



BENEMÉRITA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA
INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE DIETAS CON DOS
ESQUILMOS AGRÍCOLAS COMO FUENTE DE FIBRAS TRATADAS CON
UNA CELULASA

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN INGENIERIA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA
LAURA SALGADO ROSAS

DIRECTOR DE TESIS
DR. MARCOS PÉREZ SATO

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Mayo 2011



BENEMÉRITA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA
INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE DIETAS CON DOS
ESQUILMOS AGRÍCOLAS COMO FUENTE DE FIBRAS TRATADAS CON
UNA CELULASA

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN INGENIERIA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA
LAURA SALGADO ROSAS

DIRECTOR DE TESIS
DR. MARCOS PÉREZ SATO

ASESORES
DR. MARCELINO BECERRIL HERRERA
MC. RAMIRO ESCOBAR HERNANDEZ
MC. EUTIQUIO SONY GUILLERMO

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Mayo 2011

La presente tesis titulada "Digestibilidad *in situ* de dietas con dos esquilmos agrícolas como fuente de fibras tratadas con una celulasa." Y realizada por Laura Salgado Rosas, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADA EN INGENIERIA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Unidad Académica de Ingeniería Agrohidráulica

Consejo Particular integrado por:

Firma

Director: Dr. Marcos Pérez Sato



Handwritten signature of Dr. Marcos Pérez Sato, written in black ink on a horizontal line.

Asesor: Dr. Marcelino Becerril Herrera



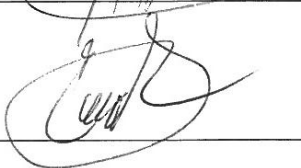
Handwritten signature of Dr. Marcelino Becerril Herrera, written in black ink on a horizontal line.

Asesor: MC. Ramiro Escobar Hernández



Handwritten signature of MC. Ramiro Escobar Hernández, written in black ink on a horizontal line.

Asesor: MC. Eutiquio Soni Guillermo



Handwritten signature of MC. Eutiquio Soni Guillermo, written in black ink on a horizontal line.

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Mayo 2011

El presente trabajo de investigación forma parte del Cuerpo Académico denominado: Producción Pecuaria Integral de la línea de investigación: Producción de Rumiantes y No Rumiantes. Dicho trabajo, fue financiado con recursos propios y con recursos otorgados por la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, mediante el proyecto "Efectos de modificadores fisiológicos en el comportamiento productivo y microbiológico de ovinos.

DEDICATORIA

A MIS PADRES.

*Máximo Salgado Razo, a ti papi que me has enseñado a luchar por lo que quiero en la vida, por ser mi principal ejemplo de lucha. Gracias por ser mi Padre y brindarme tu amor y confianza.
Pina Rosas Mendoza, por darme las bases fundamentales para ser una mujer de bien por a verme brindado tu amor, protección, por tenerme presente siempre en tus oraciones y en tu corazón gracias por brindarme la confianza de que podría lograr este proyecto. Gracias mama.*

A MIS ABUELOS.

Daniel salgado, Odilia Razo y Luis Rosas, Severa Mendoza. Porque a pesar de todo siempre creyeron en mi, a ustedes abuelitas que aunque ya las tengo a mi lado yo se que desde donde están me están dando sus bendiciones, por sus consejos y confianza.

A MIS HERMANOS.

Rosaura, Adriana y Manuel, por estar con migo, porque siempre estamos juntos para enfrentar los momentos difíciles. Gracias por su amor y apoyo incondicional en mis momentos de dificultad y en los momentos de alegría

A MI ESPOSO.

Alfonso Ortiz Tapia, por tu amor y apoyo, por permitirme formar parte de tu vida y planear un futuro juntos. Gracias por estar con migo en las buenas y en las malas.

A MI HIJA

Diana Naomi Ortiz Salgado, porque desde que llegaste a mi vida has sido mi inspiración para seguir día a día. Te adoro mi princesita linda.

A todos lo que depositaron su confianza en mí y me ayudaron en mi formación

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por darme la oportunidad de terminar otra etapa más en mi vida, por darme la vida y a mi familia. Gracias señor.

A mis padres, Máximo Salgado Razo y Pina Rosas Mendoza, por todo el apoyo y confianza que depositaron en mí. Gracias papas, logramos culminar con nuestro sueño.

A mi esposo Alfonso Ortiz Tapia por haberme acompañado a lo largo de mi carrera y por todo su apoyo y confianza que me brindado. Gracias amorsito lindo.

A mi nueva familia a sus papas de mi esposo Virginio Ortiz y Alejandra Tapia por todo el apoyo que brindaron para poder culminar esta etapa tan importante en mi vida.

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por darme la oportunidad de realizar y concluir mis estudios de licenciatura.

Al Dr. Marcos Pérez Sato por apoyarme con sus conocimientos en la realización y dirección de este trabajo de investigación.

Al MC. Eutiquio Soni Guillermo, MC. Marcelino Becerril Herrera y Mc. Ramiro Escobar Hernández por su apoyo como asesores en este proyecto.

A todos mis compañeros de generación 2005, por el apoyo que brindaron en especial a Wendy, Rafa, Luis, Jorge y Jaime que además de compañeros son unos valiosos amigos. Gracias

ÍNDICE

Contenido	Página
INDICE DE CUADROS.....	i
INDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRAC.....	v
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
III. HIPOTESIS.....	4
IV. REVISION DE LITERATURA.....	5
4.1 Los rumiantes.....	5
4.1.1 Ecología ruminal.....	7
4.2 Factores determinantes de pH ruminal.....	8
4.2.1 Producción de acido.....	8
4.3 Análisis químico del alimento.....	10
4.4 importancia de la fibra.....	11
4.5 Estructura y composición de las paredes celulares De los forrajes.....	12
4.5.1 La fibra y la función rumianal.....	13
4.6 Factores que afectan la digestibilidad de la Fibra.....	14
4.7 Procesos relacionados con la digestión microbiana De forrajes de baja calidad.....	15
4.8 factores que afectan el proceso de la digestión Microbiana de los forrajes.....	16
4.9 Importancia de los forrajes en la alimentación De rumiantes.....	17
4.10 disponibilidad.....	18

4.11 Alimentación de los rumiantes.....	19
4.12 Subproductos agrícolas.....	20
4.13 Esquilmos agrícolas.....	21
4.13.1 contenido de nutrientes en esquilmos y Subproductos.....	22
4.14 Utilización de aditivos.....	24
V. MATERIALES Y METODOS.....	25
5.1 Ubicación geográfica.....	25
5.1.1 Clima.....	26
5.2 Determinación del análisis químico proximal (AQP).....	26
5.2.1 Materia seca (MS).....	26
5.2.2 Proteína cruda (PC).....	27
5.2.3 Fibra detergente neutra (FDN).....	28
5.2.4 Fibra detergente acida (FDA).....	29
5.2.5 Cenizas (CZ).....	29
5.3 Animales.....	30
5.4 Dietas.....	30
5.5 Alimentación de animales.....	31
5.6 Aplicación de enzimas.....	31
5.7 Tratamientos experimentales.....	32
5.8 Análisis estadístico.....	32
5.9 Variables evaluadas.....	33
5.9.1 pH ruminal.....	33
5.9.2 Digestibilidad in situ de materia seca.....	33
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
6.1 Análisis químico proximal (AQP).....	34
6.2 pH de liquido ruminal.....	36
6.3 Digestibilidad in situ de materia seca.....	40
VII. CONCLUSIONES.....	43
VIII. LITERATURA CITADA.....	44
IX ANEXOS.....	49

