

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS



**EFFECTO DE *YUCCA SCHIDIGERA* SOBRE PROTOZOARIOS Y DIGESTIÓN
RUMINAL EN NOVILLOS ALIMENTADOS CON DIETAS DE FINALIZACION**

TESIS

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

JORGE ANTONIO ROQUE MACIEL

DIRECTOR DE TESIS

DR. MARTÍN FRANCISCO MONTAÑO GÓMEZ

Mexicali, B.C. México

Septiembre de 2018

Efecto de *yucca schidigera* sobre protozoarios y digestión ruminal en novillos alimentados con dietas de finalización. Tesis presentada por Jorge Antonio Roque Maciel como requisito parcial para obtener el grado de maestro en ciencias veterinarias, que ha sido aprobado por el comité particular indicado:

Dr. Martin Francisco Montaña Gómez
Director

MC. Miguel Ángel Vega Cázares
CoDirector

MC. José Melendrez Lozano
Asesor

Dr. Juan Octavio Chirino Romero
Asesor

Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez
Asesora

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA. MEXICO

SEPTIEMBRE DE 2018.

CONTENIDO

	pág
AGRADECIMIENTOS.....	5
DEDICATORIA.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	10
HIPÓTESIS.....	11
Lista de Tablas.....	12
Lista de Gráficas.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
Efecto sobre población de protozoarios.....	17
Efecto sobre valores de pH ruminal.....	20
Efecto sobre digestión de componentes nitrogenados.....	21
Efecto sobre digestión de almidón.....	26
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
Localización del área de estudio.....	30
Unidades experimentales.....	30
Tratamientos.....	30
Diseño experimental.....	31

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
LITERATURA CITADA.....	38

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar te agradezco a ti Dios, por ayudarme a terminar este proyecto, gracias por darme la fuerza y el coraje para hacer este sueño realidad, por ponerme en este loco mundo, por estar conmigo en cada momento de mi vida. Por cada regalo de gracia que me has dado y por haber puesto en mí camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres, Jorge Humberto Roque Ramos y Dolores Maciel Cortez, muy en especialmente por apoyarme moral, física y espiritualmente en todo momento. Queridos Papá y Mamá. Siempre han sido un ejemplo para mí. Gracias a ello estoy alcanzado mis metas con mucho orgullo. Les debo un eterno agradecimiento y mi retribución total por su gran amor.

A mi hermana, Yesenia Janeth Roque Maciel, Gracias por la confianza y por siempre creer en mí, porque ese voto que tuviste conmigo me ha permitido explorar y aventurarme para cumplir mis metas. Me ha impulsado a conseguir más de lo que jamás podría haber soñado, y todo te lo debo a ti, mi hermana, mi compañera del alma.

A mis suegros Miguel A. Megchun Hernández y Yolanda Ríos Esquinca que también formaron parte de este proceso tanto presencial como espiritual, sin duda alguna a ellos también les debo el honor de su acompañamiento en los momentos de abundancia y escasez, Dios los bendiga.

A mi Director de Tesis Dr. Martín Francisco Montaña Gómez, por su apoyo, conducción y ejemplo como persona, Profesor e Investigador, entregado a la Ciencia y Educación Veterinaria en nuestra Universidad. A los Doctores Olga Maritza Manríquez Núñez, Juan Octavio Chirino Romero, así como a los Maestros Miguel Ángel Vega Cázares y José Melendrez Lozano.

Al Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California, al que le rindo tributo de agradecimiento por haberme forjado como profesional y darme la oportunidad de trabajar en favor de la Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Al M.C. Mardo José Matute Sosa, por su invaluable cooperación y aportación para el cabal desarrollo del presente proyecto.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT, por su invaluable apoyo mediante la beca asignada para mis estudios de maestría.

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mi amada esposa Isis Anamary Megchun Ríos por su sacrificio y esfuerzo, por apoyarme incondicionalmente con esta travesía y por creer en mi capacidad, aun que hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño y amor.

A mi amada hija Melanie Suseth Roque Megchun por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor. Va por ustedes!!

Nadie está a salvo de las derrotas. Pero es mejor perder algunos combates en la lucha por nuestros sueños, que ser derrotado sin saber siquiera porque se está luchando.

Paulo Coelho.

RESUMEN

Se utilizaron cuatro novillos Holstein de (146 ± 4 kg) con cánulas en rumen y duodeno proximal con la finalidad de evaluar el efecto de la suplementación de *Yucca schidigera* en animales alimentados con dietas altas en grano. El tratamiento 1 (TMT1) se le asignó a dos novillos (control), mientras que el tratamiento 2 (TMT; 1.5% yucca (BMS) de yucca), se le asignó a los dos novillos restantes. Los novillos fueron alojados en corrales individuales (4 m^2) con piso de concreto cubierto por alfombra de neopreno, bebederos automáticos y comederos de alimentación individual. Los novillos fueron alimentados diariamente con la dieta experimental alta en grano en porciones iguales a las 8:00 y 20:00 h. El consumo de materia seca fue al 95% del promedio de lo consumido *ad libitum* durante un período de siete días previo al experimento. Se recolectaron muestras de fluido ruminal y duodenal a las 7:00, 10:00, 12:00 y 14:00 hrs durante toda la prueba. Para la medición de protozoarios ruminales las muestras fueron filtradas a través de cuatro capas de gasa, se tomó 1 ml de líquido ruminal filtrado añadiéndole ocho mililitros de agua destilada más 1 ml de formol. Los novillos recibieron el TMT2 por 14 días. Posterior a ello se continuó con un período de muestreo de 30 días. La prueba se analizó mediante un Diseño Completamente al Azar con medidas repetidas. Se consideró significancia cuando $P \leq 0.05$. No se observó efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta. Por lo anterior podemos concluir que bajo las condiciones del presente experimento la dosis utilizada de *Yucca schidigera* no fue suficiente para alterar la población total de protozoarios ruminales ni el metabolismo digestivo a nivel ruminal.

Palabras Clave: *Yucca schidigera*, Saponinas, Novillos, Rumen.

ABSTRACT

We used four steers (146 ± 4 kg) Holstein with cannulas in rumen and proximal duodenum in order to assess the effect of supplementation of *Yucca schidigera* in animals fed with diets high in grain. Treatment 1 (TMT1) was assigned to two steers (control), while the 2 treatment (TMT; 1.5% yucca (BMS) of yucca), was assigned to the two remaining steers. Steers were housed in individual pens (4 m²) with concrete floors covered by carpet neoprene, automatic waterers and feeders of individual feeding. Steers were daily fed the experimental diet high in grain into parts equal to 8:00 and 20:00 h. Dry matter intake was 95% of the average of the consumed ad libitum during a period of seven days prior to the experiment. They were collected samples of fluid ruminal, duodenal and blood, at 7:00, 10:00, 12:00 and 14:00 hrs throughout the test. For the measurement of ruminal protozoa samples were filtered through four layers of chiffon and it will take 1 ml of rumen fluid filtered by adding eight milliliters of water AAA plus 1 ml of formaldehyde. The steers received the TMT2 for 14 days. Subsequent to this he continued with a 30-day sampling period. The test was analyzed using a design fully randomized with repeated measures. Significance was considered as $P \leq 0.05$. Effect of the treatments on the response variables were not observed. Therefore we can conclude that under the conditions of this experiment the dose of *Yucca schidigera* used was not enough to alter the total population of ruminal protozoa or the nutritional metabolism on rumen.

Key words: *Yucca schidigera*, Saponins, Steers, Rumen.

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de la suplementación de *Yucca schidigera* sobre conteo de protozoarios y digestión ruminal en novillos alimentados con dietas de finalización.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir el efecto de *Yucca schidigera* sobre la defaunación de protozoos.
- Medir el efecto de *Yucca schidigera* sobre variables de digestión ruminal.

HIPÓTESIS

La suplementación de *yucca schidigera* en novillos alimentados con dietas de finalización puede afectar la población de protozoarios y la digestión ruminal.

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla1.- Efecto de la combinación de granos sobre la población de protozoarios.....	17
Tabla 2. Efecto de los protozoarios sobre el consumo y tasa de fermentación <i>in situ</i> de granos.....	28
Tabla 3. Efecto de los protozoarios sobre el consumo de almidón y sitio y extensión de digestión en el tracto gastrointestinal.....	29
Tabla 4. Dieta experimental.....	31
Tabla 5. Efecto de los tratamientos sobre protozoos y pH ruminal.....	32

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 1.- Efecto de los tratamientos sobre población total de protozoarios.....	33
Gráfica 2.- Efecto de los tratamientos sobre digestión de proteína.....	35
Gráfica 3.- Efecto de los tratamientos sobre digestión de almidón.....	36
Gráfica 4.- Efecto de los tratamientos sobre digestión de FDA.....	36
Gráfica 5.- Efecto de los tratamientos sobre digestión de FDN.....	37

INTRODUCCIÓN

La *Yucca schidigera* es una planta herbácea de la familia de las liliáceas, originaria del sur-oeste del desierto de los Estados Unidos y del norte de México. Existen más de 5,000 variedades de yuca en el mundo de las cuales cada una tiene su particularidad, pero básicamente se clasifican en dulces y amargas. (Alarcon, 2004). La mayoría de las consideradas dulces son destinadas al consumo humano y no presentan toxicidad, su nivel de Ácido Cianhídrico (HCN) se encuentra en valores de alrededor de 20 partes por millón, mientras que las amargas pueden contener 50 veces más (HCN) que la anterior. Es importante mencionar que las dulces pueden volverse amargas por condiciones tales como el exceso de nitrógeno o falta de potasio en el suelo (Alarcon, AGROIN, 2004).

