminal en 10 ml de ácido Meta-fosfórico (HPO<sub>3</sub> al 25%) dentro de bolsas de plástico Whirl pack, depositándolas en un refractario con agua a punto de congelación y almacenarlas a -15°C para su posterior análisis de Ácidos Grasos Volátiles (AGV).

Para cuantificar el contenido total de sólidos y líquidos y de FDN en rumen, al finalizar la toma de líquido ruminal de cada periodo, se procedió a realizar el vaciado ruminal (Huhtanen y Khalili, 1991 y Álvarez y Zinn, 2007), con una aspiradora convencional seco-líquido de 50.0 L. El contenido total se mezcló y se tomaron dos muestras de 1kg, e inmediatamente después se devolvió el contenido

a la cavidad ruminal en  $22 \pm 5$  minutos, tiempo transcurrido desde el momento de retirar el tapón de la cánula ruminal hasta volverlo a instalar; una de las muestras fue tomada de reserva en una bolsa de plástico y almacenada a  $-15^{\circ}\text{C}$  y la segunda se depositó en un refractario y desecada a  $55^{\circ}\text{C}$  por 72 h, molida (Thomas Wiley) a 1mm de diámetro y almacenada en recipientes de plástico.

**Colección de muestras de alimento.** Se tomó una muestra por periodo de HS, ES, ET y TRV cada vez que se ofreció alimento durante los cuatro días de muestreo, posteriormente fueron desecadas a  $55^{\circ}\text{C}$  durante 72 h, molidas (Thomas Wiley) con un cedazo de 1mm y almacenadas en recipientes de plástico con tapas de rosca.

**Análisis de laboratorio.** Esta fase de laboratorio se realizó en el Instituto de Ciencias Agrícolas y en la Universidad de California en Davis (Centro California).

Materia Seca Parcial (MSP) a  $55^{\circ}\text{C}$  durante 72 h, Total (MST) a  $105^{\circ}\text{C}$  durante 24 h, ambas en estufa de aire forzado, materia seca en el microondas (Alfredo, 2012), Cenizas en mufla a  $550^{\circ}\text{C}$  durante 4 h, Nitrógeno Total (N) en el Kjeldahl (AOAC, 2000), Nitrógeno Amoniacal en destilación con MgO (AOAC, 2000), mediante la estimación de Purinas (Zinn y Owens, 1986) como marcador microbial, se calculó, Materia Orgánica Microbial (MOM) y Nitrógeno Microbiano (NM) que llega a duodeno, el Nitrógeno del alimento que escapa hacia el intestino delgado fue considerado igual al N total que abandona el abomaso menos el NA y el NM, por lo tanto, esto incluye cualquier contribución endógena, Fibra Detergente Neutra (FDN) con el procedimiento de Van Soest et al., 1991 (modificado por Chai y Uden, 1998),

Almidón (Zinn, 1990), Ácidos Grasos Volátiles (AGV) mediante cromatografía de gases (Álvarez y Zinn, 2007) y concentración de óxido crómico CrO<sub>3</sub> (Hill y Anderson 1958).

Basándonos en el modelo de Mertens y Ely, (1979) la tasa de pasaje (kp) de la FDN se calculó de la siguiente manera:  $Kp = ((FDNI * (1-DRFDN)) / (S * (RFDN/100)))/24$ , donde: FDNI = consumo diario total de FDN, DRFDN = digestibilidad ruminal de FDN (%), S = sólidos en rumen (g), RFDN = FDN en rumen, como porcentaje del total de los sólidos ruminales.

### **VARIABLES EVALUADAS**

Digestibilidad a nivel ruminal, post-ruminal y tracto total de MO, FDN, Almidón y N; flujo a duodeno de MO, FDN, Almidón, N, N Amoniacal, N Microbial, N No Amoniacal y N del Alimento; Eficiencia Microbial y del N. En rumen contenido total, de líquidos y sólidos, FDN y tasa de pasaje (kp); Así como las características de la fermentación ruminal: pH y producción de AGV.

**Análisis estadístico.** El experimento se analizó con un diseño Cuadrado Latino 5 x 5, bajo el siguiente modelo estadístico:

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

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta

$\mu$ = Media poblacional

$T_i$ = Efecto del i-ésimo tratamiento,  $i= 1 \dots t= 5$

$C_j$ = Efecto del j-ésimo novillo,  $j=1 \dots n=5$

$H_k$  = Efecto del k-ésimo periodo,  $k=1 \dots b= 5$

$E_{ijk}$  es el error experimental en cada unidad experimental

Los datos fueron analizados por el método Proc Mixed del programa SAS (2002) mediante contrastes ortogonales. Los factores en estudio, proceso de conservación, adición de almidón y procedencia del almidón se evaluaron a través de los siguientes contrastes: C1: ensilado (ES y EST) vs henificado (HS y HST), C2: forraje (ES y HS) vs forraje con almidón agregado (EST y HST), C3: almidón en la planta (ET) vs almidón agregado (EST y HST) y C4: heno de sudan (HS) vs todos los demás (ES, EST, ET y HST). La probabilidad para evaluar los contrastes y las diferencias de medias fue  $P < 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ingredientes utilizados en la elaboración de los tratamientos y su composición química se presentan en el Cuadro 2. Las cantidades bajas de PC de los tres forrajes utilizados corrobora con la baja cantidad de proteína de las gramíneas de la región, el sudan ensilado y henificado presenta similar contenido de FDN al igual que los datos obtenidos de la NRC (2001).

La composición química final de los tratamientos se presenta en el Cuadro 3. La relación FDN:almidón de los tratamientos que se les adiciono almidón varían con respecto al del ET, puede ser debido al sesgo que represento la cantidad de almidón contenida en la planta. Respecto a los niveles de PC, en los tratamientos EST y HST el contenido de PC fue menor al 8%, a pesar del ajuste con la urea adicionada, debido a que el contenido de proteína del grano de trigo utilizado fue menor a lo esperado.

En el Cuadro 4 donde se observa el consumo de nutrientes por los novillos en el presente experimento. Debido a que la asignación diaria de alimento fue restringida, como era de esperarse no hubo diferencias en el consumo total de MS y MO. Sin embargo en las fracciones FDN y almidón se observa una marcada diferencia de consumo, esto debido a la variación en su contenido en cada tratamiento. En los tratamientos EST y HST donde se les adiciono almidón se observó menor consumo de N esto debido a la baja de N en el grano al momento de formular la dieta.

**Cuadro 3. Composición química de los tratamientos ofrecidos a novillos Holstein.**

Composición química % de MS	Tratamientos <sup>1</sup>				
	ES	EST	ET	HS	HST
FDN	63.2	49.9	46.3	61.8	49.1
Almidón	1.37	16.6	15.9	2.95	18.2
Proteína Cruda	8.13	7.63	8.06	8.44	7.87
Cenizas	9.29	7.48	9.01	7.37	5.97
FDNd:Almidón <sup>2</sup>	46.2	3.00	2.91	21.0	2.69

MS= materia seca, FDN= fibra detergente neutro.

<sup>1</sup>Tratamientos: ES= ensilaje de sudan, EST= ES + trigo rolado al vapor, ET= ensilaje de trigo, HS= heno sudan y HST= HS + trigo rolado al vapor.

<sup>2</sup>Relación FDNd:almidón

**Cuadro 4. Consumo de novillos Holstein alimentados a base de ES, HS, ET y TRV.**

	Tratamiento <sup>1</sup>					EE
	ES	EST	ET	HS	HST	
Consumo g/d						
Materia Seca	4975	4924	4908	4909	4983	200
Materia Orgánica	4513	4556	4466	4547	4686	184
FDN	3143 <sup>a</sup>	2459 <sup>b</sup>	2270 <sup>c</sup>	3034 <sup>a</sup>	2445 <sup>bc</sup>	109
Almidón	68.0 <sup>d</sup>	819 <sup>b</sup>	781 <sup>b</sup>	145 <sup>c</sup>	907 <sup>a</sup>	27.4
Nitrógeno	64.7 <sup>ab</sup>	60.2 <sup>c</sup>	63.1 <sup>bc</sup>	66.4 <sup>a</sup>	62.9 <sup>bc</sup>	2.75

a, b, c, d medias con distinta literal en una hilera no son iguales ( $P \leq 0.05$ ). FDN= fibra detergente neutro.

<sup>1</sup>Tratamientos: ES= ensilaje de sudan, EST= ES+ trigo rolado al vapor, ET= ensilaje de trigo, HS= heno sudan, HST= HS+ trigo rolado al vapor(TRV).

En el Cuadro 5 se muestra el flujo de nutrientes a duodeno. El ensilado vs henificado del pasto sudan no presentaron diferencias sobre el flujo hacia duodeno del total de MO y fracciones nitrogenadas. Sin embargo al henificar el pasto sudan el flujo hacia duodeno de almidón fue de 87% mayor ( $P<.01$ ). Por el contrario con el ensilado el flujo de FDN a duodeno fue superior ( $P<.01$ ) al henificado.