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Contenido de materia seca (MS), proteína, energía metabolizable (EM), fibra y pared celular (fibra detergente neutro; FDN) de diversos esquilmos agrícola.....	23
Cuadro 2. Composición de las dietas.....	31
Cuadro 3. AQP del alimento usado para alimentar borregos pelibuey, en el experimento realizado en Tlatlauquitepec, Puebla 2010.....	35
Cuadro 4. Ph de liquido ruminal de borregos alimentados con dietas completas, con y sin enzimas fibroliticas (celulasa) a diferentes tiempos (0, 4,8 y 12 horas).Experimento realizado en Tlatlauquitepec, Puebla, 2010.....	37
Cuadro 5. ph de liquido ruminal de borregos alimentados con esquilmos (R.de maíz y P. de cebada) con y sin enzima fibrolitas (celulasa) a diferentes tiempos (0,4,8 y 12 horas) Experimento realizado en Tlatlauquitepec, Puebla, 2010.....	39
Cuadro 6. Digestibilidad in situ de MS en dietas completas con y sin enzimas fibroliticas (celulasa).Experimento realizado en Tlatlauquitepec, Puebla, 2010.....	40

Cuadro 7.	Digestibilidad in situ de Materia seca de esquilmos agrícolas con y sin enzimas fibrolíticas (celulasa). Experimento realizado en tlatlauquitepec, Puebla, 2010.....	42
------------------	--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Digestión en el rumen (Madigan MT, <i>et al</i> , 2003).....	5
Figura 2. Regiones de la pared celular (PP: pared primaria, PS: pared secundaria y LM: lámina media (Brett y Waldro, 1990). Tomado de García y Peña (1995).....	13
Figura 3. Ubicación de Tlatlauquitepec, Puebla.....	25

RESUMEN

Con el fin de evaluar el efecto de un producto enzimático fibrolítico (celulasa) en la digestibilidad *in situ* de Materia Seca (MS), se emplearon cuatro borregos de la raza pelibuey fistulados en rumen (40 kg PV) los factores fueron: tipo de forraje (rastrajo de maíz y paja de cebada), se utilizaron ocho tratamientos con dos repeticiones cada uno T₁= Dieta con rastrajo de maíz sin enzima; T₂= Dieta con rastrajo de maíz con enzima; T₃=Dieta con paja de cebada sin enzima; T₄=Dieta con paja de cebada con enzima; T₅=Rastrajo de maíz sin enzima; T₆=Rastrajo de maíz con enzima; T₇=Paja de cebada sin enzima; T₈=Paja de cebada con enzima, los niveles de enzima fueron 0 y 2 g de celulasa los periodos de incubación fueron 72, 48, 24 y 12 h. Las variables que se evaluaron fueron digestibilidad *in situ* de MS y pH de líquido ruminal. El análisis estadístico que se utilizó fue un diseño completamente al azar. El pH ruminal se estuvo determinando el primer día de cada tratamiento de forma directa, el cual se determinó a diferentes 0, 4, 8 y 12 hrs. La digestibilidad *in situ* de la MS en dietas completas no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) a 12, 24 y 48 h. Los resultados de los esquilmos entre las 12 y 24 h, no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos, mientras que a 48 y 72 h si hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) en 48 h en Tratamiento 8 (43.275), fue diferente al resto de los otros tratamientos, al igual que a las 72 h en el tratamiento 8 (47.218). En los valores de pH obtenidos en el experimento están dentro de los intervalos normales, lo que nos indica que la utilización de enzimas fibrolíticas no afectó el pH ruminal de los borregos.

Palabras clave: celulasa, enzima, digestibilidad *in situ*.

ABSTRACT

In order to assess the effect of a product enzyme fibrolítico (cellulase) in *in situ* digestibility of dry matter (MS), employed four borregas of race pelibuey fistulados in rumen (40 kg PV) factors were: type of feed (corn stubble and straw of barley), used eight treatments with two replicates each T₁= diet with stubble of corn without enzyme; T₂= diet with enzyme maize stubble; T₃= diet with straw of barley without enzyme; T₄= diet with enzyme barley straw; T₅= stubble of corn without enzyme; T₆ = enzyme maize stubble; T₇= without enzyme barley straw; T₈= straw of barley with enzyme, levels of enzyme were 0 and 2 g of cellulase incubation periods were 72, 48, 24 and 12 h. The variables evaluated were digestibility *in situ* of MS and pH of liquid rumen. The statistical analysis that I use was a design completely at random. Ruminant pH was determining the first day of each treatment which I establish different 0, directly, 4.8 and 12 hrs. Digestibility *in situ* of the MS in complete diets there was no significant difference ($p > 0.05$) to 12, 24 and 48 h. However, it was increased to 72 h ($p \leq 0.05$) the digestibility of the diet with barley straw with enzyme (82.77%). The results of the esquilmos between 12 and 24 h, not presented significant differences ($p > 0.05$) between treatments, while a 48 to 72 h if there were significant differences ($p < 0.05$) in 48 hours treatment 8 (43.275), it was different from the rest of the other treatments, as well as at 72 h in treating 8 (47.218). On the values of pH obtained in the experiment are within the normal ranges, which indicates that the use of enzymes fibrolíticas affection not of sheep ruminal pH.

Key words: cellulase, enzyme, digestibility *in situ*.

I. INTRODUCCIÓN

Los esquilmos agrícolas son una fuente de energía abundante y barata para los rumiantes, por lo que se ha intentado mejorar su digestibilidad a través de procesos físicos, químicos, biológicos o aditivos como cultivos microbianos y enzimas fibrolíticas exógenas (Plata *et al.*, 1994; Roa *et al.*, 1997).

Estas últimas pueden ser una alternativa para aprovechar los nutrientes potencialmente digestibles de los esquilmos. Los componentes primarios de las paredes celulares de los forrajes son la celulosa y la hemicelulosa, los cuales son digeridos por las enzimas fibrolíticas de las bacterias y protozoarios ruminales (Chalupa, 1979). Aunque este proceso es eficiente, se buscan métodos que mejoren la digestión de la fibra por el ganado, como la adición de celulasas y xilanasas que complementen la actividad celulolítica de las bacterias ruminales (Feng *et al.*, 1996).

Las enzimas fibrolíticas han sido aisladas de cultivos de hongos y bacterias y han mostrado efectos positivos al adicionarse durante el proceso de ensilaje de algunos forrajes (Stokes, 1992). Las enzimas aplicadas a los forrajes antes de una incubación *in vitro* mejoraron la digestión de la materia seca y la fibra detergente neutra (Feng *et al.*, 1996), sugiriendo que la adición directa de éstas al alimento puede mejorar la utilización del forraje. Además, una mezcla de enzimas puede ser más efectiva que una sola (Yang *et al.*, 1999).

El uso de enzimas fibrolíticas exógenas ha sido evaluado en forrajes de buena calidad, como la alfalfa o en cereales

con un contenido regular de fibra; sin embargo, no se ha evaluado en los esquilmos agrícolas. El rastrojo de maíz es un subproducto con $1.78 \text{ Mcal EM kg}^{-1} \text{ MS}$ y la paja de cebada tiene $1.81 \text{ Mcal EM kg}^{-1} \text{ MS}$ (NRC, 1989); las enzimas podrían incrementar la digestibilidad de estos forrajes y, por tanto, su contenido de energía disponible para el rumiante (coronel *et al.*, 2001).

El uso de enzimas exógenas en dietas de rumiantes puede ser importante debido al alto costo de la producción pecuaria, la disponibilidad de nuevos productos enzimáticos, y el retorno económico. La eficiencia productiva en rumiantes que reciben enzimas fibrolíticas puede aumentar, o no tener cambios significativos. Las enzimas exógenas se han usado en la alimentación de no rumiantes para remover factores anti nutricionales de los alimentos, mejorar la digestibilidad de los nutrientes y complementar la actividad de las enzimas endógenas. Actualmente se estudia la posibilidad de adaptación de enzimas fibrolíticas exógenas como aditivos del alimento para rumiantes debido a que en alimentos para rumiantes puede estimular la ganancia diaria de peso y la producción láctea. Ello se ha explicado por el efecto positivo que ejercen las enzimas exógenas sobre la hidrólisis de los carbohidratos de la pared celular, favoreciendo un aumento en la cantidad de sustrato disponible para los microorganismos ruminales.