El interés del estudio de esta planta se centraliza en su característica “surfactante” a través de un compuesto que son las Sarsaponinas. Estas promueven el proceso de atemperamiento en los granos por su acción como agente humectante, reduciendo su tensión superficial e incrementando la penetración del agua.

Los ingredientes activos de la *Yucca schidigera* son principalmente:

Sarsaponinas esteroides: tienen propiedades surfactantes, aumentan la permeabilidad de la pared intestinal de los animales, promoviendo la absorción de nutrientes e inhiben el crecimiento de algunos microorganismos, estimulando al mismo tiempo que otros.

Glicocomponentes: se unen al amoniaco en el intestino y son muy termoestables. (Isidro Matamoros., 2012).

Acorde con Cheeke (2000), cada día más común la suplementación de sustancias como antibióticos y otros productos naturales como aditivos en las dietas ofrecidas en los corrales de engorda para manipular el ecosistema ruminal a fin de disminuir la presencia de problemas digestivos, optimizando la digestibilidad y utilización de nutrientes. Uno de los principales productos naturales

que se han utilizado es el extracto de *Yucca Schidigera*, el cual se considera la principal fuente natural de sarsaponina. Otro de sus principales efectos está relacionado con el aumento o disminución (Goetesch et al., 1985; Wallace et al., 1994) en la degradación del nitrógeno (N) en rumen.

Goodall et al. (1981 y 1982), observaron mayor incremento en la eficiencia de las dietas en respuesta a la suplementación de saponinas de *Yucca schidigera*. Al mismo tiempo, observaron una reducción en la producción de amoníaco, así como un aumento de las concentraciones de propionatos a nivel ruminal, lo cual atribuyen a la defaunación de protozoos ciliados. El mecanismo del efecto antiprotozoario de *Yucca schidigera* se basa en que las saponinas forman complejos irreversibles con el colesterol presente en la membrana celular, causando su ruptura, lisis celular y finalmente la muerte. Acorde con Price et al. (1987), las saponinas son conocidas para reaccionar con los esteroides de la membrana, alterar la función de la membrana y por lo tanto detener el crecimiento celular, lo cual concuerda con Glauert et al. (1962), quienes desde hace bastante tiempo sugirieron que las saponinas se incorporan en la membrana celular y aumentan su permeabilidad.

Las propiedades antifúngicas y antibacterianas de saponinas se demostraron con mayor claridad en los microorganismos rumiantes celulolíticos. La evidencia de que las saponinas inhiben el crecimiento y la esporulación de una amplia gama de patógenos fúngicos de plantas *in vitro* es abundante (Price et al., 1987). Reducir las poblaciones de protozoos en el rumen podrían mejorar el flujo de proteínas microbianas al intestino y la utilización de N en el rumen.

En respuesta a la suplementación de *Yucca schidigera*, Valdez et al. (1986) observaron una mejora en la digestibilidad de MO, aumentando al mismo tiempo la digestibilidad de la fibra en animales alimentados con heno de alfalfa, mejorando de esta manera el rendimiento animal en cuestión de producción.

Además, la sarsaponina es comúnmente utilizada por su característica surfactante para hidratar cereales (Zinn et al., 1998). Su aplicación ha mejorado la respuesta animal en experimentos con dietas en base a maíz (Zinn et al., 1998) y cebada (Wang et al., 2003), aunque los resultados con sorgo no han sido del todo significativos (Zinn et al., 2008). Por su parte Hristov et al. (1999) no observaron efecto sobre digestión ruminal al adicionar saponinas de *Yucca schidigera* en dietas para vaquillas.

REVISIÓN DE LITERATURA

Efecto sobre la población de protozoarios

Los resultados de dos experimentos conducidos por Mendoza (1991) muestran que la combinación de dos granos, uno de rápida fermentación (maíz con alto contenido de humedad) y uno de lenta fermentación ruminal (sorgo seco rolado), incrementaba la población de protozoarios por encima de los promedios observados con los granos solos (Tabla 1). La razón por la cual hay una menor población con maíz de alto contenido de humedad es la rápida tasa de fermentación, mientras que con sorgo, es posible que la menor concentración de glucosa en el rumen (por la menor tasa de degradación) fuera el factor limitante. Cuando estos dos granos se combinan la población se incrementa, debido a que las condiciones del rumen no son tan ácidas para limitar el crecimiento de los protozoarios, y la concentración de glucosa y otros azúcares no es limitante, por lo que se multiplican los protozoarios en mayor proporción.

Tabla 1. Efecto de la combinación de granos sobre la población de protozoarios

Variable	Maíz con alto contenido de humedad: sorgo seco rolado					Efecto cuadrático
	100:0	67:33	33:67	0:100	EE	
Experimento con bovinos:						
Población de protozoarios, microorganismos/g						
Entodinium	95,586	196,673	-	96,914	56,177	0.20
Holotricos	12,277	7,071	-	6,605	2,106	0.14
Total	107,863	203,744	-	103,519	57,412	0.22
pH ruminal	6.16	6.20	-	6.21	0.05	
Experimento con ovinos:						
Población de protozoarios, microorganismos/g						
Entodinium	183,697	556,995	244,618	118,734	178,468	0.19
Holotricos	311	1,554	5,595	12,127	3,282	0.02
	558,549	250,213	130,856	178,572	184 007	0.20
pH ruminal	5.75	6.34	5.69	6.22	0.08	

Fuente: Elaborado con datos de Mendoza (1991); Mendoza et al. (1995; 1998).

De acuerdo con estos experimentos, se postula que cualquier factor que altere la población de protozoarios, puede potencialmente afectar la población bacteriana y la tasa de digestión del almidón. Algunos compuestos que se utilizan en corrales de engorda como monensina sódica pueden presentar efecto toxico para los protozoarios. Estudios *in vitro* han mostrado reducciones de la población de 5 a 35% (Wallace et al., 1981; Hino y Russell, 1987), mientras que las reducciones *in vivo* varían de 30 a 65% (Jouany y Senaud, 1978; Poos et al., 1979). En términos generales, al incrementar la dosis de monensina se reducen los protozoarios, siendo los holotricos los más susceptibles (Wallace et al., 1981), sin llegar a acusar defaunación (Mendoza, 1991). Existe información limitada sobre el efecto de la monensina sobre los protozoarios en raciones altas en grano, sin embargo, datos de Gylulai y Baran (1988) indican que el efecto anti-protozoario de la monensina, es más pronunciado en raciones basadas en concentrados que en forrajes. Algunos experimentos muestran que los protozoarios pueden establecerse en raciones altas en granos aun cuando la monensina es incluida en la dieta (Mendoza et al., 1991; Towne et al., 1990). La mayor frecuencia de alimentación también estimula el desarrollo de los protozoarios (Bonhomme, 1990). La incorporación de grasa en la ración también reduce la población de protozoarios (Czerkawski et al., 1975). Resultados de Czerkawski (1973) mostraron que la adición de aceite de linaza en forma progresiva, reducía la población de ciliados a 2% del grupo testigo. Resultados similares fueron reportados por Ikwuagbu y Sutton (1982) quienes lograron defaunar animales después de 42 días de infusión intrarruminal de 49 ml de aceite de linaza. Los hidrolizados de aceite de soya se pueden usar para defaunar animales (Demeyer, 1988; Broudiscou et al., 1990). Towne et al. (1990) observaron que el uso de cebo al 3.5% en raciones con monensina redujeron los conteos de protozoarios en 15%. El efecto de las grasas sobre los protozoarios está relacionado con el tipo de grasa y con la proporción de ácidos poli-insaturados. Aparentemente existe una relación negativa entre el contenido de ácidos insaturados y los efectos detrimentales sobre los protozoarios. Como los protozoarios pueden jugar un

papel importante en la prevención de acidosis, convendría considerar la evaluación de grasas protegidas en raciones altas en grano.

Zinn et al. (1998), Reportaron incrementos en la eficiencia microbial a nivel ruminal en respuesta a la suplementación de sarsaponina, lo cual puede ser ocasionado principalmente por su actividad antiprotozoaria (Valdez et al., 1986; Lu and Jorgensen, 1987; Klita et al., 1996), lo cual provoca una disminución en la lisis bacteriana, así como por una disminución tanto en la desaminación como en la fijación de amoníaco a nivel ruminal. Acorde con Hristov et al. (1999), la sarsaponina reacciona con el colesterol que se encuentra en la membrana celular de los protozoarios, causando su lisis. Debido a que las bacterias no contienen colesterol en sus membranas celulares, no son afectadas directamente por la sarsaponina (Zinn et al., 1998).