Con la adición de almidón (15 %) al forraje, en los tratamientos EST y HST, la FDN fue la única variable estudiada en la cual no se encontró influencia sobre el flujo hacia duodeno, en cambio existió una disminución ( $P<.01$ ) en el flujo de NA a duodeno e incremento ( $P<.01$ ) en el flujo de almidón hacia el duodeno. Al comparar los tratamientos ET contra los que representaron el almidón adicionado al forraje (EST y HST) durante el experimento, no se observaron cambios en el flujo hacia duodeno de la MO, FDN y N total. Sin embargo la adición de almidón en forma de trigo rolado aumento ( $P<.01$ ) los flujos hacia duodeno de almidón, NNA y N del alimento, pero disminuyo el de NA. El tratamiento (HS) tomado como testigo se comparó con la media del resto de los tratamientos (TMT), en este contraste no existió variabilidad en el flujo hacia duodeno de N total, el tratamiento HS presento el menor flujo a duodeno en el resto de las variables a excepción del NA.

En el cuadro 6 se muestra la digestión ruminal (%) y la eficiencia del nitrógeno del presente estudio. Como lo muestra los promedios evaluados en el Contraste 1 no se observó diferencia entre el henificado y ensilado del pasto sudan sobre la

**Cuadro 5. Flujo de Nutrientes a Duodeno en Novillos Holstein alimentados a base de ES, HS, ET y TRV.**

	Tratamiento <sup>1</sup>					EE <sup>6</sup>	C1 <sup>2</sup>		C2 <sup>3</sup>		C3 <sup>4</sup>		C4 <sup>5</sup>		P < F			
	ES	EST	ET	HS	HST		ENS	HNF	OTR	15TR	ET	15TR	HS	TMT	C1	C2	C3	C4
Flujo g/d de MS																		
MO	2254 <sup>ab</sup>	2395 <sup>a</sup>	2156 <sup>ab</sup>	1963 <sup>b</sup>	2327 <sup>a</sup>	139	2324	2145	2108	2361	2156	2361	1963	2283	0.085	0.020	0.104	0.010
FDN	1113 <sup>a</sup>	1100 <sup>ab</sup>	950 <sup>bc</sup>	824 <sup>c</sup>	993 <sup>ab</sup>	70.2	1106	908	968	1046	950	1046	824	1039	0.002	0.135	0.135	0.002
Almidón	21.6 <sup>b</sup>	39.6 <sup>b</sup>	41.4 <sup>b</sup>	27.0 <sup>b</sup>	87.6 <sup>a</sup>	7.28	30.6	57.3	24.3	63.6	41.4	63.6	27.0	47.6	0.002	0.001	0.019	0.018
Nitrógeno	56.1 <sup>c</sup>	75.7 <sup>a</sup>	68.2 <sup>ab</sup>	62.6 <sup>bc</sup>	73.8 <sup>a</sup>	4.58	65.9	68.2	59.4	74.8	68.2	74.8	62.6	68.5	0.449	0.001	0.090	0.100
N Amoniacal	21.5 <sup>b</sup>	22.3 <sup>ab</sup>	25.2 <sup>ab</sup>	28.1 <sup>a</sup>	12.4 <sup>c</sup>	2.15	21.9	20.3	24.8	17.4	25.2	17.4	28.1	20.3	0.440	0.002	0.006	0.004
N No Amoniacal	34.6 <sup>d</sup>	53.5 <sup>b</sup>	43.0 <sup>c</sup>	34.6 <sup>d</sup>	61.4 <sup>a</sup>	3.81	44.1	48.0	34.6	57.4	43.0	57.4	34.6	48.1	0.125	0.001	0.001	0.001
N Alimento	-0.05 <sup>a</sup>	3.19 <sup>a</sup>	-12.8 <sup>b</sup>	-7.36 <sup>b</sup>	4.77 <sup>a</sup>	2.14	1.57	-1.29	-3.70	3.98	-12.8	3.98	-7.36	-1.22	0.170	0.002	0.001	0.016

a, b, c, d medias con distinta literal en una hilera no son iguales ( $P \leq 0.05$ ). MO= materia orgánica, FDN= fibra detergente neutro, N= nitrógeno.

<sup>1</sup>Tratamiento: ES= ensilaje de sudan, EST= ES+ trigo rolado al vapor, ET= ensilaje de trigo, HS= heno sudan, HST= HS + trigo rolado al vapor.

<sup>2</sup>C1: Ensilado vs Henificado (ES, EST vs HS, HST).

<sup>3</sup>C2: Adición de trigo rolado (ES, HS vs EST, HST).

<sup>4</sup>C3: Almidón en la planta vs almidón agregado (ET vs EST, HST).

<sup>5</sup>C4: Heno de sudan vs todos los demás (HS vs ES, EST, ET, HST).

<sup>6</sup>EE= error estándar.