Por lo anterior en el presente trabajo se evaluó la digestibilidad *in situ* de materia seca que tiene la suplementación de la enzima celulasa en los esquilmos rastrojo de maíz y paja de cebada en la alimentación de ganado ovino.

II.OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la adición de un producto enzimático fibrolítico (celulasa) en borregos alimentado con dos dietas diferentes que incluyeron rastrojo de maíz y paja de cebada.

2.2 Objetivos específicos

Determinar digestibilidad in situ de materia seca a diferentes horas.

Cuantificar pH de líquido ruminal

III. HIPÓTESIS

La adición de las enzimas fibrolíticas en las dietas para rumiantes incrementa la disponibilidad de los carbohidratos estructurales y por consiguiente mejoran la digestión de materia seca.

La adición de una enzima celulasa en dietas para borregos incrementa la disponibilidad de los carbohidratos estructurales y por consiguiente mejora la digestibilidad de la materia seca.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Los rumiantes

Los rumiantes son mamíferos herbívoros que poseen un órgano especial en cuyo interior se lleva a cabo la digestión de celulosa y otros polisacáridos mediante la actividad microbiana, porque estos animales carecen de las enzimas necesarias para digerirlos.

El rumen tiene un tamaño relativamente grande, con una capacidad de 100 a 150 litros en una vaca o 6 litros en una oveja, y se encuentra a una temperatura y acidez constantes (39°C, pH 6,5). La naturaleza anóxica del rumen es un factor significativo para su funcionamiento (Schlegel HG, *et al*, 1993).

El forraje llega al rumen o panza, mezclado con la saliva que contiene bicarbonato y allí es sometido a un movimiento rotatorio durante el cual ocurren las fermentaciones. Esta acción peristáltica facilita la adherencia microbiana al material celulósico suspendido (Madigan *et al*, 2003).

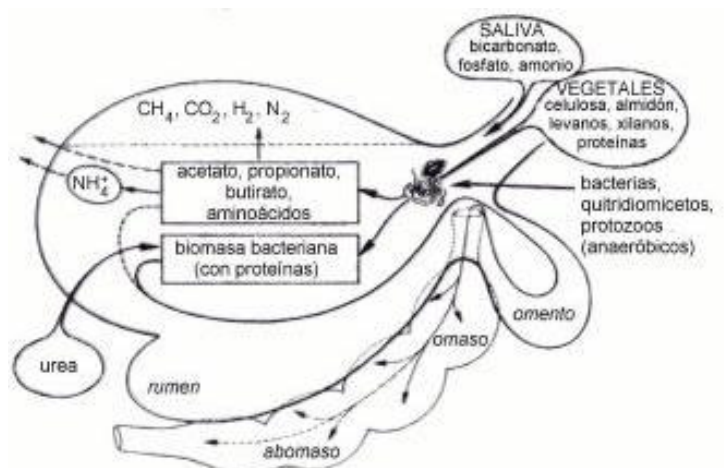


Figura 1. Digestión en el rumen (Madigan MT, *et al*, 2003)

El alimento permanece en el rumen de nueve a doce horas. El fluido ruminal contiene gran cantidad de células, entre ellas 10^{10} a 10^{11} bacterias mL^{-1} . Las bacterias y los hongos celulolíticos actúan produciendo el disacárido celobiosa y glucosa. Ésta experimenta una acción bacteriana en la que se forman principalmente los ácidos acético, propiónico y butírico, dióxido de carbono y metano. Los ácidos grasos atraviesan la pared del rumen y pasan a la sangre. Desde allí van a los tejidos donde son utilizados como la principal fuente de energía. Además los microorganismos del rumen sintetizan aminoácidos y vitaminas esenciales para el animal (Parker J. Brock *et al*, 2003).

La masa de forraje pasa gradualmente a la redecilla donde se forman unas porciones llamadas rumias que regresan a la boca y son masticadas otra vez. Cuando esta masa sólida queda bien fragmentada es engullida de nuevo pero pasa directamente al libro y termina en el abomaso, donde las condiciones son ácidas y allí se inicia un proceso digestivo que continua en el intestino. Muchas de las células microbianas formadas en el rumen son digeridas y constituyen la principal fuente de proteínas y vitaminas del animal, dado que la pastura es un alimento deficiente en proteínas (Madigan *et al*, 2003).

El contenido ruminal posee aproximadamente 10^6 protozoos mL^{-1} , principalmente ciliados. Muchos son anaerobios obligados, una característica poco frecuente entre los organismos eucarióticos. Los protozoos comen bacterias y ejercen algún control sobre densidad de las mismas en el rumen. También hay hongos anaeróbicos que alternan una forma

flagelada y otra inmóvil. Degradan celulosa, hemicelulosas, pectinas y parcialmente lignina (Schlegel HG, *et al*, 1993). Las condiciones ambientales del rumen son constantes para cada tipo de alimentación. El cambio brusco de pasturas a cereales conduce a un desequilibrio en la composición microbiana que causa enfermedad o aún la muerte del animal, por el crecimiento explosivo de *Streptococcus bovis* que hidroliza almidón produciendo abundante ácido láctico y abundante ácido láctico y acidificando el rumen. Esta acidosis causa la eliminación de la microbiota normal (Smith, *et al*, 1988).

4.1.1 Ecología ruminal

Angulo *et al*. (2005) mencionan que en el rumen se encuentra una de las más grandes densidades de población de microorganismos conocidas, los cuales varían en tipo y proporción según su alimento, estos mantienen una relación simbiótica con el hospedero. La microflora ruminal es una consecuencia de la simbiosis establecida entre los microorganismos ruminales y el animal. Mientras el rumiante aporta alimentos y las condiciones adecuadas del medio (temperatura, acidez, anaerobiosis, ambiente reductor, etc.), los microorganismos utilizan parcialmente los alimentos haciendo útiles los forrajes y aportando productos de la fermentación con valor nutritivo para el rumiante. Los microorganismos que habitan el rumen viven y se reproducen en condiciones de ausencia de oxígeno. El oxígeno que entra por el proceso de deglución y rumia es rápidamente eliminado por los gases dióxido de carbono y metano, que genera el proceso de fermentación en cantidades importantes. También existen bacterias encargadas de eliminar el oxígeno, permitiendo que

el rumen este siempre en anaerobiosis. La ecología ruminal depende del tipo de alimentación.

El rumiante recién nacido queda expuesto a muchas poblaciones microbianas diferentes durante el parto y son estas las que posteriormente contribuyen al establecimiento de la población microbiana gastrointestinal. Estas poblaciones tienen su origen en; la vagina, la saliva de la madre, bolo alimenticio, estiércol, flora ambiental, otros animales, la ubre y la leche y otras fuentes alimenticias. Las más importantes son el contacto entre animales y los alimentos disponibles. Hasta los 21 días de edad las bacterias que aparecen en el rumen son diferentes a las del rumiante adulto, de los 63 y 91 días de edad aproximadamente, la población bacteriana del rumen es prácticamente igual a del rumiante adulto (Hobson y Wallace, 1992).

4.2 Factores determinantes del pH ruminal

El control del pH juega un papel central en el mantenimiento de una fermentación equilibrada. El pH ruminal depende fundamentalmente de tres factores: Producción de ácido; capacidad tampón, eliminación de protones por absorción o flujo al tracto digestivo inferior.

4.2.1 Producción de ácido

La fermentación produce una serie de compuestos orgánicos entre los cuales los AGV's son los más importantes. La constante de disociación (pKa) de estos AGV's es baja. El pKa de los ácidos acéticos, propiónico y butírico es mayor que la del ácido láctico, en condiciones de pH normal, todos ellos se encuentran disociados generalmente, por lo tanto se

encuentran cediendo un protón al medio provocando una disminución del pH del líquido ruminal. La relación inversa entre la concentración de AGV's totales y el pH ruminal. Esta variabilidad demuestra que el pH ruminal no sólo es el resultado de la cantidad de ácido producido, sino que otros factores, como la capacidad tampón del medio son importantes (Sauvant et.al., 1999).

