

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS**



**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE *YUCCA SCHIDIGERA* EN NOVILLOS
HOLSTEIN ALIMENTADOS CON DIETAS DE FINALIZACIÓN**

TESIS

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

MARDO JOSÉ MATUTE SOSA

DIRECTOR DE TESIS

DR. MARTÍN FRANCISCO MONTAÑO GÓMEZ

Mexicali, B.C. México

Febrero de 2018

Efecto de la suplementación de *yucca schidigera* en novillos Holstein alimentados con dietas de finalización. Tesis presentada por Mardo José Matute Sosa 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

Dr. Juan Octavio Chirino Romero

Secretario

Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez

Asesora

MC. Miguel Ángel Vega Cázares

Asesor

MC. José Melendrez Lozano

Asesor

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA. MEXICO

ENERO DE 2018.

CONTENIDO

	pág
AGRADECIMIENTOS.....	4
DEDICATORIA.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	8
HIPÓTESIS.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
Efecto sobre la población de protozoarios.....	13
Efecto sobre los valores de pH ruminal.....	16
Efecto sobre la producción de AGV's.....	17
Efecto sobre digestión de componentes nitrogenados.....	19
Efecto sobre la digestión de almidón.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
LITERATURA CITADA.....	27

AGRADECIMIENTOS

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 Juan Octavio Chirino Romero y Olga Maritza Manríquez Núñez, así como a los Maestros Miguel Ángel Vega cázares y José Melendrez Lozano, integrantes de mi Comité Particular y de quienes me siento profundamente agradecido.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo recibido.

Y 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 profesionista y darme la oportunidad de trabajar en favor de la Medicina Veterinaria y Zootecnia.

DEDICATORIA

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 shidigera* 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, duodenales, heces y sanguíneas, a las 12:00 hrs durante toda la prueba. Para la medición de protozoarios ruminales las muestras fueron filtradas a través de cuatro capas de gasa y se tomará 1 ml de líquido ruminal filtrado añadiéndole ocho mililitros de agua AAA más 1 ml de formol. Los novillos recibieron el TMT2 por 14 días. Posterior a ello se continuó con un período de muestreo de 28 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.

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, feces and blood, at 12:00 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 28-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.

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de la suplementación de *Yucca schidigera* sobre la eficiencia digestiva en novillos Holstein alimentados con dietas de finalización.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir el efecto de las saponinas de *Yucca schidigera* sobre la defaunación de protozoos.

Medir el efecto de saponinas sobre otras variables fisiológicas, tales como como temperatura y pH ruminal, así como temperatura rectal.

HIPÓTESIS

La suplementación de *yucca schidigera* en novillos Holstein alimentados con dietas de finalización puede afectar la población de protozoarios y otras variables fisiológicas, tales como temperatura y pH ruminal, así como temperatura rectal.

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 (Buitrago, 1999).

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 esteroideas: 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 (Ellenberg et al., 1985) o disminución (Goetesch et al., 1985; Wallace et al., 1994) en la degradación del 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 Nitrogeno 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						
<i>Entodinium</i>	95,586	196,673	-	96,914	56,177	0.20
<i>Holotricos</i>	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						
<i>Entodinium</i>	183,697	556,995	244,618	118,734	178,468	0.19
<i>Holotricos</i>	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 que la monensina sódica tiene 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% (Jonay 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.*, 1990; 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 Ikwuogbu 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 sebo al 3.5% en raciones con monensina redujeron los conteros 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 no saturado 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 microbiana 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 tipos 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 defaunar 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 la producción de ácidos grasos volátiles

Los experimentos con animales defaunados han mostrado resultados contradictorios con respecto al patrón de ácidos grasos volátiles (Veira et al., 1983), los cuales son explicados por diferencias en la relación de forraje concentrado, tipo de grano y a la capacidad de protozoarios como el *Entodinium caudatum* para almacenar gránulos de almidón sin causar producción inmediata de ácidos orgánicos (Abou Akkada y Howard, 1960).

La defaunación puede cambiar el patrón de fermentación a un incremento en propionato asociado con reducciones en el acetato y butirato (Demeyer y Van Nevel, 1979; Jounay et al., 1981; Mendoza, 1991; Mendoza et al., 1993). A pesar de ello, los cambios en el butirato no siempre se presentan (Eadie et al., 1970). Los cambios en las proporciones molares de ácidos grasos volátiles no son consistentes en los estudios de defaunación (Williams y Coleman, 1988).

La mayoría de los estudios han mostrado incrementos en la concentración de ácidos orgánicos en rumiantes faunados (Abou Akkada y El-Shazly, 1964; Jouany et al., 1981; Mendoza, 1991; Mendoza et al., 1993). Los estudios conducidos por Mackie et al. (1978) en periodos de adaptación a raciones altas en grano, mostraron que el número de protozoarios se incrementaba proporcionalmente a la cantidad de carbohidratos fácilmente fermentables hasta el 60%, donde el pH ruminal permanecía sobre 5.5. A mayores cantidades de concentrados la población de ciliados era drásticamente reducida (pH inferior a 5.5). El pH óptimo de los protozoarios es de alrededor de 6.5, y son severamente afectados en pH arriba de 8 y menos de 5.5 (Hungate, 1966); sin embargo, algunas especies pueden mostrar diferentes susceptibilidades a la acidez. Grain et al. (1979) demostraron que la implantación de *Isotricha* no era posible en ovinos que recibían más de 35% de almidón en la ración. Varios investigadores han reportado

que la población de holotricos es sustancialmente reducida con dietas altas en granos (Eadie y Mann, 1970; Mackie *et al.*, 1978). La población de protozoarios ruminales puede ser incrementada en forma lineal hasta cinco o seis veces por la adición de almidón, hasta un punto crítico donde las condiciones acidicas del rumen los afectan en forma negativa.