**Cuadro 6. Digestión Ruminal (%) y Eficiencia del Nitrógeno en Novillos Holstein alimentados a base de ES, HS, ET y TRV.**

	Tratamiento <sup>1</sup>					EE <sup>7</sup>	C1 <sup>2</sup>		C2 <sup>3</sup>		C3 <sup>4</sup>		C4 <sup>5</sup>		P < F			
	ES	EST	ET	HS	HST		ENS	HNF	OTR	15TR	ET	15TR	HS	TMT	C1	C2	C3	C4
Digestión Ruminal %																		
MO	57.8 <sup>b</sup>	58.6 <sup>b</sup>	64.2 <sup>a</sup>	66.1 <sup>a</sup>	62.6 <sup>a</sup>	1.63	58.2	64.3	61.9	60.6	64.2	60.6	66.6	60.8	0.001	0.305	0.038	0.003
FDN	64.8 <sup>b</sup>	55.5 <sup>c</sup>	58.1 <sup>c</sup>	72.9 <sup>a</sup>	59.4 <sup>c</sup>	1.82	60.1	66.2	68.8	57.4	58.1	57.4	72.9	59.4	0.001	0.001	0.698	0.001
Almidón	68.7 <sup>c</sup>	95.1 <sup>a</sup>	94.8 <sup>a</sup>	81.3 <sup>b</sup>	90.4 <sup>ab</sup>	3.17	81.9	85.8	75.0	92.7	94.8	92.7	81.3	87.2	0.229	0.001	0.601	0.107
Nitrógeno	100 <sup>c</sup>	94.8 <sup>c</sup>	120 <sup>a</sup>	111 <sup>b</sup>	92.7 <sup>c</sup>	3.37	97.4	102	106	93.7	120	93.7	111	102	0.162	0.002	0.001	0.019
N Microbial g/d	34.7 <sup>d</sup>	50.3 <sup>b</sup>	55.8 <sup>ab</sup>	41.9 <sup>c</sup>	56.6 <sup>a</sup>	2.82	42.5	49.3	38.3	53.5	55.8	53.5	41.9	49.4	0.003	0.001	0.346	0.004
MO Microbial g/d	347 <sup>d</sup>	503 <sup>b</sup>	558 <sup>ab</sup>	419 <sup>c</sup>	566 <sup>a</sup>	28.2	425	493	383	535	558	535	419	493	0.003	0.001	0.346	0.004
Efic. Microbial <sup>5</sup>	13.4 <sup>b</sup>	18.8 <sup>a</sup>	19.5 <sup>a</sup>	13.9 <sup>b</sup>	19.4 <sup>a</sup>	0.90	16.1	16.7	13.7	19.1	19.5	19.1	13.9	17.8	0.493	0.001	0.699	0.001
Eficiencia del N <sup>6</sup>	0.54 <sup>c</sup>	0.89 <sup>a</sup>	0.68 <sup>b</sup>	0.52 <sup>c</sup>	0.97 <sup>a</sup>	0.05	0.71	0.75	0.53	0.93	0.68	0.93	0.52	0.77	0.387	0.001	0.001	0.001

a, b, c, d medias con distinta literal en una hilera no son iguales ( $P \leq 0.05$ ). MO= materia orgánica, FDN= fibra detergente neutro, N= nitrógeno.

<sup>1</sup>Tratamiento: ES= ensilaje de sudan, EST= ES + trigo rolado al vapor, ET= ensilaje de trigo, HS= heno sudan y HST= HS + trigo rolado al vapor.

<sup>2</sup>C1: Ensilado vs Henificado (ES, EST vs HS, HST).

<sup>3</sup>C2: Adición de trigo rolado (ES, HS vs EST, HST).

<sup>4</sup>C3: Almidón en la planta vs almidón agregado (ET vs EST, HST).

<sup>5</sup>Eficiencia microbiana, g de nitrógeno microbiano/kg de MO fermentada.

<sup>6</sup>g de nitrógeno no amoniacal/g de nitrógeno consumido.

<sup>7</sup>EE= error estándar

digestión ruminal de almidón y N total. El henificado de sudan presento una de digestión ruminal mayor 10 % ( $P < .01$ ) que el ensilado sobre las variables de MO y FDN. Sin embargo la adición de almidón al forraje, tanto henificado como ensilado disminuyo ( $P < .01$ ) la digestibilidad ruminal de la FDN y N en un 16.5 y 11% respectivamente. Aunque no influyo ( $P > 0.05$ ) sobre la digestión de MO, si aumentó ( $P < .01$ ) la digestibilidad ruminal del almidón y la producción de nitrógeno microbial. Al contrastar los valores de digestión ruminal del ensilaje de trigo con los tratamientos a los que se les adiciono este como trigo rolado, no se encontró diferencia en la digestión ruminal de FDN y almidón; pero se observó una mayor ( $P < .05$ ) digestión ruminal de la MO y el N cuando el almidón está presente en la planta; aunque con un aumento ( $P < .01$ ) en la eficiencia del N del 27% cuando el almidón es adicionado. El tratamiento testigo (**HS**) presento una digestión ruminal 8.0, 18.5 y 8.0% mayor ( $P < .01$ ) de de la MO, FDN y nitrógeno, respectivamente, sobre la media del resto de los tratamientos, aunque su producción microbial fue menor ( $P < .01$ ) y la digestión ruminal de almidón fue similar a la media del resto de los tratamientos. Como se esperaba al haber igualado la proporción FDNd:almidón en los tratamientos EST, ET y HST, la digestión ruminal de la FDN y del almidón no presentaron diferencias entre los tratamientos mencionados; sin embargo, la digestión ruminal de la MO fue mayor en EST.