La cantidad de AGV's producido depende de la cantidad de la ración fermentada y esta a su vez depende de la cantidad de ración ingerida y de la velocidad de degradación. Sauvant, et.al. (1999) demostraron. La asociación negativa entre la cantidad de materia seca ingerida y el pH ruminal, y estimaron una reducción de $0,14 \pm .04$ unidades de pH por cada 10 g de MS por kg PV. El pH del contenido ruminal disminuye durante las primeras 4-8 semanas de ingestión con el creciente consumo de alimento sólido, lo cual favorece la absorción de AGV's, particularmente del ácido butírico, ya que al presentar un pH alrededor de 5.4 se incrementa su velocidad de absorción en 3 o 4 veces con respecto al ácido acético. (Noble, 1989) y posteriormente el pH se incrementa hasta alcanzar niveles de 6-6.2 donde se presenta la mayor actividad celulolíticas.

El rango de pH que se puede encontrar en rumen oscila entre 6.2 y 7.0; de todos los factores existentes del ambiente ruminal, el pH es el más susceptible a sufrir una variación, y la ración es el más determinante de todos los cambios. El mantenimiento del pH ruminal es el resultado de la producción y la neutralización o eliminación de protones hacia el medio ruminal. Mientras que las fermentaciones de carbohidratos no estructurales son energéticamente más

eficientes, son altamente ácidos génicos, y su aportación debe limitarse con carbohidratos estructurales o fibrosos, ya que éstos aportan una capacidad amortiguante al medio ruminal. Sin embargo la fibra puede limitar la ingestión y su fermentación es energéticamente menos eficiente (Noble, 1989).

El factor fibra es un compuesto heterogéneo constituido por varias estructuras químicas de composición conocida, pero cuya estructura tridimensional es variable y poco conocida. Desde el punto de vista químico la fibra se compone de un complejo entrelazado de celulosa, hemicelulosa y lignina. Con fines prácticos, se ha definido en términos de fibra cruda (FC) fibra neutro detergente (FDN) y ácido detergente (FAD), y se utiliza para predecir la calidad de los forrajes, ingestión de la materia seca, digestibilidad y valor energético de los alimentos (Sauvant et.al., 1999).

4.3 Análisis químico del alimento

El valor nutritivo potencial de un alimento puede ser determinado en primera instancia, por el análisis químico proximal, aunque el valor real es importante sólo se puede lograr a través de un análisis proximal pero su valor real para el animal sólo se puede lograr a través de un análisis de las pérdidas inevitables que ocurren durante la digestión, absorción y metabolismo (Minson, 1982). Mientras los alimentos han sido divididos convencionalmente en dos categorías de forrajes y concentrados tal división no es realmente una lógica. Es mucho más lógico clasificar los alimentos de acuerdo a la proporción de MS presente como azúcares solubles, como el almidón y como distintas formas

polímeros unidos, particularmente celulosa insoluble o paredes celulares de plantas (Rskov 1989).

4.4 Importancia de la fibra

Los hidratos de carbono fibrosos constituyen la fibra vegetal; desde el punto de vista químico, la fibra es un agregado de componentes que no constituyen una entidad propia y que se compone de un entramado tridimensional de celulosa, hemicelulosa y lignina, pero frecuentemente se le asocian minerales y otros componentes.

En la mayoría de los sistemas de alimentación la fibra se define con los siguientes parámetros (Van Soest, 1982):
Fibra bruta: consiste en el residuo insoluble después de una incubación en una solución ácida, seguida por una alcalina. El residuo contiene celulosa, pero está contaminada con cantidades variables de hemicelulosa, lignina y compuestos nitrogenados. La magnitud de la contaminación de la FB depende mucho del tipo de vegetal y de su estado de desarrollo fisiológico, lo que conduce a errores que dificultan su interpretación, por lo que el uso de la FB en los sistemas actuales debe ser limitado (Van Soest, 1982).
Fibra neutra detergente (FND): Es el material insoluble en una solución detergente neutra, y se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina. Además, existen otros componentes minoritarios como residuos de almidón, cenizas y nitrógeno. Las recomendaciones recientes de Van Soest et al.1991 para la determinación de FND sugieren la utilización de amilasas termoestables específicas (libres de actividad hemicelulasa, proteasa o glucanasa), especialmente en concentrados o ensilados de maíz, y la corrección por el contenido en cenizas.
Fibra ácido detergente (FAD): Es el material

insoluble en una solución detergente ácida, y está constituida fundamentalmente por celulosa y lignina, aunque suelen existir otros componentes minoritarios como nitrógeno y/o minerales. La diferencia entre FND y FAD consiste fundamentalmente en hemicelulosa. Es necesario apuntar que la determinación secuencial de FAD y lignina permite un cálculo más preciso del contenido de celulosa y hemicelulosa, pero el método no secuencial es más adecuado para la determinación de cenizas ácidas insolubles, taninos y nitrógeno insoluble en FAD. A pesar de las recomendaciones técnicas sobre la metodología analítica y sus correcciones la mayor parte de las ecuaciones y recomendaciones disponibles a través de los sistemas de formulación están basados en la utilización de una mezcla de valores de FND y FAD determinados con y sin correcciones, y de forma secuencial y no secuencial, por lo que se hace difícil aplicar las recomendaciones actuales a las nuevas definiciones químicas de las fracciones fibrosas (Van Soest *et al.*1991).

4.5 Estructura y composición de las paredes celulares de los forrajes.

La pared celular de las plantas superiores está constituida por tres capas: la lámina media, pared primaria y pared secundaria (Figura 2). Los químicos que conforman la pared celular primaria, secundaria y la lámina media tienen una determinada organización en el espacio, lo que da paso a dos fases denominadas, cristalina y amorfa, ambas difieren en organización de los polímeros y otros compuestos de menor tamaño (iones y agua principalmente) que la integran. La composición de las paredes celulares son químicamente complejas, ya que están constituidas por mezclas de

carbohidratos, proteína agua, lignina, moléculas inorgánicas y algunos iones y en algunos casos están presentes otras moléculas como la cutina (García y Peña, 1995).

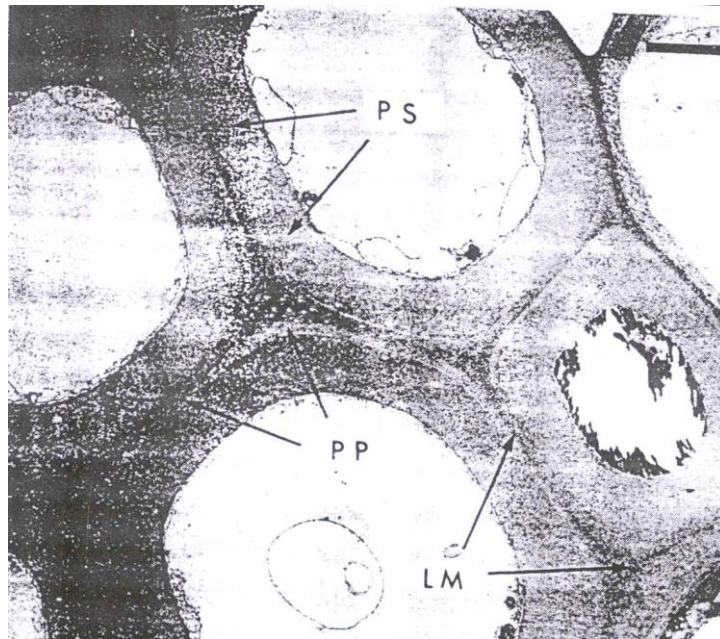


Figura 2. Regiones de la pared celular (PP: pared primaria, PS: pared secundaria y LM: lámina media (Brett y Waldro, 1990) tomado de García y Peña (1995).