Dentro de la población ruminal destacan dos grupos de microorganismos: las bacterias y los protozoarios ruminales. La importancia de estos últimos en el rumen (Hungate, 1984) y particularmente en raciones altas en grano, ha sido debatida por varios años. Con relación a dietas con altos niveles de granos, en un estudio de Eadie et al. (1970) se reportó que los protozoarios desaparecerían del rumen en dietas altas en grano. Es importante mencionar que en esos estudios se utilizó el grano de cebada en la ración y que la cebada es uno de los granos de mayor tasa de fermentación (Figura1). Debido a la acidez, los protozoarios pueden ser eliminados (Hungate, 1966). Sin embargo, otros estudios han demostrado que puede existir una gran población de ciliados en dietas con diferente tipo de grano, por lo que la importancia biológica de los protozoarios en las dietas con alto contenido de grano debe ser evaluada.

Existe una importante interrelación entre los protozoarios, la degradación ruminal de los carbohidratos, el pH y el consumo voluntario. Las concentraciones de protozoarios en el rumen en raciones con 90% de grano, son bajas para trigo comparadas con cebada, maíz o grano de sorgo (Slyter et al., 1970). La menor población observada en grano de fermentación rápida puede estar relacionada a la acidez ruminal causada por la tasa de degradación. La cantidad de almidón

consumida también tiene un efecto en la población de ciliados, debido a la cantidad de ácidos orgánicos producidos y el pH ruminal. Eadie et al. (1970) observaron que cuando los animales eran alimentados con una dieta a base de cebada en forma restringida, se desarrollaba una elevada población de protozoarios, mientras que en animales alimentados ad libitum la población se reducía drásticamente.

Efecto sobre valores de pH ruminal

El pH ruminal es uno de los factores que más afectan a los protozoarios, los cuales son afectados en valores de pH inferiores a 5.5 (Hungate, 1966). Hino et al. (1973) encontraron que al mantener un cultivo por 48 h en pH debajo de 4.5 eliminaba a los *Entodinium*. Los resultados de Newbold et al. (1986) mostraron que los protozoarios eran reducidos al recibir infusiones de lactato en dietas con 40% de heno. Mendoza et al. (1993) redujeron el pH ruminal a 5.52 después de 2 días de infusiones continuas de lactato y lograron defaunar animales.

Los valores reducidos de pH en el rumen han sido asociados con reducciones del consumo hasta en un 50% (Bhattacharya y Warner, 1967). La infusión de ácido láctico incrementa la utilización de lactato en el rumen; Huntington y Britton (1978) mostraron que la utilización se incrementó por 1 μ g/min/ml, al incorporar por varios días el lactato en la ración. Es necesario mencionar que la importancia biológica de este incremento es mínima. Las concentraciones ruminales de lactato generalmente son mayores en animales defaunados (Jounay et al., 1981). Newbold et al. (1986) reportaron que la defaunación resultó en incrementos en la concentración de L-lactato de 3.4 a 8.9 mm en una dieta baja en forraje; aunque Nagaraja et al. (1990) y Mendoza (1991) no encontraron cambios en dietas altas en grano. En estudios conducidos por Marounek et al. (1989), la utilización de lactato era menor en un inoculo libre de protozoarios, lo que podría incrementar la metabolización del ácido láctico en el rumen.

En rumiantes alimentados con dietas altas en granos es posible que se presenten valores de pH suficientemente ácidos para eliminar los protozoarios. Sin embargo, los protozoarios del omaso pueden jugar un papel importante para refaunar dicho animal. Eadie y Oxford (1957) sospecharon la posibilidad de la re-faunación por protozoarios del omaso, mientras que Towne y Nagaraja (1990) reportaron una ligera elevación en la población que confirmaron las sospechas de Eadie y Oxford (1957).

El pH ruminal ha sido reportado más ácido en animales defaunados, presumiblemente porque la ausencia de protozoarios incrementa la disponibilidad de almidón y carbohidratos fácilmente fermentables para las bacterias (Bonhome, 1990). La caída del pH ruminal posprandial es menos abrupta cuando los protozoarios están presentes bajo diversas condiciones dietarias, incluyendo raciones altas en grano (Slyter et al., 1970; Veira et al., 1983; Veira, 1986; Nagaraja et al., 1990). Sin embargo, las diferencias en el pH ruminal no siempre son detectadas (Jounay et al., 1981), esto debido a diferencias en los ingredientes de la dieta, tiempo de muestreo y variación experimental.

Efecto sobre digestión de componentes nitrogenados

Grobner et al. (1982), reportaron una ganancia diaria de peso en novillos alimentados con dietas de finalización altas en grano cuando estas se suplementaron con saponinas de *Yucca schidigera*. De la misma manera este autor y sus colaboradores observaron una reducción de amoníaco y un aumento en las concentraciones de propionato.

En estudios posteriores, la suplementación de extracto de yuca disminuyó la concentración de amoníaco ruminal (Hussain y Cheeke, 1995) y aumentó digestibilidad de MO *in vivo* (Valdez et al., 1986), sin afectar el rendimiento animal.

Williams y Coleman (1992), reportaron que no hubo un efecto negativo en la digestibilidad de la fibra en animales alimentados con granos de maíz y cebada, y

dedujeron que reduciendo la población de protozoos en el animal podrían mejorar la utilización de nitrógeno en el rumen y el flujo de proteínas microbianas al intestino.

La concentración de nitrógeno amoniacal es mayor en animales faunados en la mayoría de las condiciones dietarias (Abou Akkada y El Shazly, 1964). Los efectos en la concentración amoniacal también han sido observados *in vitro* (Hino y Russell, 1987; Mendoza y Britton, 1991).

En la mayoría de los estudios, la defaunación ha propiciado incrementos significativos en el número total de bacterias cultivables bajo diferentes condiciones dietarias (Klopfenstein *et al.*, 1966; Demeyer y Van Soest, 1979; Newbold *et al.*, 1986). Los protozoarios reducen la síntesis neta de células microbianas (Demeyer y Van Soest, 1979) y el flujo de aminoácidos al duodeno (Veira *et al.*, 1983); pero la reducción en el flujo de aminoácidos puede también estar relacionada con el fenómeno de retención selectiva de protozoarios en el rumen (Veira, 1986; Matanobu e Iriki, 1989).

La contribución de nitrógeno por los protozoarios es alrededor del 20 a 30% del bacteriano, debido a un considerable grado de secuestro de protozoarios en partículas de la digesta o en la pared ruminal (Weller y Pilgrim, 1974; El-Fouly, 1983; NRC, 1984) y también por su menor tasa de crecimiento comparada con las bacterias.

Williams y Coleman (1988) han postulado que la presencia de los protozoarios puede reducir la eficiencia de utilización del nitrógeno por el animal. Bergen y Yokoyama (1977) plantearon que las limitaciones de nitrógeno degradable en rumen podrían ser más críticas en rumiantes faunados con dietas altas en granos. El balance de nitrógeno en ovinos defaunados tiende a reducirse a medida que se incrementa la energía de la ración (Klopfenstein *et al.*, 1966). Sin embargo, los efectos de la defaunación sobre la utilización de nitrógeno son limitados. De hecho, se ha postulado que los protozoarios tienen una proteína de mayor valor biológico que la de las bacterias.

Yucca Schidigera agregada a los alimentos de los bovinos y otras especies, incrementan la disponibilidad de nitrógeno a los microorganismos del rumen y por ende, aumenta la síntesis de proteína microbiana, mejorando la digestión en el intestino bajo y optimizan los niveles de amoníaco, reduciendo el proceso metabólico de destoxificación de urea-amoníaco que se lleva a cabo en el hígado.

Por otra parte, la utilización de este producto en el alimento de nuestras especies, incrementa la seguridad de la suplementación de urea en éste; reduciendo la posibilidad de la toxicidad del amoníaco. Aumenta además, el valor alimenticio de la urea, reduciendo la pérdida de nitrógeno en los mecanismos excretores normales.

Por otra parte Johnson et al. (2015), reportaron en un estudio realizado con base a extracto de *Yucca Schidigera* sobre el rendimiento de crecimiento de novillos y el balance de nitrógeno en temporadas de verano e invierno. No se observó diferencia ($P = 0.33$) para el porcentaje de N volatilizado (% de excreción). La dieta no tuvo efecto ($P > 0.18$) en la cantidad (kg) o porcentaje de N volatilizado en el invierno o el verano. Todas las dietas tuvieron cantidades similares, aunque las dietas altas en fibra aumentaron la cantidad de MO y no impactaron en el N volatilizado por lo tanto no afectó a las características del estiércol.

Otros estudios realizados por Budi Santoso et al. (2004), mencionan sobre el efecto de *Yucca Schidigera* con o sin nisina sobre la fermentación ruminal y la síntesis de proteína microbiana alimentadas con dietas a base de ensilaje y heno en ovejas. Determinan que el pH del rumen fue mayor ($P < 0.01$) en ovejas alimentadas con dieta con YS más nisina que las alimentadas sin antibiótico. Por lo tanto la concentración de amoníaco -N ($\text{NH}_3\text{-N}$) fue significativamente menor ($P < 0.05$) en ovejas alimentadas con YS y se reportó una eficiencia significativamente mayor ($P < 0.01$) de la síntesis de nitrógeno microbiano en el rumen de las ovejas alimentadas con *Yucca Shidigera* que las alimentadas sin el tratamiento. Sin

tomar en cuenta los factores extrínsecos en temporadas que se realizaron los ya mencionados experimentos.