En el cuadro 7 se presentan los resultados obtenidos de la digestión post-ruminal (%). Al contrastar el henificado vs ensilado, el primero presento mayor ( $P < .01$ ) digestión post-ruminal de MO, almidón y nitrógeno (14, 30 y 10% respectivamente). La adición de almidón al forraje mostro una mayor ( $P < .01$ )

**Cuadro 7. Digestión Post-Ruminal (%) en Novillos Holstein alimentados a base de ES, HS, ET y TRV.**

	Tratamiento <sup>1</sup>					EE <sup>6</sup>	C1 <sup>2</sup>		C2 <sup>3</sup>		C3 <sup>4</sup>		C4 <sup>5</sup>		P < F			
	ES	EST	ET	HS	HST		ENS	HNF	OTR	15TR	ET	15TR	HS	TMT	C1	C2	C3	C4
Digestión Post-Ruminal %																		
MO	24.8 <sup>c</sup>	30.0 <sup>b</sup>	30.6 <sup>b</sup>	27.8 <sup>bc</sup>	36.3 <sup>a</sup>	1.64	27.4	32.0	26.3	33.1	30.6	33.1	27.8	30.4	0.001	0.001	0.083	0.057
FDN	0.71 <sup>a</sup>	-1.47 <sup>ab</sup>	-8.22 <sup>b</sup>	-11.1 <sup>c</sup>	0.30 <sup>ab</sup>	3.23	-0.38	-5.4	-5.20	-0.58	-8.22	-0.58	-11.1	-2.17	0.105	0.134	0.049	0.015
Almidón	44.1 <sup>b</sup>	60.2 <sup>b</sup>	65.8 <sup>ab</sup>	63.8 <sup>ab</sup>	85.6 <sup>a</sup>	7.55	52.1	74.7	54.0	72.9	65.8	72.9	63.8	63.9	0.007	0.021	0.452	0.992
Nitrógeno	59.4 <sup>c</sup>	67.0 <sup>b</sup>	68.7 <sup>ab</sup>	69.0 <sup>ab</sup>	71.1 <sup>a</sup>	1.39	63.2	70.1	64.2	69.0	68.7	69.0	69.0	66.5	0.001	0.002	0.832	0.095

a, b, c medias con distinta literal en una hilera no son iguales ( $P \leq 0.05$ ). MO= materia orgánica, FDN= fibra detergente neutro.

<sup>1</sup>Tratamiento: ES= ensilaje de sudan, EST= ES + trigo rolando al vapor, ET= ensilaje de trigo, HS= heno sudan y HST= HS + trigo rolando al vapor.

<sup>2</sup>C1: Ensilado vs Henificado (ES, EST vs HS, HST).

<sup>3</sup>C2: Adición de trigo rolando (ES, HS vs EST, HST).

<sup>4</sup>C3: Almidón en la planta vs almidón agregado (ET vs EST, HST).

<sup>5</sup>C4: Heno de sudan vs todos los demás (HS vs ES, EST, ET, HST).

<sup>6</sup>EE= error estándar.

digestión post-ruminal de MO, almidón y nitrógeno. La fuente de almidón no influyó ( $P > 0.05$ ) sobre la digestión post-ruminal de MO, almidón y nitrógeno.

Los resultados de la digestión total (%) de la MO, FDN, almidón y N en el presente estudio se muestran en el Cuadro 8. Como se ha observado en los Cuadros anteriores, comparado con el ensilado, el henificado presentó mayor ( $P < .01$ ) digestión total en todas las variables en estudio, MO (8%), FDN (8%), almidón (5%) y N (11%). La adición de almidón al forraje, disminuye ( $P < .01$ ) la digestión total de FDN y N (18 y 8% respectivamente), pero aumenta 11% ( $P < .01$ ) la digestión total del almidón. No se observaron diferencias en la digestión total de la MO. Cuando se contrasta la procedencia del almidón en el forraje, ET vs EST+HST, ET muestra 11% mayor ( $P < 0.01$ ) digestión del N e y no se encontró diferencia ( $P > 0.05$ ) en la digestión de MO, FDN y almidón. El tratamiento testigo HS muestra mayor ( $P < .01$ ) digestión total de MO, FDN y N (5.0, 16.5 y 9.0% respectivamente) frente a la media del resto de los tratamientos y similar digestión sobre el nitrógeno.