4.5.1 La fibra y la función ruminal

La fibra, como nutriente, contribuye al mantenimiento del funcionamiento ruminal (llenado ruminal y estímulo de las contracciones ruminales) y de las condiciones ruminales (pH) a través de la secreción salivar dependiente de la masticación y la rumia; estas dos funciones dependen de la composición, la degradabilidad y la forma de presentación de la fibra. Por otro lado, la fibra supone un inconveniente, en el sentido que limita el contenido energético de las raciones (baja digestibilidad) y el potencial de ingestión (Mertens, 1987). La formulación correcta de raciones debe buscar el equilibrio entre la ingestión máxima de materia seca (niveles bajos de

FND) y el mantenimiento de las funciones y condiciones normales del rumen (aportando unos niveles mínimos de FND y FAD).

4.6 Factores que afectan la digestibilidad de la fibra

La función de la digestibilidad de la fibra (potencial de fermentación) está relacionada con la velocidad con la cual es fermentada la fibra y el tiempo de retención en el rumen. Dependiendo de la características físico-químico de la fibra es la tasa de digestión (fibra digerida por unidad de tiempo) (Allen y Mertens, 1988). Otro factor que influye en la digestibilidad de la fibra es la tasa de pasaje ya que al incrementarse la digestibilidad baja y esta al mismo tiempo ésta dada en base al tiempo de retención el cual va a depender del tipo de dieta, edad del animal, tamaño de la partícula entre otros aspectos (Allen y Mertens, 1988).

El consumo y digestibilidad de la MS de los forrajes está influenciado por la fracción indigestible de la fibra, e está se relaciona con el contenido de lignina presente. Puede ser solubilizada la lignina durante la fermentación dependiendo de la planta y su estado de madurez. El contenido de lignina va de 5 a 25 % del contenido celular de las plantas con valores altos para las leguminosas que para los pastos (Allen y Mertens, 1988). En los pastos la lignina es más soluble en álcalis que la que contienen las leguminosas. El problema de la lignificación es la digestibilidad ya que es rígida por las características intrínsecas de las células vegetales, con respecto a los componentes y porciones de las fracciones bioquímicas (FDA y FDN). Las leguminosas presentan más uniones de lignina con celulosa y pequeñas uniones de lignina con hemicelulosa (Van Soest, 1994).

Un papel importante en la digestibilidad de la fibra es el tamaño de la partícula ya que si son pequeñas se aumenta el flujo retículo-omaso con un tiempo menor en la retención en el rumen, disminuyendo la digestibilidad con un mayor consumo y si las partículas son grandes se tiene un incremento en la rumia y un mayor tiempo de retención en el rumen (Allen y Mertens, 1988).

Por lo consiguiente la digestibilidad de la fibra está relacionada con la acción de los microorganismos ruminales que depende de la cantidad del número de microorganismos, la disponibilidad de sitios de colonización, la cantidad de fibra, las especies presentes y la habilidad de las mismas para colonizar las fibras. La acción de los microorganismos está influenciada por la presencia de los sustratos, la tasa de dilución y depredación de bacterias por los protozoarios puede estar afectado biológicamente por la afinidad al sustrato, este mecanismo regula el catabolismo, requerido para el mantenimiento y un máximo crecimiento microbiano. Los factores físicos-químicos que presentan en el ambiente ruminal como el potencial de oxido-reducción, temperatura, pH, presión osmótica, presión hidrostática y la viscosidad, así también la disponibilidad de NH_3 afectan a la digestibilidad de la fibra por medio de los microorganismos ruminales (Allen y Mertens, 1988)

4.7 Procesos relacionados con la digestión microbiana de forrajes de baja calidad

La adhesión de microorganismos en la digestión de polisacáridos estructurales está relacionado con los tres tipos de microorganismos que son los del fluido ruminal, los asociados con las partículas y los que se encuentran

adheridos a dichas partículas (Czerkawski y Cheng, 1988). Una mejor adhesión permite una mejor eficiencia de hidrólisis enzimática y una disponibilidad de los productos de la digestión de la pared, además ayuda a proteger de la depredación de otras especies y de aumentar el tiempo de retención en el rumen (Chesson, 1988).

La actividad enzimática con relación a los polisacáridos estructurales está relacionada con el proceso de degradación de la celulosa y hemicelulosa de la pared vegetal. Parecen estar muy bien distribuidas en las especies celulíticas y hemicelulíticas de microorganismos ruminales. Como por ejemplo *F. succinogenes* unos de los organismos más estudiados, que produce ocho glucanasas diferentes, una celodextrinas, una celobiosidas, y una celobiasa, los que también producen un proceso enzimático son los hongos. Se ha observado que algunos de los complejos enzimáticos celulíticos de los organismos ruminales poseen su parte catalítica, responsable de la actividad hidrica (Flint, 1995). Se asume que el proceso de digestión enzimática de la célula en el rumen sigue un modelo observado en hongos anaeróbicos este se inicia con el ataque de endo-1,4 β glucanasa (celobiohidrolasas) en las regiones mas amorfas de 1,4 β glucanasa, que libera unidades de celobiosa apartir del extremo de la cadena (Fondevila, 1997).

4.8 Factores que afectan el proceso de la digestión microbiana de los forrajes.

Entre los factores que la afectan está la composición y estructura de la pared celular, por que los forrajes tanto tropicales como los templados, son diferentes entre sí en la estructura y composición de su pared celular dependiendo de

su especie vegetal, fase de desarrollo y su anatomía (Hatfield, 1990). Las diferencias que se tienen de la pared celular son muy complejas. Todas las diferencias modifican el modo de ataque de los microorganismos a los polisacáridos estructurales y en último el ritmo y extensión de la degradación por los microorganismos ruminales, la cual es muy lenta a comparación a la observada en *in Vitro* sobre celulosa purificada (Weimer, 1996).

También influye como factor a las condiciones del ambiente ruminal en el cual se lleva acabo el proceso de degradación de la pared celular, tanto las características químicas y físicas del medio con las interacciones entre los microorganismos, también ahí se determina el grado y ritmo de digestión de los forrajes. Para garantizar un buen crecimiento, y satisfacer las necesidades de las bacterias requieren de amoniaco, ácidos grasos ramificados, vitaminas y minerales. Aunque dietas con forrajes de baja calidad pueden ser deficitarias en algunos minerales (P, S, Mg), o obtener una baja cantidad de amoniaco en el rumen (Durand, 1989).

4.9 Importancia de los forrajes en la alimentación de rumiantes

Los forrajes son las partes vegetativas de las gramíneas o de las leguminosas que contienen una alta proporción de fibra (más de 30 % de FDN). Los forrajes son requeridos en la dieta de rumiantes en forma física tosca (partículas de 1 a 2 mm de longitud). Una fuente de fibra en las dietas de rumiantes son los residuos de cosechas y subproductos agroindustriales de baja calidad nutritiva, estos residuos son las partes de las plantas que quedan en el campo después

de cosechar el cultivo principal (rastrajo de maíz, paja de cereales, bagazo de caña de azúcar entre otros). La forma de ofrecer los forrajes ó residuos de cosechas puede ser pastoreo, cosechados ó preservados (ensilados) y tratados (con productos químicos, enzimas fibrolíticas exógenas entre otros) (Wattiaux y Howard, 2001).

La fibra contenida en los forrajes, es un nutriente que contribuye al mantenimiento del funcionamiento ruminal (llenado y estímulo de las contracciones ruminales) y de las condiciones ruminales (pH), lo cual esta en función de la composición de la fibra, la degradación y la forma de presentación (Calsamiglia, 1997).

4.10 Disponibilidad

Las estaciones del año y las variaciones en el ambiente relacionadas con la localización geográfica alteran la calidad de forraje, aún cuando los forrajes se cosechen en estados morfológicos similares (Ramírez, 2003). Las gramíneas contienen un mayor contenido de proteína en primavera y al principio de verano, épocas en que el crecimiento es más activo que en el otoño y el invierno (Morrison, 1985).