Holtshausen et al. (2009), realizaron un experimento *in vitro* para determinar si la adición de Yucca Schidigera que contiene saponina o Quillaja saponaria reduce la producción de metano sin afectar la fermentación ruminal o la digestión de la fibra. se administró una dosis de saponina ligeramente menor a las vacas lecheras en lactación para evaluar los efectos sobre la fermentación ruminal, la producción de metano, la digestibilidad de los nutrientes del tracto total y la producción y composición de la leche.

Los resultados muestran que aunque la saponina de Yucca schidigera y Q. saponaria redujo la producción de metano *in vitro*, la reducción se debió en gran parte a la reducción de la fermentación ruminal y la digestión de los alimentos. Alimentar con una dosis más baja de saponina a las vacas lecheras en lactación evitó los efectos potencialmente negativos sobre la fermentación ruminal y la digestión de los alimentos, pero la producción de metano no se redujo. La menor eficiencia de la producción de leche de las vacas alimentadas con saponina y las reducciones potenciales en la digestión del alimento a altas tasas de suplementación puede hacer que los suplementos de saponina sean una opción poco atractiva para reducir la producción de metano in vivo.

Gumus et al. (2016), realizaron un estudio sobre los efectos del polvo de Yucca schidigera agregado a la ración de cordero sobre el número total de protozoos y pH del rumen. Este estudio investigó diferentes niveles de polvo de Yucca schidigera añadido a la ración de cordero sobre el número total de protozoos y pH en el rumen. En el estudio se usaron corderos destetados de 2.5 meses de edad. Los animales fueron divididos aleatoriamente en 3 grupos. Cada grupo contenía 8 corderos, se dividieron en 4 subgrupos, cada uno de los cuales consistía en 2 corderos. Uno de los grupos alimentados con dieta de cultivo (Control (C)). Los otros grupos fueron alimentados con la misma dieta, pero

adicionalmente 100 ppm (YS100) o 200 ppm (YS 200) en polvo agregaron su dieta. Además, todos los animales fueron alimentados con 125 g / d de paja de trigo. No hubo diferencias entre los grupos en términos del número total de protozoos. No hubo diferencias en el pH entre los grupos el resto del tiempo. Si bien los resultados de este estudio revelaron que 100 o 200 ppm de polvo de YS agregado a la ración de cordero no tuvieron efecto sobre el número total de protozoos, se observó que aumentaba el pH del rumen en ciertos momentos.

Otros estudios realizados por Wilson et al. (1998), mencionan que con el extracto de *Yucca shidigera* y proteína soluble en el desempeño de vacas y concentraciones de nitrógeno de urea en plasma y leche. Mencionan que las vacas fueron alimentadas con dietas que contenían proteína soluble baja o alta suplementada con 0 o 9 g / d de extracto de *Yucca shidigera* por vaca. El consumo de materia seca y los rendimientos de leche, en un 3,5% de grasa y sólidos totales no se vieron afectados por el tratamiento. La proteína altamente soluble aumentó los porcentajes de grasa y sólidos totales en la leche, pero disminuyó los porcentajes de proteína bruta y proteína verdadera en la leche. El extracto de *Yucca shidigera* no afectó los porcentajes o los rendimientos de los componentes de la leche, NH_3 ruminal o urea N en leche o plasma. La proteína altamente soluble tendió a aumentar el pH ruminal y las concentraciones de NH_3 ruminal. El extracto de *Yucca shidigera* no afectó el pH ruminal o NH_3 . Ni el extracto de *Yucca shidigera* ni el aumento de la proteína no degradable ruminal fue beneficioso en este cuando se alimentó a vacas que ordeñan de 30 a 35 kg / d.

Por otro lado Sirohi et al. (2011), mencionan que bajo los sistemas de alimentación basados en fibra, las técnicas de manipulación del rumen apuntan a aumentar la digestión de las fibras, la producción de propionato, el rendimiento y la eficiencia de la síntesis de proteínas microbianas y la disminución de la producción de metano. Se han aplicado diversos métodos físicos, químicos, biológicos y biotecnológicos para optimizar la fermentación ruminal con un éxito limitado. Estudios recientes han demostrado que los metabolitos secundarios de plantas

(PSM) en concentraciones más bajas pueden usarse para manipular la fermentación ruminal y para mejorar la productividad animal. Las saponinas y los taninos, el grupo de metabolitos secundarios que han sido ampliamente investigados por sus efectos pro-nutritivos en los rumiantes.

Otros estudios realizados por Mc Allister et al. (1999), mencionan sobre el efecto de *Yucca schidigera* para la fermentación ruminal y la digestión de nutrientes en vaquillas en un experimento Cuadrado Latino replicado 3×3 , seis vaquillas ($443 \pm 6,1$ kg) alimentadas con un 61% de grano de cebada: el 39% de la dieta de alfalfa recibieron dosis intrarruminales de *Yucca schidigera* (YS) en polvo. Se administraron dosis de 0 (control), 20 o 60 g / diariamente. El contenido ruminal se muestreó 0, 2, 4 y 6 h después de la dosificación. La YS no afectó la acidez, las concentraciones de azúcares reductores, aminoácidos libres y péptidos en el rumen ($P > .05$). En relación con el control, la concentración de amoníaco ruminal se redujo ($P < .05$) 2 h después de la administración de YS. La concentración de propionato ruminal se incrementó ($P < .05$) por YS. Los números de protozoos en el rumen fueron menores ($P < .05$) con YS que sin ella. El efecto de YS sobre la concentración de amoníaco ruminal probablemente resultó de una concentración disminuida de protozoos y, presumiblemente, de la unión de amoníaco por YS. El efecto sobre el propionato ruminal fue probablemente el resultado de un efecto inhibitor selectivo de YS sobre las especies microbianas del rumen.

Efecto sobre digestión de almidón

La importancia de los protozoarios en la digestión del almidón en el rumen y en los intestinos fue estudiada por Mendoza et al. (1993), utilizando ovinos con cánula ruminal, duodenal e ileal. La ración experimental contenía 75% de grano en base seca, formulada con base en la combinación de 67% de maíz con alto contenido de humedad y 33% de sorgo seco roado, debido a que esta ración incrementaba la población de protozoarios (Cuadro 1). La población de protozoarios de los ovinos se encontraba en un promedio inicial de 51,286

organismos/ml, los cuales, fueron reducidos a 13,987 organismos/ml, alimentando una ración con 9% de cebo y 27 mg/kg de monensina sódica en base seca, por 13 días. Los ovinos fueron defaunados por infusión de ácido láctico y por lavado ruminal.

Los cambios que ocurren en las bacterias durante la adaptación a raciones con elevada concentración de almidón y melaza fueron descritos por Mackie et al. (1978), quienes mostraron que el número de bacterias amilolíticas se incrementaba en forma lineal hasta que la ración tenía 70% de concentrados (grano y melaza) para estabilizarse posteriormente, mientras que las bacterias celulolíticas redujeron paulatinamente su población. Las bacterias utilizadoras de lactato siguieron la misma tendencia que las amilolíticas, pero su población era menor.

En resumen, se puede decir que los protozoarios ruminales reducen la tasa de digestión del almidón en el rumen, al cambiar la digestión del rumen al intestino delgado en animales alimentados con dietas altas en grano, todo esto sin cambiar la capacidad digestiva del intestino delgado. La defaunación incrementa la eficiencia de la fermentación ruminal al incrementar la proporción de propionato, reduciendo el acetato y butirato. Existe la posibilidad de que los protozoarios jueguen un papel benéfico en la reducción de la acidosis subaguda, al reducir la cantidad total de almidón fermentado en el rumen y la cantidad total de ácidos producidos. La presencia de los protozoarios en estas condiciones podría dar mayor energía disponible para el rumiante, si el almidón es digerido en el intestino y si los productos finales de su digestión pueden ser absorbidos eficientemente.

Por su parte, Hristov et al. (2007), al estar trabajando en experimentos *in situ* en los cuales utilizaron vacas lecheras en producción, observaron un incremento en la solubilidad de la MS y almidón de grano de maíz hojueleado en respuesta a la suplementación de sarsaponina, lo cual acorde con Zinn et al. (2002) puede darse en respuesta principalmente a un incremento en el grado de gelatinización del almidón. Por su parte Williams y Coleman (1992), observaron que la suplementación de sarsaponina incrementó la degradabilidad del almidón

en rumen. Estos autores sostienen que los procesos mecánicos a los cuales son sometidos los granos antes de su inclusión a las dietas podrían activar los tejidos embrionarios de los granos, dando como resultado la conversión de almidón en azúcares solubles; las saponinas podrían potencializar estos procesos principalmente mediante dos mecanismos: 1) como agente humectante, reduciendo la tensión superficial e incrementando la penetración de agua, y 2) como agente bioactivo, estimulando los procesos enzimáticos en el grano.