En el cuadro 9 se muestran las características de fermentación ruminal del presente estudio. Al comparar ensilado vs henificado, el pH ruminal no varió, pero los ensilados presentaron mayor ( $P < .05$ ) concentración de acetato y el henificado mostró mayor ( $P < .05$ ) producción de propionato y butirato (9 y 34% respectivamente). La adición de almidón al henificado (HST) o al ensilado (EST) provocó mayor ( $P < .01$ ) producción de butirato y una decaída ( $P < .01$ ) en acetato, pero ningún efecto en la proporción molar de propionato y pH ruminal. La adición de almidón en HST y EST provocó mayor ( $P < .01$ ) pH ruminal y contenido de

**Cuadro 8. Digestión total (%) en Novillos Holstein alimentados a base de ES, HS, ET y TRV.**

	Tratamiento <sup>1</sup>					EE <sup>6</sup>	C1 <sup>2</sup>		C2 <sup>3</sup>		C3 <sup>4</sup>		C4 <sup>5</sup>		P < F			
	ES	EST	ET	HS	HST		ENS	HNF	OTR	15TR	ET	15TR	HS	TMT	C1	C2	C3	C4
Digestión total %																		
MO	62.5 <sup>b</sup>	63.3 <sup>b</sup>	66.5 <sup>a</sup>	68.9 <sup>a</sup>	68.6 <sup>a</sup>	1.23	62.9	68.7	65.7	65.9	66.5	65.9	68.9	65.2	0.001	0.797	0.617	0.003
FDN	65.0 <sup>b</sup>	54.9 <sup>d</sup>	54.8 <sup>d</sup>	70.2 <sup>a</sup>	59.6 <sup>c</sup>	1.55	60.0	64.9	67.6	57.2	54.8	57.2	70.2	58.6	0.001	0.001	0.090	0.001
Almidón	83.9 <sup>c</sup>	98.6 <sup>a</sup>	98.2 <sup>a</sup>	93.2 <sup>b</sup>	98.6 <sup>a</sup>	1.62	91.2	95.9	88.5	98.6	98.2	98.6	93.2	94.8	0.007	0.001	0.813	0.320
Nitrógeno	64.8 <sup>b</sup>	58.7 <sup>c</sup>	66.6 <sup>b</sup>	70.8 <sup>a</sup>	66.6 <sup>b</sup>	1.27	61.7	68.7	67.8	62.6	66.6	62.6	70.8	64.2	0.001	0.001	0.015	0.001

a, b, c medias con distinta literal en una hilera no son iguales ( $P \leq 0.05$ ). MO= materia orgánica, FDN= fibra detergente neutro.

<sup>1</sup>Tratamiento: ES= ensilaje de sudan, EST= ES + trigo rolado al vapor, ET= ensilaje de trigo, HS= heno sudan y HST= HS + trigo rolado al vapor.

<sup>2</sup>C1: Ensilado vs Henificado (ES, EST vs HS, HST).

<sup>3</sup>C2: Adición de trigo rolado (ES, HS vs EST, HST).

<sup>4</sup>C3: Almidón en la planta vs almidón agregado (ET vs EST, HST).

<sup>5</sup>C4: Heno de sudan vs todos los demás (HS vs ES, EST, ET, HST).

<sup>6</sup>EE= error estándar.