Cualquier factor relacionado con el consumo como el tipo de forraje, nivel de forraje, consumo de almidones, tasa de digestión, aditivos alimenticios y otros, puede modificar la población de protozoarios presumiblemente por cambio en el pH ruminal y/o tasa de pasaje.

Whitelaw *et al.* (1984) al alimentar en forma restringida a ganado con una ración a base de cebada (90%), no encontraron diferencias en la producción de calor debidas a la defaunación. El ganado faunado tenía una mayor producción de metano y una menor proporción molar de propionato y butirato. Si la presencia de protozoarios representa una mayor ventaja energética para el animal cuando es alimentado con dietas altas en grano, puede variar con el sitio y la extensión de la digestión del almidón; con los cambios en la proporción de los principales ácidos grasos volátiles y con la capacidad biológica del rumiante para digerir almidón en el intestino delgado y para utilizar los productos finales de su digestión.

Efecto sobre la 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 amoniaco 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 Nevel, 1979; Newbold *et al.*, 1986). Los protozoarios reducen la síntesis neta de células microbianas (Demeyer y Van Nevel, 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 y 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.

Efecto sobre la 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 sebo 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 de 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.

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

Variable	Tratamiento		EE	P
	Defaunado	Faunado		
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 rolado	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).

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 hojueado 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 3. Efecto de los protozoarios en el consumo de almidón y en el sitio y extensión de la digestión en el tracto gastrointestinal.

Variable	Tratamiento		EE	P
	Defaunado	Faunado		
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).

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 soportan 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 microbial (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 bacterial y la síntesis de células microbiales (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.

MATERIALES Y MÉTODOS

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 shidigera* 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, duodenales, heces y sanguíneas, a las 12:00 hrs durante toda la prueba. Para la medición de protozoarios ruminales las muestras fueron filtradas a través de cuatro capas de gasa y se tomará 1 ml de líquido ruminal filtrado añadiéndole ocho mililitros de agua AAA más 1 ml de formol. Los novillos recibieron el TMT2 por 14 días. Posterior a ello se continuó con un período de muestreo de 28 días. Las muestras individuales consistieron en aproximadamente 700 ml de quimo duodenal y 200 g (base húmeda) de heces. El pH de líquido ruminal se determinó en muestras recién colectadas. Al mismo tiempo, se tomó la temperatura ruminal. Las muestras fueron filtradas a través de cuatro capas de gasa y se tomaron 8 ml de líquido ruminal filtrado añadiéndole dos mililitros de ácido meta-fosfórico al 25% (peso/vol) recién preparado. Las muestras fueron posteriormente centrifugadas (17000 x g por 10 minutos), y el líquido sobrenadante almacenado a -20 °C para el análisis de ácidos grasos volátiles. Se midieron las poblaciones de protozoarios ruminales (Montaño et al., 2010). Al tiempo del muestreo de rumen, se tomó una muestra de sangre vía yugular para el posterior análisis de N-Amónico. Muestras fecales, líquidos duodenales, y la dieta serán sometidas a los siguientes análisis: MS (horno de secado a 105 °C hasta no más pérdida de peso); cenizas (método 942.05, AOAC, 1986), N Kjeldahl (método 984.13, AOAC, 2000). 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 se muestran en la Tabla 4. No se observó efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta.

Variable	TMT1 (Control)	TMT2 (Yucca Schidigera)	Pr>F
Temperatura Ruminal	39.48	39.33	0.35

Temperatura Rectal	38.59	38.64	0.80
pH Ruminal	6.32	6.21	0.38
Protozoos	2.76	3.13	0.41

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.

- Alarcon. (febrero de 2004). Baja Agro Internacional. Obtenido de <http://www.yucca.com.mx/yucca-schidigera/>
- Bergen, W. G., Yokoyama, M. T. (1977). Productive limits to rumen fermentation. *Journal of Animal Science*, 46: 573-584.
- Bhattacharya, A. N., Warner, R. G. (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., van Nevel, C. J., Demeyer, D. I. (1990). Effect of soya oil hydrolysate on rumen digestion in defaunated and refaunated sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 30: 51-67.
- 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 muralyrique, 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 instability. 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.

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.

Grain, J., Groliere, C. A., Senaud, J., de Puytorac, P., Zainab, B., Jouany, J. P. (1979). Ciliate implantation in the rumen: Influence of inoculated genus and type of diet. *Annales de Recherches Veterinaires*, 10: 264-267.

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.

- Gyulai, 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.
- Ikwuegbu, 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 NutritionDevelopment*, 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 stepwise adaptation 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. (1984). Nutrient Requirements of Beef Cattle. *Sixth Revised Ed. Washington, D.C. National Academy of Sciences.*
- Poss, M. I., Hanson, T. L., Klopfenstein, T. J. (1979). Monensin effects on diet digestibility, ruminal protein bypass and microbial protein synthesis. *Journal of Animal Science*, 48: 1516-1524.
- Price KR, Johnson IT & Fenwick GR, (1987). The chemistry and biological significance of saponins in food and feeding stus. *Critical Reviews in Food Science and Nutrion*. 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). Ruminal 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. (1986). The role of ciliate protozoa in nutrition of the ruminant. *Journal of Animal Science*, 63:1547-1560.
- 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.
- 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.
- Whitelaw, F. G., Eadie, M., Bruce, L. A., Shand, W. J. (1984). Methane formation in faunated and ciliate-free cattle and its relationship with rumen volatile fatty acid proportions. *British Journal of Nutrition*, 52: 261-275.
- 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.