Tabla 2. Efecto de los protozoarios en el consumo y la tasa de fermentación *in situ* de granos.

Variable	Tratamiento			
	Defaunado	Faunado	EE	P
Consumo de MS, kg/d	1.440	1.380	0.067	0.55
pH ruminal	5.38	5.52	0.29	0.39
N-amoniaco, mg/dl	15.15	21.17	1.48	0.82
Presión osmótica, mOsmol/kg	321	245	13	0.006
Tasa de digestión <i>in situ</i> , %/h				
Sorgo seco roado	5.19	3.37	0.56	0.009
Maíz con alto contenido de humedad	22.34	14.72	1.11	0.02

MS= materia seca; **EE**= Error estándar de la media; **P**= valor de probabilidad. *Fuente*: Mendoza (1991); Mendoza *et al.* (1993).

La tasa de fermentación del almidón era menor cuando los protozoarios se encontraban presentes en el rumen (Tabla 2). La tasa de digestión del *almidón in situ* fue reducida en 35% y en la digestibilidad *in vitro* fue reducida 9% cuando los protozoarios estaban presentes. Estos resultados apoyan el concepto de que los protozoarios reducen la fermentación ruminal del almidón (Eadie y Mann, 1970; Mackie *et al.*, 1978). Además contrastan con el reporte *in vitro*, los cuales se debieron al incremento en la concentración de nitrógeno amoniacal. En los experimentos *in vivo* (Mendoza, 1991; Mendoza *et al.*, 1993) no existía limitación de amoníaco, por lo que los efectos en la reducción de la tasa de digestión podría atribuirse a la supuesta capacidad de los protozoarios para almacenar los gránulos de almidón (Abou Akkada y Howard, 1960), al reducir el almidón disponible para el crecimiento microbiano (Eadie y Mann, 1970) y probablemente debido a la actividad predatoria del protozoario sobre las bacterias ruminales (Coleman, 1964; Wallis y

Coleman, 1967). De lo anterior resulta una reducción de la población bacteriana y la síntesis de células microbianas (Klopfenstein et al., 1966; Demeyer y Van Nevel, 1979). Los resultados de Mendoza et al. (1993) mostraron que la digestión del almidón en el rumen se incrementó en los animales defaunados, mientras que la digestión en el intestino delgado se redujo (Tabla 3). A pesar de que la cantidad de almidón digerido en el intestino delgado en presencia de protozoarios fue incrementada, no hubo cambio en la capacidad de digestión del intestino delgado.

Tabla 3. Efecto de protozoarios sobre consumo de almidón y sitio y extensión de digestión en el tracto gastrointestinal.

Variable	Tratamiento			
	Defaunado	Faunado	EE	P
Consumo, g/d	792	773	42	0.76
Fermentado en el Rumen, g/d	744	653	42	0.18
Digerido en el intestino Delgado, g/d	41	105	8	0.002
Fermentado en el intestino grueso, g/d	3	12	3	0.10
Excretado en heces, g/d	4	5	1	0.54
Digestión del almidón, como % del consumo				
Rumen	93.7	84.2	1.2	0.001
Intestino delgado	5.3	13.6	1.1	0.002
Intestino grueso	0.4	1.6	0.40	0.08
Tracto total	99.5	99.3	0.1	0.54
Digestión del almidón, como % de la fracción que entraba al segmento				
Intestino delgado	83.6	86.1	3.0	0.56
Intestino grueso	34.9	65.9	13.0	0.14

EE=error estándar de la media; P=valor de probabilidad. Fuente: Mendoza (1991); Mendoza et al. (1993).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El experimento se llevó a cabo en la Unidad de Laboratorio de Digestión y Metabolismo de Rumiantes del Instituto de Investigación de Ciencias Veterinarias (IICV) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), ubicada a 10 km al sur de Mexicali, en el noroeste de México con una latitud de 32°40', una longitud de 115°28', una altitud de 10 m sobre el nivel del mar y condiciones desérticas.

Unidades experimentales

Se utilizaron cuatro novillos Holstein (146 $\pm$ 4 kg de PV) clínicamente sanos y habilitados con cánulas en el rumen. Las cánulas (80 mm di) instaladas en rumen se elaboraron con el material y el procedimiento descrito por González y Montaña (2015), con la finalidad de evaluar el efecto de la suplementación de *Yucca shidigera* en animales alimentados con dietas altas en grano.

Tratamientos

El tratamiento 1 (TMT1) se le asignó a dos novillos (control), mientras que el tratamiento 2 (TMT; 1.5% yucca (BMS) de yucca), se le asignó a los dos novillos restantes. Los novillos fueron alojados en corrales individuales (4 m²) con piso de concreto cubierto por alfombra de neopreno, bebederos automáticos y comederos de alimentación individual.

Los novillos fueron alimentaron diariamente con la dieta experimental alta en grano (Tabla 4) en porciones iguales a las 8:00 y 20:00 h. El consumo de materia seca fue al 95% del promedio de lo consumido *ad libitum* durante un

período de siete días previo al experimento. Los novillos recibieron el TMT2 por 14 días. Posterior a ello se continuó con un período de muestreo de 30 días. Para la medición de protozoarios ruminales muestras de fluido ruminal (100 ml) fueron filtradas a través de cuatro capas de gasa, tomándose 1 ml de líquido ruminal filtrado, mismo que fue añadido a ocho mililitros de agua destilada más 1 ml de formol. El pH de líquido ruminal se determinó en muestras recién colectadas. Al mismo tiempo, se tomaron las temperaturas ruminal y rectal. El conteo de poblaciones totales de protozoarios se realizó acorde con Montaña et al. (2010).

Para el análisis de proteína, almidón, fibra detergente ácida FDA y fibra detergente neutra FDN se utilizó el equipo NIR DA7250 marca PERTEN.

Tabla 4. Dieta experimental

Ingrediente	%
Maíz, rolado a vapor	62.5
Forraje, mezcla 50% heno de Sudan, 50% paja de trigo	20.0
DDG's	2.0
Premezcla minerales	2.5
Melaza de caña	10.0
<i>Yucca schidigera</i>	17.5 g/100 kg dieta
Total*	100
*No incluye la <i>Yucca schidigera</i>	

Diseño Experimental

La prueba se analizó mediante un Diseño Completamente al Azar con medidas repetidas. Se consideró significancia cuando $P \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los efectos de los tratamientos sobre las variables de respuesta protozoarios y pH ruminal se muestran en la Tabla 5. No se observó efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta.

Tabla 5. Efecto de los tratamientos sobre protozoos y pH ruminal

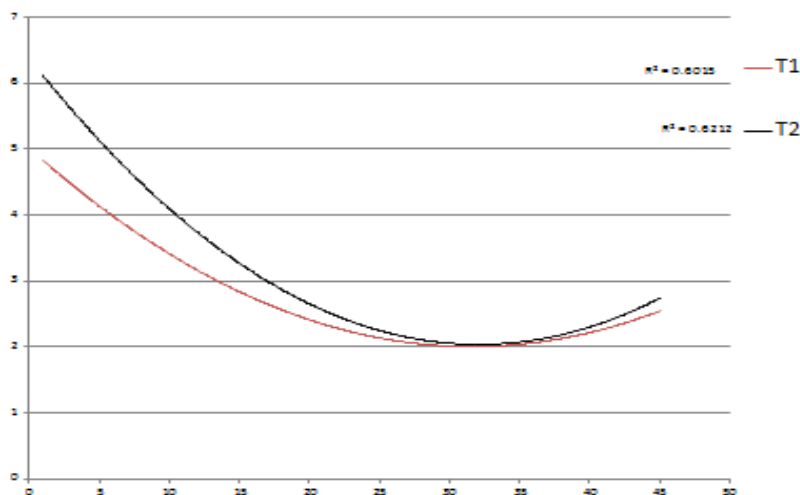
Variable	TMT1 (Control)	TMT2 (Yucca Schidigera)	Pr>F
Protozoos	2.76	3.13	0.41
pH Ruminal	6.32	6.21	0.38

Aunque Zinn et al. (1998), reportaron incrementos en la eficiencia microbial a nivel ruminal en respuesta a la suplementación de sarsaponina, lo cual puede ser ocasionado principalmente por su actividad antiprotozoaria (Valdez et al., 1986; Lu and Jorgensen, 1987; Klita et al., 1996), en nuestro experimento bajo el efecto de ambos tratamientos, las poblaciones totales de protozoarios ruminales disminuyeron significativamente (Gráfica 1). Mendoza (1991) reportó que la combinación de dos granos, uno de rápida fermentación (maíz con alto contenido de humedad) y uno de lenta fermentación ruminal (sorgo seco roado), incrementaba la población de protozoarios por encima de los promedios observados con los granos solos (Tabla 1). Similares resultados observamos en nuestro experimento, ya que la dieta (Tabla 4), contenía una alta proporción de maíz roado a vapor, cuyo aporte de almidón es la más alta en comparación con el resto de los cereales utilizados en la alimentación animal, además de que el hojueleado a vapor incrementa la disposición del almidón al ataque bacteriano en rumen. La razón por la cual hay una menor población con maíz de alto contenido de humedad es la rápida tasa de fermentación.