**Cuadro 9. Características de la fermentación ruminal en Novillos Holstein alimentados a base de ES, HS, ET y TRV.**

	Tratamiento <sup>1</sup>					EE <sup>7</sup>	C1 <sup>2</sup>		C2 <sup>3</sup>		C3 <sup>4</sup>		C4 <sup>5</sup>		P < F			
	ES	EST	ET	HS	HST		ENS	HNF	OTR	15TR	ET	15TR	HS	TMT	C1	C2	C3	C4
pH	6.50 <sup>ab</sup>	6.29 <sup>b</sup>	6.01 <sup>c</sup>	6.54 <sup>a</sup>	6.45 <sup>ab</sup>	0.09	6.40	6.49	6.52	6.37	6.01	6.37	6.54	6.31	0.220	0.063	0.002	0.018
AGV, mol/100 mol																		
Acético	80.6 <sup>a</sup>	77.4 <sup>b</sup>	73.5 <sup>c</sup>	75.9 <sup>b</sup>	73.4 <sup>c</sup>	0.81	79.0	74.6	78.2	75.4	73.5	75.4	75.9	76.2	0.001	0.002	0.05	0.641
Propionico	15.0 <sup>b</sup>	16.2 <sup>ab</sup>	16.1 <sup>ab</sup>	16.4 <sup>ab</sup>	17.9 <sup>a</sup>	0.69	15.6	17.2	15.7	17.0	16.1	17.0	16.4	16.3	0.028	0.066	0.258	0.838
Butírico	4.38 <sup>d</sup>	6.45 <sup>c</sup>	10.4 <sup>a</sup>	7.69 <sup>bc</sup>	8.67 <sup>ab</sup>	0.66	5.41	8.18	6.03	7.56	10.4	7.56	7.69	7.47	0.001	0.025	0.002	0.751
A:P <sup>6</sup>	5.38 <sup>a</sup>	4.80 <sup>ab</sup>	4.61 <sup>b</sup>	4.63 <sup>b</sup>	4.20 <sup>b</sup>	0.21	5.09	4.41	5.00	4.50	4.61	4.50	4.63	4.75	0.004	0.025	0.649	0.611

<sup>a, b, c, d</sup> medias con distinta literal en una hilera no son iguales ( $P \leq 0.05$ ). AGV= ácidos grasos volátiles

<sup>1</sup>Tratamiento: ES= ensilaje de sudan, EST= ES + trigo rolado al vapor, ET= ensilaje de trigo, HS= heno sudan y HST= HS + trigo rolado al vapor.

<sup>2</sup>C1: Ensilado vs Henificado (ES, EST vs HS, HST).

<sup>3</sup>C2: Adición de trigo rolado (ES, HS vs EST, HST).

<sup>4</sup>C3: Almidón en la planta vs almidón agregado (ET vs EST, HST).

<sup>5</sup>C4: Heno de sudan vs todos los demás (HS vs ES, EST, ET, HST).

<sup>6</sup>A:P= relación acetato:propionato

<sup>7</sup>EE= error estándar.

acetato; pero la producción de butirato es mayor ( $P < .01$ ) cuando el contenido de almidón proviene de la planta (ET). El testigo HS no mostró variación en la producción de AGV respecto al resto de los tratamientos, aunque presento mayor ( $P < .01$ ) pH ruminal.

En el cuadro 10 se muestran las características del contenido ruminal y tasa de pasaje de los novillos Holstein. Tanto ensilados como henificados no presentaron diferencias ( $P > 0.05$ ) en el contenido total de líquidos en rumen así como la tasa de pasaje ( $K_p$ ), pero en los tratamientos a base de ensilados se observo mayor ( $P < .01$ ) contenido de MS (11%,  $P < .05$ ), FDN (6%,  $P < .01$ ) y solidos (12%:  $P < .01$ ) en rumen. El adicionar almidón al forraje provoco una disminución ( $P < .01$ ) de contenido total del rumen, en sólidos y líquidos, aumentado la  $K_p$  de 3.5 a 4.18 y sin mostrar cambios en el porcentaje de MS y FDN en rumen. Al evaluar el almidón presente en la planta o adicionado al forraje sobre el contenido del rumen solo mostro diferencias significativas en el contenido de MS siendo mayor ( $P < .01$ ) con un 14.5 % cuando se alimentó con ensilaje de trigo.

Al contrastar el HS con la media del resto de los tratamientos sobre el contenido en rumen este fue menor ( $P < .01$ ) 5.5% de FDN y el resto de las variables estudiadas no mostraron diferencias.