Los forrajes son usados extensivamente en las regiones tropicales de México para la alimentación del ganado lechero y carne o de doble propósito. Éstos se caracterizan por contener un alto porcentaje de fibra detergente neutra (FDN) y un bajo contenido de proteína cruda (PC). Estas características químicas determinan que los pastos tengan baja digestibilidad y por lo tanto menor consumo voluntario de la materia seca (MS), y bajo aporte de nitrógeno para la síntesis microbiana en el rumen. Este problema se agrava en

el período de secas, donde se reflejó en una baja producción de los animales y en algunos casos, éstos ni siquiera pueden cubrir los requerimientos de energía para el mantenimiento del peso vivo (Ku *et al.*, 1999). En la región templada en México las mayores producciones de forrajes se obtienen en la primavera y verano, disminuyendo en otoño e invierno (Núñez *et al.*, 2002).

4.11 Alimentación de los rumiantes

La alimentación de los rumiantes esta hecha principalmente a base de: productos agrícolas, esquilmos agrícolas, subproductos agroindustriales y alimentos balanceados (Soriano, 1984). La producción de rumiantes depende del tipo de sistema de producción, así podemos encontrar sistemas tradicionales o de traspatio en los cuales es común la utilización de esquilmos agrícolas, subproductos industriales, en los sistemas extensivos la producción se lleva a cavo mediante el pastoreo del ganado y en los sistemas de producción intensiva es común observar el uso de productos agrícolas de buena calidad como son forrajes y granos y cada vez es más común el uso de subproductos agroindustriales (Orscasberro, 1985). Por otro lado en México se ha intensificado el uso de sistemas silvopastoriles para la alimentación de rumiantes. Las fuentes más importantes de forrajes son los pastos y forrajes verdes, los forrajes conservados: henos y ensilados y de manera secundaria pero no por ella de poca importancia, subproductos agroindustriales (Jiménez, 1989; Delgado, 1995).

Los forrajes fibrosos tienen un alto contenido de carbohidratos estructurales depositados en la pared celular,

los rumiantes son capaces de digerir la pared celular del tejido vegetal la cual contiene celulosa, hemicelulosa y lignina, pueden digerir la pared celular por medio de los microorganismos del rumen en donde se lleva a cabo una digestión microbiana de los forrajes antes de su aprovechamiento final en el estómago glandular o verdadero (Abomaso), lo que hace posible que estos animales puedan nutrirse de forrajes (Jiménez, 1989).

4.12 Subproductos agrícolas

Las partes de los cultivos vegetales que se destinan al consumo humano y que actualmente se emplea para esta finalidad, habitualmente representa una fracción de la planta entera, de aquí que existan grandes cantidades de desperdicios potencialmente disponibles para la alimentación de ganado. Sin embargo, por razones económicas la proporción actual de cosechas vegetales recogidas varía considerablemente. La infrautilización de estos productos normalmente significa que los residuos no usados de las plantas deterioradas son arados para incrementar la fertilidad del suelo de cara al siguiente cultivo. Este proceso no constituye habitualmente un instrumento económico destinado a mejorar los niveles de materia orgánica y nutriente del suelo, por lo que paja de guisantes, la remolacha azucarera y de zanahoria, los tallos de las coles de Bruselas, que en ciertas circunstancias pueden ser mejor aprovechadas para alimentar el ganado. (Wilson y Brigstoke, 1987).

Los subproductos proporcionan a los animales nutrientes en forma más económica, la principal razón de su bajo costo, comparados con otros alimentos, se debe a que no son

altamente demandados por otras especies y a que la disponibilidad de los recursos tanto agrícolas como industriales es muy alta. Los subproductos agrícolas se pueden utilizar para funciones de mantenimiento en épocas de estiaje, o formando parte de raciones combinadas con otros ingredientes que completen las deficiencias de energía, proteína y minerales de los ingredientes convencionales en condiciones intensivas de producción ovina (Salinas y Gutiérrez, 2000).

Normalmente este tipo de ingredientes se refiere a aquellos residuos de cosecha de los cultivos agrícolas como maíz, sorgo, frijol, caña de azúcar etc. En términos generales el contenido de nutrientes de los esquilmos agrícolas es muy pobre y no satisface los requerimientos de nutrientes para mantenimiento y producción del animal (Herrera, 1992).

La mayoría son pajas o rastrojos que tienen muy bajo valor nutritivo ya que por lo voluminosos son consumidos en cantidades reducidas; además, su digestibilidad, proteína cruda y energía son insuficientes para promover alguna producción significativa. Aun así, estos subproductos usándolos estratégicamente pueden ser una excelente opción para reducir los costos de alimentación y, cuando son procesados, pueden aportar suficientes nutrientes para promover ligeros aumentos de peso o producción de leche.

4.13 Esquilmos agrícolas

Los esquilmos y residuos agrícolas se derivan de las partes de las plantas (cereales en su mayoría) que permanecen en el terreno después de cosechar el grano o la semilla.

La cantidad anual de esquilmos oscila alrededor de 45 millones de toneladas de materia seca para los diez principales cultivos (maíz, sorgo, trigo, frijol, arroz, cebada, soya, algodón, cártamo y ajonjolí); el rastrojo y olote de maíz (25,500,000 toneladas), las pajas de sorgo (6,600,000 toneladas) y de trigo (4,500,000 toneladas) representan poco más del 81% de los residuos de cultivos. Estos materiales son muy importantes para alimentar al ganado en las épocas en que escasean los alimentos tradicionales, situaciones que se presentan cada año durante el invierno y los períodos de sequía.

El cultivo de maíz destaca por ocupar la mayor superficie en México; de él se obtiene el rastrojo, cuyo rendimiento oscila entre tres y cinco toneladas por hectárea. Los rendimientos más elevados se han observado en suelos profundos donde el maíz ha recibido una abundante fertilización nitrogenada.

La caña de azúcar es un cultivo que produce una gran cantidad de biomasa en forma muy eficiente y sus productos se emplean en la alimentación humana, al igual que en muchas especies ganaderas (Castañeda *et al.*, 1984).

4.13.1 Contenido de nutrientes en esquilmos y subproductos

Los esquilmos agrícolas, por lo general, contienen más de 30 % de fibra, su proteína total es inferior al 7% y su digestibilidad es menor a 55% (Cuadro 1), por lo cual es muy baja la disponibilidad de los nutrientes que contienen; la energía metabolizable (EM) es escasa (menos de dos megacalorías por kilogramo de materia seca) o bien, si se expresa como nutrientes digeribles totales (NDT), es inferior al 60%(Ferreiro, H. M. 1990).

El valor nutritivo de estos ingredientes no es suficiente para las funciones normales productivas, reproductivas y de trabajo del ganado; además, en la mayoría de los casos, tampoco es posible que los animales puedan mantener su peso corporal. Por tanto, si se usan como única fuente de alimento, normalmente se presentarán pérdidas considerables, aunque variables, de peso y de condición corporal en el ganado. Por otro lado, a causa del alto nivel de fibra, los esquilmos son muy voluminosos, condición que presenta una seria limitación económica para su cosecha, procesamiento, transporte y almacenamiento (Ferreiro, 1990).

Cuadro 1. Contenido de materia seca (MS), proteína, energía metabolizable (EM), fibra y pared celular (fibra detergente neutro; FDN) de diversos esquilmos agrícolas

Esquilmo	MS %	Proteín a %	EM Mcal/Kg	Fibra %	FDN %
Rastrojo de maíz	91.8	5.9	1.58	39.5	72.0
Olote de maíz	90.0	3.2	1.37	36.2	89.1
Paja de trigo	92.7	3.0	1.39	40.6	85.0
Paja de sorgo	93.2	4.9	1.55	35.0	76.0
Paja de soya	87.0	5.2	1.52	44.3	70.0
Paja de cebada	91.5	5.8	1.45	42.3	71.0
Paja de arroz	91.8	4.3	1.48	35.1	70.2
Paja de avena	92.1	5.1	1.50	41.1	72.3
Paja de frijol	91.7	6.0	1.89	40.1	66.6
Paja de cacahuete	91.0	6.6	1.77	31.5	61.6
Paja de chícharo	87.3	7.9	1.61	39.5	63.5
Paja de garbanzo	90.5	6.2	1.49	40.7	68.0
Paja de haba	89.0	7.1	1.70	39.0	62.6
Cascarilla de algodón	91.0	4.1	1.40	47.8	87.5
Hoja de caña	20.3	6.2	1.95	35.1	62.0
Puntas de caña	15.1	4.6	1.93	35.8	62.0
Gabazo de caña	91.5	1.6	1.10	48.1	87.0
Tallo de plátano	4.7	6.1	1.73	36.0	61.0

Ferreiro, 1990.