La importancia de la presencia de protozoarios en el rumen (Hungate, 1984) y particularmente en raciones altas en grano, ha sido debatida por varios años. Con relación a dietas con altos niveles de granos, en un estudio de Eadie et al.

(1970) se reportó que los protozoarios desaparecerían del rumen en dietas altas en grano. Es importante mencionar que en esos estudios se utilizó el grano de cebada en la ración y que la cebada es uno de los granos de mayor tasa de fermentación (Figura1). Debido a la acidez, los protozoarios pueden ser eliminados (Hungate, 1966). Sin embargo, otros estudios han demostrado que puede existir una gran población de ciliados en dietas con diferente tipo de grano, por lo que la importancia biológica de los protozoarios en las dietas con alto contenido de grano debe ser evaluada.

Grafica 1.- Efecto de los tratamientos sobre población total de protozoarios



En relación a los valores de pH ruminal, no se observó efecto estadísticamente significativo de los tratamientos (Tabla 5). Desde hace un buen tiempo se ha reportado que los protozoarios son afectados en valores de pH inferiores a 5.5 (Hungate, 1966). Por su parte Hino et al. (1973), encontraron que al mantener un cultivo por 48 h en pH debajo de 4.5 eliminaba a los *Entodinium*. Los resultados de Newbold et al. (1986) mostraron que los protozoarios eran reducidos al recibir infusiones de lactato en dietas con 40% de heno. Al mismo tiempo, Mendoza et al. (1993) redujeron el pH ruminal a 5.52 después de 2 días de infusiones continuas de lactato y lograron defaunar animales.

En rumiantes alimentados con dietas altas en granos es posible que se presenten valores de pH suficientemente ácidos para eliminar los protozoarios. Sin embargo, los protozoarios del omaso pueden jugar un papel importante para refaunar dicho animal. Eadie y Oxford (1957) sospecharon la posibilidad de la re-faunación por protozoarios del omaso, mientras que Towne y Nagaraja (1990) reportaron una ligera elevación en la población que confirmaron las sospechas de Eadie y Oxford (1957).

El efecto de los tratamientos sobre las variables Proteína, Almidón, Fibra detergente acida, Fibra detergente neutra y almidón se muestran en las gráficas 2, 3, 4 y 5. Podemos observar que en ninguna de estas antes mencionadas se observó efecto estadísticamente significativo ($P > .10$).

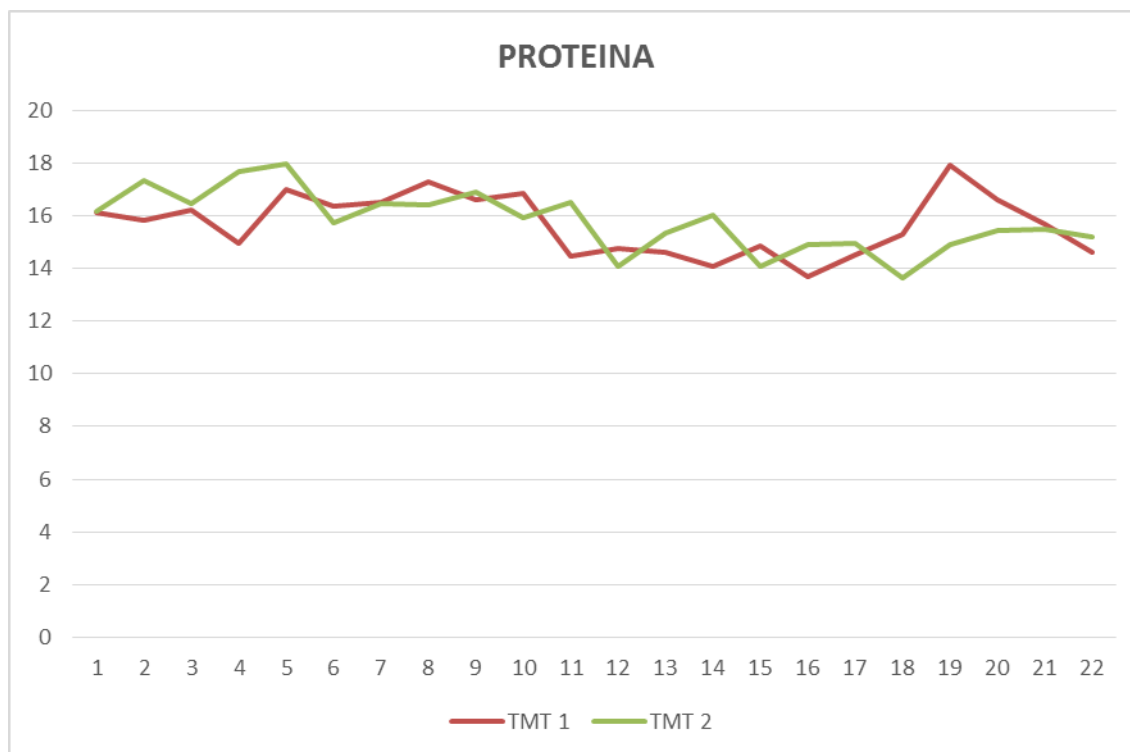
Aunque no se observó efecto estadísticamente significativo ($P > .10$) sobre la digestión de proteína a nivel ruminal, Grobner et al. (1982), reportaron una ganancia diaria de peso en novillos alimentados con dietas de finalización altas en grano cuando estas se suplementaron con saponinas de *Yucca schidigera*; al mismo tiempo que observaron una reducción de amoníaco. Otros investigadores (Hussain y Cheeke, 1995) han reportado resultados similares. En estudios recientes (Johnson et al., 2015), no se han observado efectos de la suplementación de *Yucca Schidigera* sobre el balance de nitrógeno, lo cual concuerda con nuestros resultados

No se observó efecto estadísticamente significativo ($P > .10$) sobre la digestión de almidón a nivel ruminal. Trabajos iniciales apoyan el concepto de que los protozoarios reducen la fermentación ruminal del almidón (Eadie y Mann, 1970; Mackie et al., 1978). Mendoza et al. (1993) mostraron que la digestión del almidón en el rumen se incrementó en los animales defaunados. Posteriormente, Hristov et al. (2007), al estar trabajando en experimentos *in situ* en los cuales utilizaron vacas lecheras en producción, observaron un incremento en la solubilidad de almidón de grano de maíz hojueleado en respuesta a la suplementación de sarsaponina, resultados similares a los reportados por Williams y Coleman (1992).

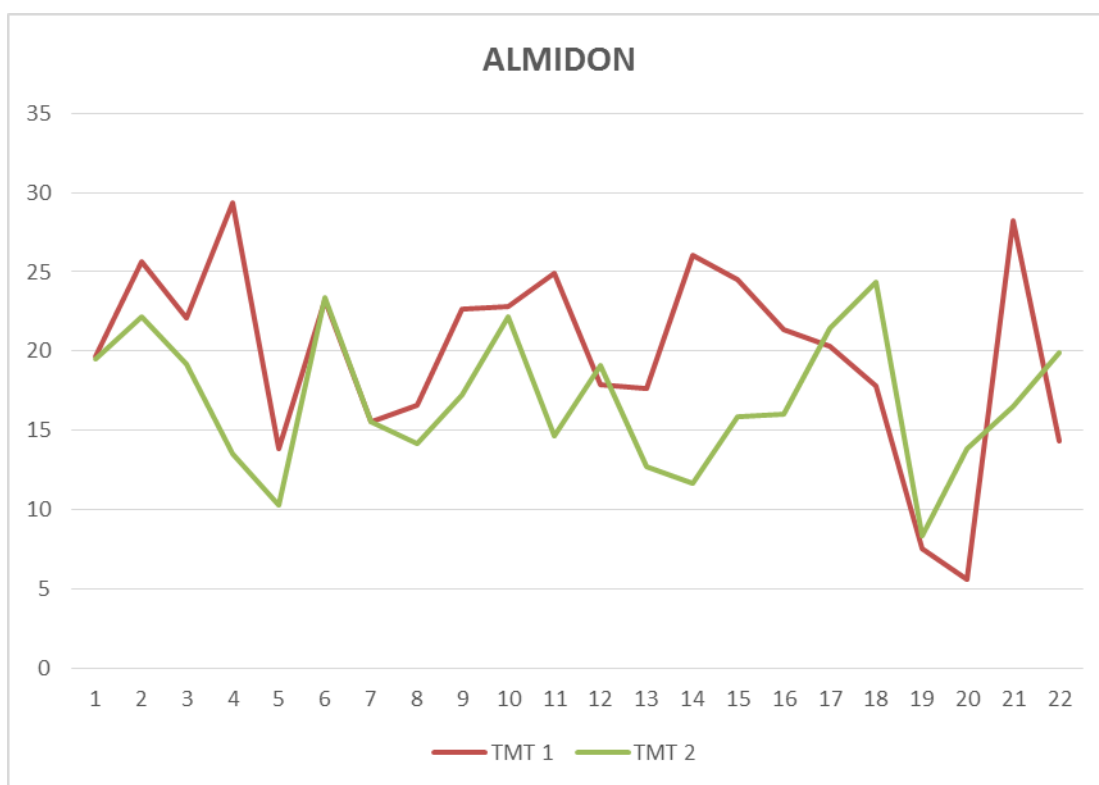
No se observó efecto estadísticamente significativo ($P > .10$) sobre la digestión de fibra a nivel ruminal. Aunque Valdez et al. (1986), observaron una mejora en la digestibilidad de la fibra en respuesta a la suplementación de *Yucca schidigera*, en animales alimentados con heno de alfalfa, Williams y Coleman (1992), reportaron que no hubo un efecto negativo en la digestibilidad de la fibra en animales alimentados con granos de maíz y cebada, lo cual concuerda con nuestros resultados.