**Cuadro 10. Contenido en rumen y tasa de pasaje en Novillos Holstein alimentados a base de ES, HS, ET y TRV.**

	Tratamiento <sup>1</sup>					EE <sup>7</sup>	C1 <sup>2</sup>		C2 <sup>3</sup>		C3 <sup>4</sup>		C4 <sup>5</sup>		P < F			
	ES	EST	ET	HS	HST		ENS	HNF	OTR	15TR	ET	15TR	HS	TMT	C1	C2	C3	C4
Contenido del Rumen																		
MS (%)	12.9 <sup>ab</sup>	12.5 <sup>abc</sup>	13.6 <sup>a</sup>	11.6 <sup>bc</sup>	11.3 <sup>c</sup>	0.57	12.7	11.4	12.2	11.9	13.6	11.9	11.6	12.5	0.032	0.515	0.018	0.119
FDN (%)	66.4 <sup>a</sup>	65.8 <sup>ab</sup>	64.7 <sup>b</sup>	61.6 <sup>c</sup>	62.8 <sup>c</sup>	0.79	66.1	62.2	64.0	64.3	64.7	64.3	61.6	64.9	0.001	0.524	0.47	0.001
Contenido Total (Kg)	51.3 <sup>a</sup>	40.9 <sup>c</sup>	40.7 <sup>c</sup>	47.1 <sup>ab</sup>	44.2 <sup>bc</sup>	2.21	46.1	45.7	49.2	42.6	40.7	42.6	47.1	44.3	0.783	0.001	0.363	0.137
Sólidos (Kg)	6.62 <sup>a</sup>	5.11 <sup>b</sup>	5.46 <sup>b</sup>	5.48 <sup>b</sup>	4.99 <sup>b</sup>	0.38	5.86	5.23	6.05	5.05	5.46	5.05	5.48	5.54	0.01	0.001	0.123	0.782
Líquidos (Kg)	44.7 <sup>a</sup>	35.8 <sup>c</sup>	35.2 <sup>c</sup>	41.6 <sup>ab</sup>	39.2 <sup>bc</sup>	1.92	40.2	40.4	43.2	37.5	35.2	37.5	41.6	38.7	0.908	0.003	0.246	0.111
Kp <sup>6</sup>	3.17 <sup>b</sup>	4.09 <sup>a</sup>	3.79 <sup>a</sup>	3.82 <sup>a</sup>	4.26 <sup>a</sup>	0.3	3.63	4.04	3.5	4.18	3.79	4.18	3.82	3.83	0.055	0.004	0.125	0.945

<sup>a, b, c</sup> medias con distinta literal en una hilera no son iguales ( $P \leq 0.05$ ). MS= materia seca, FDN= fibra detergente neutro, Kp = tasa de pasaje.

<sup>1</sup>Tratamiento: ES= ensilaje de sudan, EST= ES + trigo rolado al vapor, ET= ensilaje de trigo, HS= heno sudan y HST= HS + trigo rolado al vapor.

<sup>2</sup>C1: Ensilado vs Henificado (ES, EST vs HS, HST).

<sup>3</sup>C2: Adición de trigo rolado (ES, HS vs EST, HST).

<sup>4</sup>C3: Almidón en la planta vs almidón agregado (ET vs EST, HST).

<sup>5</sup>C4: Heno de sudan vs todos los demás (HS vs ES, EST, ET, HST).

<sup>6</sup>KP= tasa de pasaje.

<sup>7</sup>EE= error estándar.

## CONCLUSIONES

Al homogeneizar el contenido de fibra detergente neutro digestible y almidón en la dieta, independiente que forraje se esté utilizando, generalmente se obtuvieron valores homogéneos de digestión en rumen y totales.

Aunque la adición de almidón al henificado disminuyó la digestión de la fracción fibrosa, en general mantuvo la respuesta superior del henificado sobre el proceso de ensilado, incluyendo del ensilado de trigo.

## LITERATURA CITADA

Allen, V.G., Fontenot, J.P., Kelly, R.F., Notter, D.R., 1996. Forage systems for beef production from conception to slaughter: III. Finishing Systems. *Journal Animal Science*. 74:625-638

Álvarez 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 Sudánggrass-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.

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.

Chai W, Uden P (1998) An alternative oven method combined with different detergent strengths in the analysis of neutral detergent fiber. *Anim. Feed Sci. Technol*. 74:281-88.

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.

Dado, R. G., and M. S. Allen. 1995. Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *J. Dairy Sci.* 78:118.

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

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

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.

Johnson, L., J. H. Harrison, C. Hunt, K. Shinnors, C. G. Doggett, and D. Sapienza. 1999. Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: A contemporary review. *J. Dairy Sci.* 82:2813–2825.

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.

NúñezH.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.

Owens, D., M. McGee, T. Boland, P. O’Kiely. 2008. Rumen fermentation, microbial protein synthesis, and nutrient flow to the omasum in cattle offered corn silage, grass silage, or whole-crop wheat. *J. Anim. Sci.* 87:658–668.

SAS, 2002. Users guide: Statics, version 6, 4<sup>th</sup> 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.

Undersander, D. 1997. Perspectives on forage sampling, handling, and analysis. Pages 262–267 in *Proc. Silage: Field to feedbunk. NRAES-99, Hershey, PA.*

Van Soest, P.J., Robertson JB & Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition.

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.

Walsh, K., P. O’Kiely, A.P. Moloney, T.M. Boland. 2007. Intake, digestibility, rumen fermentation and performance of beef cattle fed diets based on whole-crop wheat or barley harvested at two cutting heights relative to maize silage or ad libitum concentrates. *Animal Feed Science and Technology.* 144: 257–278.

Weinberg, Z. G., Y. Chen, R. Solomon. 2009. The quality of commercial wheat silages in Israel. *J. Dairy Sci.* 92:638–644.

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.

Zinn, R. A. 1990. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 68:767–775.

Zinn R.A. 1988. Comparative feeding value of supplemented fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with and without monensin. *J. Anim. Sci.* 66: 213-227.

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.