4.14 Utilización de aditivos

Para el año 2025 se espera que la actual población humana se incremente en 60% y la superficie urbanizada aumente alrededor del 70 - 80 %, los que en forma conjunta, producirán un aumento considerable de la demanda de alimentos (Delgado *et al.*, 1999). La actual producción de alimentos de origen animal, enfrentará en el corto plazo un importante desafío para aumentar de manera considerable las actuales producciones pecuarias. Esta mayor demanda en la producción de alimentos de origen animal debe realizarse dentro del concepto de sustentabilidad, es decir, incrementando la productividad por animal y no el rendimiento por unidad de superficie (Ramos *et al.*, 1998).

El objetivo del empleo de los aditivos no es otro que el de mejorar los rendimientos productivos, no sólo incrementando los niveles de producción sino también mejorando los parámetros reproductivos y el estado sanitario de los animales (Acedo-Rico, 1997).

Bañuelos *et al.* (1995.) Indican que el uso de aditivos y promotores de crecimiento en producción animal representan una alternativa importante ya que constituyen una herramienta eficaz para producir alimentos en mayor cantidad y de forma más eficiente; además, de que mejoran los procesos metabólicos, modifican la fermentación ruminal, reducen la incidencia de problemas metabólicos, reducen la acumulación de grasa y mejoran la rentabilidad de las explotaciones pecuarias. Los aditivos más utilizados son: Los ionoforos, las enzimas y los de origen natural o cultivos microbianos (levaduras).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación geográfica

EL presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Unidad Académica de Ingeniería Agrohidráulica, del Programa de Ingeniería Agronómica y Zootecnia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla la cual se ubica en el municipio de Tlatlauquitepec Puebla, que se localiza en la parte en la parte noreste del Estado de Puebla, sus coordenadas son: los paralelos $19^{\circ} 36' 24''$ y $20^{\circ} 03' 18''$ de latitud norte y los meridianos $97^{\circ}14' 42''$ y $97^{\circ}28'06''$ de longitud occidental. Al Norte: Con Cuetzalan del Progreso, al Este con Chignautla, Atempan y Yaonahuac, al Sur: con Cuyoaco y al Oeste: con Zautla, Zaragoza y Zacapoaxtla (INEGI 2000) (figura 3).

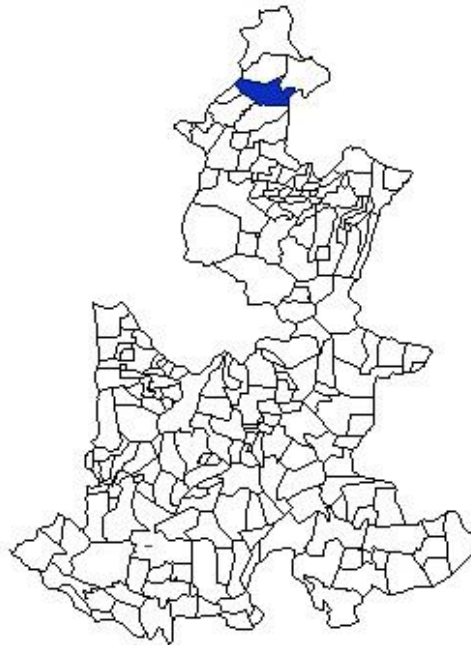


Figura 3. Ubicación de Tlatlauquitepec, Puebla, (INEGI 2000).

5.1.1 Clima

Por su localización y extensión, presenta una gran variedad de climas, que señala transición entre los climas templados de la sierra norte y los calidos del declive del golfo. Se identifica los siguientes climas: Semifrio subhumedo con lluvias en verano, se localiza en áreas montañosas del sureste.

Templado subhumedo con lluvias en verano, ocupa una franja al sur. Templado subhumedo con abundantes lluvias en veraneen un área de la parte central. Templado húmedo con lluvias todo el año, en una amplia franja de la parte central. Se encuentra en la zona de transición entre los templados de la sierra nororiental y los calidos del declive del golfo; presenta una gran variedad del clima, dispuesto en franjas latitudinales y van de sur a Norte mismo que se describe continuación de acuerdo al sistema de clasificación de Koppen. C (m) clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano; temperaturas medias de 15°C temperaturas del mes mas frío es de 11°C; precipitación de mes mas seco es menor del 40mm.; por ciento de precipitación invernal con respecto anual es mayor de 5% este es el clima dominante de la parte central, donde se encuentra geográficamente, donde se llevara acabo la investigación (INEGI 2000).

5.2 Determinación del análisis químico proximal (AQP) de las dietas

5.2.1 Materia seca (MS)

Se recolectaron muestras y se pesaron con una bascula granataria y se secaron en una estufa de aire forzado a 55° C

hasta que las muestras alcanzaron su peso constante, después de secar las muestras a peso constante se pesaron en la balanza granataria. Para obtener el porcentaje de MS se hicieron los cálculos con la siguiente formula (AOAC, 1980):

$$\%MS = \frac{\text{Peso seco de la muestra}}{\text{Peso humedo de la muestra}} \times 100$$

5.2.2 Proteína Cruda (PC)

Las muestras se molieron con malla de 2 mm con un molino de pulvex 100, se deposito en el matraz 0.1 g demuestra y 1 g de selenio (catalizador) más 3 mL de H₂SO₄, se hizo la digestión hasta que la muestra presento una apariencia definida y se transfirió al tubo de destilación del aparato rápido de destilación, con pequeñas porciones de agua destilada; en el extremo del condensador se coloco un matraz Erlenmeyer de 250 mL al cual se le adicionaron 10 mL de acido bórico al 4 %con mezcla de indicadores, cuidando que la parte final del condensador quedara sumergida dentro de la solución. Se adicionaron 10 mL de hidróxido de sodio (NaOH) aprox. 10 N y se destilo durante 7 minutos, se enjuago el extremo de agua destilada y se retiro el matraz Erlenmeyer. Por último se tituló el destilador con solución valorada de acido sulfúrico al 0.0508 N, tomando lectura del gasto. El % de PC se calculo con la siguiente fórmula (AOAC, 1980):

$$\%PC = \frac{(\text{mL})(\text{Normalidad del ácido})(1.4)}{\text{Peso de la muestra en gramos}}$$

Y el resultado se multiplico por 6.25 factor constante para PC.

Donde:

% PC = porcentaje de proteína cruda

N = normalidad

1.4 = factor constante del forraje

5.2.3 Fibra detergente neutra (FDN)

Se estimó con un equipo Soxhlet, donde se colocaron en un matraz balón de fondo plano en estufa de aire forzado a 55° C durante 1 h, se dejó enfriar y después se pesó en la balanza analítica. Después se procedió a pesar 0.35 g de muestra, misma que se agregó al matraz con 35 mL de solución FDN, dejando calentar la solución por 1 h a partir de cuándo empezó a hervir.