Tomando en cuenta que solo fueron 4 animales y de estos solamente 2 fueron los cuales recibieron el tratamiento el cual se suministró en muy pequeñas cantidades y fue en un lapso de tiempo corto a diferencia de otros estudios realizados, esto podría marcar la diferencia para esperar resultados distintos a los obtenidos.

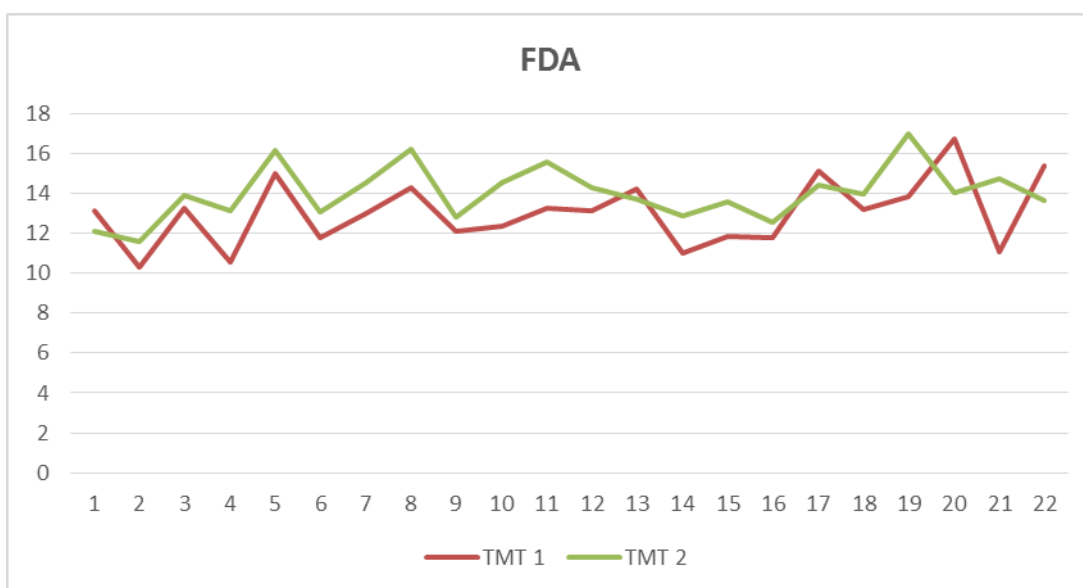
Grafica 2. Efecto de los tratamientos sobre digestión de proteína.



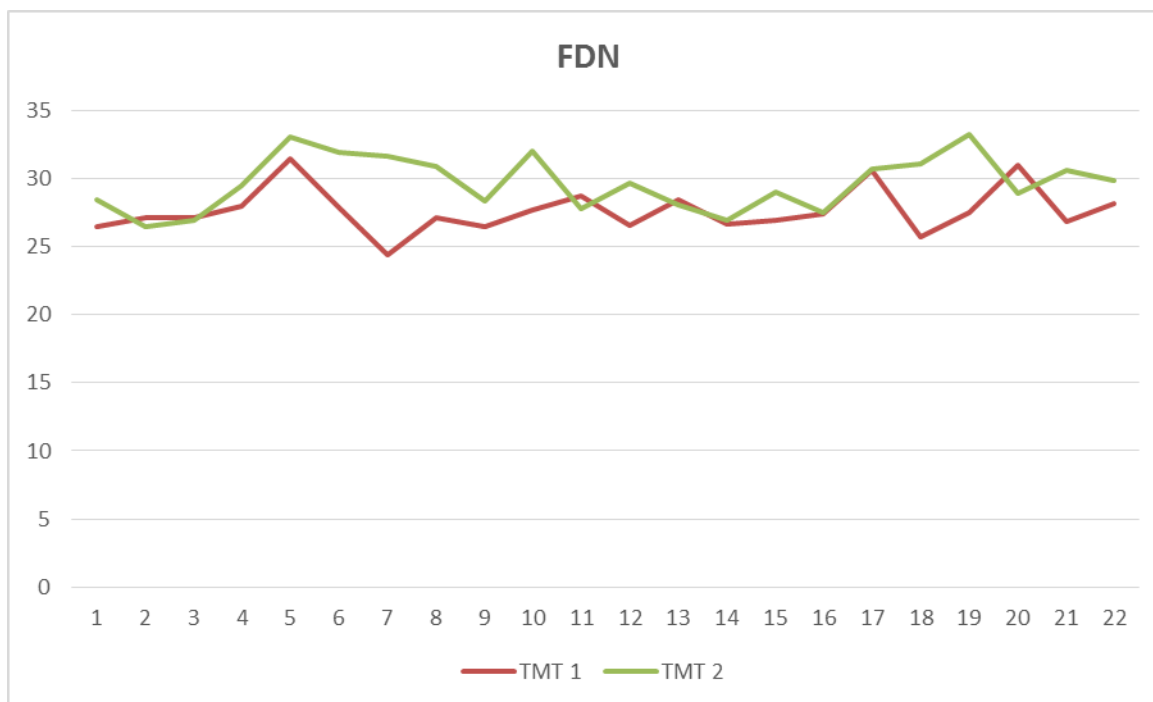
Grafica 3. Efecto de los tratamientos sobre digestión de almidón.



Grafica 4. Efecto de los tratamientos sobre digestión de FDA.



Grafica 5. Efecto de los tratamientos sobre digestión de FDN.



LITERATURA CITADA

- Abou Akkada, A. R., Howard, B. H. 1960. The biochemistry of rumen protozoa. 3. The carbohydrate metabolism of *Entodinium*. *Biochemistry Journal*, 76:445-451.
- Abou Akkada, A.R., and K. El Shazley. 1964. Effect of absence of ciliate protozoa from the rumen on microbial activity and growth of lambs. *Applied Microbiology*. 12:384-390.
- Alarcon. (febrero de 2004). Baja Agro Internacional. Obtenido de <http://www.yucca.com.mx/yucca-schidigera/>
- Bergen, W. G., and M. T. Yokoyama. 1977. Productive limits to rumen fermentation. *Journal of Animal Science*. 46:573-584.
- Bhattacharya, A. N., and R. G. Warner. 1967. Rumen pH as a factor for controlling feed intake in ruminants. *Journal of Dairy Science*. 50:1116-1119.
- Bonhome, A. 1990. Rumen ciliates: their metabolism and relationship with bacteria and their hosts. *Animal Feed Science and Technology*. 30:203-266.
- Broudiscou, L., C. J. van Nevel, and D. I. Demeyer. 1990. Effect of soya oil hydrolysate on rumen digestion in defaunated and refaunated sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 30:51-67.
- Cheeke. P. R. 2000. Actual and potential applications of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* saponins in human and animal nutrition. *J. Anim Sci*. 77:1-10.
- Coleman, G. S. 1964. The metabolism of *Escherichia coli* and other bacteria by *Entodinium caudatum*. *Journal of General Microbiology*. 37:209-223.

- Czerkawski, J. W. 1973. Effect of linseed oil fatty acids and linseed oil on rumen fermentation in sheep. *The Journal of Agricultural Science Cambridge*, 81: 517-531.
- Czerkawski, J. W., Christie, W. W., Breckenridge, G., Hunter, M. L. 1975. Changes in the rumen metabolism of sheep given increasing amounts of linseed oil in their diets. *British Journal of Nutrition*. 34: 25-44.
- Demeyer, D. 1988. Interdependance des effets de la defaunation sur l' activite muralytique, le volume et la vitesse de renouvellement du content du rumen. Resultats preliminaires et hypothese. *Reproduction Nutrition Development*. 28:161-162.
- Demeyer, D. I., Van Nevel, C. J. 1979. Effect of defaunation on the metabolism of rumen microorganisms. *British Journal of Nutrition*. 42:515-524.
- Eadie, J. M., Mann, S. O. 1970. Development of the rumen microbial population: High starch diets and inestability. In: Philipson, A. T. (Ed.) *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant*. Oriel Press, Newcastle Upon Tyne.
- Eadie, J. M., Oxford, A. E. (1957). A simple and safe procedure for the removal of holotrich ciliates from the rumen of an adult fistulated sheep. *Nature*, 179: 485.
- El Fouly, H. A. 1983. Quantitative estimation of net rates of production of bacterial and protozoal nitrogen and their interconversion in the rumen. In: Nuclear techniques for assessing and improving ruminant feeds. International Atomic Energy Agency Vienna (Ed.).

- Glauert A.M., Dingle J.T., Lucy J.A. 1962 Action of Saponin on Biological Cell Membranes. Nature. Vol. 196 Dec. 2 pp 952-955.
- Goetesch, A. L. and F. N. Owens. 1985. Effects of sarsaponin on digestion and passage rates in cattle fed medium to low concentrate. J. Dairy Sci. 68:2377.
- Grobner, M. A., D. E. Johnson, S. R. Goodall, and D. A. Benz. 1982. Sarsaponin effects on *in vitro* continuous flow fermentation of a high grain diet. In: Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci. 33:64–65.
- Gylulai, F., Baran, M. (1988). Effect of monensin on rumen ciliate protozoa in sheep. Archives of Animal Nutrition. 38: 153-157.
- Hino, T., Kametaka, M., Kandatsu, M. (1973). The cultivation of rumen oligotrichprotozoa. I. Factors influencing the life of *Entodinium*. Journal of General Applied Microbiology. 19:305-315.
- Hino, T., Russell, J. B. (1987). Relative contributions of ruminal bacteria and protozoa to the degradation of protein in vitro. Journal of Animal Science, 64: 261-270.
- Hristov, A. N., T. A. McAllister, F. H. Van Herk, K. J. Cheng, C. J. Newbold and P. R. Cheeke. 1999. Effect of *Yucca schidigera* on ruminal fermentation and nutrient digestion in heifers. J. Anim Sci. 77:2554-2563
- Hristov, A. N., S. Zaman, M. VanderPol, P. Szasz, K. Huber, and D. Greer. 2007. Effect of a saponin-based surfactant and aging time on ruminal degradability of flaked corn grain dry matter and starch. J. Anim. Sci. 2007. 85:1459–1466.
- Hungate, R. E. 1966. The Rumen and its Microbes. Academic Press, N. Y.

- Hungate, R. E. 1984. Challenges in rumen microbiology. In: L. P. Milligan, W. L. Grovum and Dobson, A. (Ed.). *Control and Metabolism in Ruminants*. Proceedings of the 6th International Symposium on Ruminant Physiology.
- Huntington, G., Britton, R. 1978. Effect of dietary lactic acid content and energy level on rumen lactate metabolism in sheep. *Journal of Animal Science*. 47: 241-246.
- Hussain, I., and P. R. Cheeke. 1995. Effect of dietary *Yucca schidigera* extract on rumen and blood profiles of steers fed concentrate- or roughage-based diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 51:231-242.
- Isidro Matamoros., J. H. (2012). Extracto de Plantas Naturales en Alimentación Animal. *Veterinaria Digital*. 4-6.
- Ikwuugbu, O. A., Sutton, J. D. 1982. The effect of varying the amount of linseed oil supplementation on metabolism of sheep. *British Journal of Nutrition*, 48: 365-375.
- Jouany, J. P., Senaud, J. 1978. Utilization du monensin dans la ration des ruminants. II. Effets sur les fermentations et la population microbienne du rumen. *Annales de Zootechnie*. 27: 61-74.
- Jouany, J. P., Zainab, B., Senaud, J., Groliere, C. A., Grain, J., Thivend, P. 1981. Role of the rumen ciliate protozoa *Polyplastron multivesiculatum*, *Entodinium sp.* And *Isotricha prostoma* in the digestion of a mixed diet in sheep. *Reproduction Nutrition Development*, 21 (6A): 871-884.
- Klita, P. T., G. W. Mathison, T. W. Fenton, and R. T. Hardin. 1996. Effects of alfalfa root saponins on digestive function in sheep. *J. Anim. Sci.* 74:1144-1156

- Klopfenstein, T. J., Purser, D. B., Tyznik, W. J. 1966. Effects of defaunation on feed digestibility, rumen metabolism and blood metabolites. *Journal of Animal Science*. 25:765-773.
- Lu, C. D., and N. A. Jorgensen. 1987. Alfalfa saponins effect site and extent digestion in ruminants. *J. Nutr.* 117:919-927.
- Mackie, R. I., Gilchrist, F. M. C., Roberts, A. M., Hannah, P. E., Schwartz, H. M.(1978),Microbiological and chemical changes in the rumen during the stepwise adaptation of sheep to high concentrate diets. *The Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 90:241-254.
- Mackie, R. I., Gilchrist, F. M. C., Roberts, A. M., Hannah, P. E., Schwartz, H. M.(1978). Microbiological and chemical changes in the rumen during the stepwiseadaptation of sheep to high concentrate diets. *The Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 90:241-254.
- Marounek, M., Simunek, J., Bartos, S., Kalacnjuck, G. I., Savka, O. G. 1989. The effects of monensin on *in vitro* utilization of lactate in the rumen contents. *Archives of Animal Nutrition*. 39: 527-533.
- Matanobu, A., Iriki, T. (1989). Mechanism whereby holotrich ciliates are retained in the reticulo-rumen of cattle. *British Journal of Nutrition*, 62: 579-587.
- Mendoza, M. G. D. 1991. Site and extent of starch digestion in ruminants fed high grain diets. I. Role of ruminal protozoa. II. Mixtures of high moisture corn and dry rolled sorghum. III. Duodenal infusion of casein. Doctoral Dissertation, University of Nebraska, Lincoln.

- Mendoza, M. G. D., Britton, R. A., Stock, R. A. 1993. Influence of ruminal protozoa on site and extent of starch digestion and ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*. 71:1572-1578.
- Mendoza, M. G. D., Britton, R. A., Stock, R. A. 1995. Effect of protozoa and urea level on *in vitro* starch disappearance and amylolytic activity of ruminal microorganisms. *Animal Feed Science and Technology*. 54:315-325.
- Mendoza, M. G. D., Britton, R. A., Stock, R. A. 1998. Ruminal fermentation and *in situ* starch digestion with high moisture corn, dry rolled grain sorghum or a mixture of these grains. *Animal Feed Science and Technology*. 74:329-335.
- Nagaraja, T. G., Towne, G., Beharka, A. B. 1990. Moderation of ruminal fermentation by protozoa in cattle fed high grain diets. *Cattlemen's Day Report of Progress* 592. Agricultural Experimental Station. Kansas State University, Manhattan.
- Newbold, C. J., Chamberlain, D. G., Williams, A. G. 1986. The effects of defaunation on the metabolism of lactic acid in the rumen. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 37:1083-1090.
- NRC. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 1984. Sixth Revised Ed. Washington, D.C. National Academy of Sciences.
- Price K. R., Johnson IT & Fenwick GR, 1987. The chemistry and biological significance of saponins in food and feeding studies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 26, 27-1331.
- Slyter, L. L., Oltjen, R. R., Kern, D. L., Blank, F. C. 1970. Influence of type and level of grain and diethylbestrol on the rumen microbial populations of steers fed all concentrate diets. *Journal of Animal Science*. 31:996-1002.

- Towne, G., Nagaraja, T. G., Brandt, R. T., Kemp, K. E. 1990. Ruminant ciliated protozoa in cattle fed finishing diets with or without supplemental fat. *Journal of Animal Science*. 68:2150-2155.
- Valdez, F. R., L. J. Bush, A. L. Goetsch, and F. N. Owens. 1986. Effect of steroidal sapogenins on ruminal fermentation and on production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69:1568-1575.
- Veira, D. M., Ivan, M., Yui, P. J. 1983. Rumen ciliate protozoa: Effects on digestion in the stomach of sheep. *Journal of Dairy Science*. 66:1015-1022.
- Veira, D. M. (1986). The role of ciliate protozoa in nutrition of the ruminant. *Journal of Animal Science*. 63:1547-1560.
- Wallace, R. J., Czerkawski, J. W., Breckendrige, G. 1981. Effect of monensin on the fermentation of basal rations in the rumen simulation technique (Rusitec). *British Journal of Nutrition*. 46:131-148.
- Wallis, O., Coleman, G. S. 1967. Incorporation of ¹⁴C-labelled components of *Escherichia coli* and amino acids by *Isotricha intestinalis* and *Isotricha prostoma* from sheep rumen. *Journal of General Microbiology*. 49:315-323.
- Weller, R. A., Pilgrim, A. F. 1974. Passage of protozoa and volatile fatty acids from the rumen of the sheep and from a continuous in vitro fermentation system. *British Journal of Nutrition*. 32:341-351.
- Williams, A. G., and G. S. Coleman. 1992. *The Rumen Protozoa*. Springer-verlag, New York.

- Zinn, R. A., E. G. Alvarez, M. F. Montaña, A. Plascencia, and J. E. Ramírez. 1998. Influence of tempering on the feeding value of rolled corn in finishing diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 76:2239-2246.
- Zinn, R. A., E. G. Alvarez, M. Montano, and J. Salinas-Chavira. 2008. Influence of dry-rolling and tempering agent addition during the steam-flaking of sorghum grain on its feeding value for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 86:916-922.
- Zinn, R. A., F. N. Owens and R. A. Ware. 2002. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 80:1145-1156.