Posteriormente se filtró en un papel filtro Wathman del No. 4, previamente seco y pesado, mismo que se colocó en el embudo de filtrado. Se mantuvo agitando el matraz para suspender los sólidos y llenar el embudo y después se procedió a agregarle agua caliente, este procedimiento se realizó tres veces. Posteriormente se lavó con acetona dos veces y se filtró utilizando una bomba de vacío, finalmente se secó el papel filtro en una estufa de aire forzado a 55° C durante una hora y se dejó enfriar en un desecador y por último se pesó el papel filtro más la muestra. El % de FDN se calculó con la siguiente fórmula (Van Soest *et al.*, 1991):

$$\% \text{ FDN} = \frac{(\text{PCF} - \text{PIC})(100)}{\text{PS}}$$

Donde:

%FDN= Porcentaje de Fibra Detergente Neutro

PCF= Peso seco del papel filtro en la estufa

PIC= Peso seco inicial del papel filtro

PS= Peso seco de la muestra secada en la estufa

5.2.4 Fibra detergente ácido (FDA)

Se realizó el mismo procedimiento para obtener FDA pero en este caso se utilizaron 35 mL de solución de FDA y dos gotas de decahidronaftaleno (antiespumante). El % de FDA se calculó con la siguiente fórmula (Van Soest *et al.*, 1991):

$$\% \text{ FDA} = \frac{(\text{PCF} - \text{PIC})(100)}{\text{PS}}$$

Donde:

%FDA= Porcentaje de fibra ácido detergente

PCF= Peso seco del papel filtro en la estufa

PIC= Peso seco inicial del papel filtro

PS= Peso seco de la muestra secada en la estufa

5.2.5 Cenizas (CZ)

Se colocaron los crisoles en la estufa durante 1 h a 100⁰ C, se dejaron enfriar en el desecador y posteriormente se pesaron, después se pesaron 3 g de la muestra ya seca y se combustionaron en la mufla a 600⁰ C durante 5 h, una vez ya incineradas las muestras se dejaron enfriar los crisoles en el desecador para evitar la entrada de humedad y se pesaron en una balanza analítica (AOAC, 1980). El % de cenizas se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{Peso del crisol+muestra}) - (\text{Peso del crisol+Cenizas})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

5.3 Animales

En la investigación se utilizaron cuatro borregas de la raza pelibuey con cánula ruminal con un peso promedio de 40 kg, se alojaron en jaulas individuales con medidas de 1.20 m x 1.10 x 1.00 m, a cada uno se les colocó un comedero y bebedero individual. Antes de iniciar el experimento se les dio un periodo de adaptación de 8 días con las dietas experimentales.

5.4 Dietas

Las dietas (cuadro 2) se formularon con el programa computacional de Used Feed Formulation Done Again, UFFDA , para ovinos con un peso promedio 40 kg Las dietas se formularon solamente para mantenimiento de acuerdo al NRC (1985), ya que el objetivo principal es ver la digestibilidad in situ que tienen los esquilmos de rastrojo de maíz y paja de cebada con una celulasa.

Cuadro 2. Composición de las dietas para una tonelada.

Ingredientes	Kg de la dieta	
	Dieta 1	Dieta 2
Sorgo	471.857	514.143
Paja de cebada	300	-----
Rastrojo de maíz	----	300
Soya	183.143	140.857
Melaza	30	30
Minerales	10	10
Urea	5	5
Total	1000	1000

5.5 Alimentación de animales

Los borregos fueron alimentados con las dietas mencionadas en el cuadro 2, durante 15 días que duro la fase experimental, seles proporciono 500g de alimento dos veces al día 8: am y 8: pm.

5.6 Aplicación de la enzima

El producto enzimático empleado, fue celulosa y se dosificó a 2g por kilogramo de materia seca MS y posteriormente se diluyó en agua en una relación 1:3 enzima y agua respectivamente. La solución enzima - agua se asperjó

(Anexo 3) a la materia seca se dejó reposar por 24 h para posteriormente mezclar los ingredientes de las dietas experimentales, y finalmente ofrecer la dieta a los borregos.

5.7 Tratamientos experimentales

T1= Dieta con rastrojo de maíz sin enzima

T2= Dieta con rastrojo de maíz con enzima

T3= Dieta con paja de cebada sin enzima

T4= Dieta con paja de cebada con enzima

T5= Rastrojo de maíz sin enzima

T6= Rastrojo de maíz con enzima

T7= Paja de cebada sin enzima

T8= Paja de cebada con enzima

5.8 Análisis estadístico

Se utilizo un diseño completamente al azar, analizando: digestibilidad de MS y pH de líquido ruminal. Las cuales fueron ocho tratamientos con cuatro repeticiones cada uno.

El modelo fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en el i esimo tratamiento de la j esima repetición

μ = Media general

τ_i = Efecto del i esimo tratamiento

ϵ_{ij} = Error aleatorio

5.9 VARIABLES EVALUADAS

5.9.1 PH ruminal

El pH ruminal fue determinando el primer día de cada muestreo con un potenciómetro marca CODUCTRONIC modelo PC18, calibrado en pH (7.0). Se midió forma directa, este se determinó a diferentes tiempos los cuales fueron a 0, 4, 8 y 12 hrs.

5.9.2 Digestibilidad *in situ* de materia seca

Se utilizaron bolsas de poliseda con poro de 40 micrones de diámetro, las cuales fueron puestas a temperatura constante (65°) durante 24 h, en un desecador y se pesaron. Se pesaron las bolsas con 2 g de MS del alimento a evaluar, las bolsas fueron cosidas y se ataron con hilo cáñamo y se pusieron a incubar intraruminalmente a diferentes tiempos 12, 24, 48 y 72 h.

Después de retirar las bolsas se lavaron con agua corriente hasta que el agua salía cristalina, se secaron y se pesaron.

La digestibilidad se cálculo de la siguiente manera:

$$\%DMS = 100 - \left[\left(\frac{MSR}{MSO} \right) \times 100 \right]$$

Donde: MSR = Materia seca residual, gramos.

MSO = Materia seca original, gramos.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Análisis químico proximal (AQP)

Los resultados obtenidos de AQP (Cuadro 3) fueron similares a los esperados de acuerdo a los ingredientes empleados para la formulación del alimento. Con lo referente al contenido de proteína cruda (PC) de las dietas completas, se puede observar en Rastrojo+E disminuyo notablemente su contenido de PC, mientras que en la Paja+E aumentó.

Esto es importante considerarlo al momento de la formulación de cualquier dieta ya que generalmente los valores nutrimentales de los ingredientes utilizados se obtienen de las tablas (P.e tablas del NRC), la mayoría de los valores presentados en dichas tablas son evaluados en los Estados Unidos en donde las condiciones climáticas, son muy diferentes a las de México, por tal motivo muchas veces los valores esperados, son diferentes.

Cuadro 3. AQP del alimento usado para alimentar borregos pelibuey, en el experimento realizado en Tlatlauquitepec, Puebla 2010.

AQP				
Ingrediente	Rastrojo	Rastrojo+E	Paja	Paja+E
Composición química de las dietas				
MS (%)	71.5	88.3	67.7	87.3
PC (%)	11.31	6.87	11.62	51.6
CZ (%)	0.02	0.06	0.03	0.01
FDN (%)	89.74	85.93	92.36	76.1
FDA (%)	60.22	39.74	55.22	37.53
Composición química de los esquilmos				
MS (%)	87.8	69.3	88.5	72.5
PC (%)	4.8	2.35	3.4	2.4
CZ (%)	0.05	0.02	0.04	0.06
FDN (%)	92.01	82.07	84.11	81.76
FDA (%)	80.62	32.72	76.69	31.1

Rastrojo+E= rastrojo mas dos gramos de enzima; Paja+E= paja mas dos gramos de enzima.

6.2 PH de líquido ruminal

Se considera que el pH es un factor determinante en las fluctuaciones de las poblaciones bacterianas y la mayoría de las bacterias tiene un buen desarrollo con un pH que oscila entre 6.2 y 7.0 (Sauvant *et al.*, 1994).

Los valores de pH representados en el Cuadro 4, muestran que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$), se observa que los valores obtenidos de pH se encuentran por debajo de los rangos sugeridos por (Sauvant *et al.*, 1994), a excepción de las 0 h en el T₂, T₃, T₄ (6.63, 6.36 y 6.41) que se encuentran dentro del rango sugerido, al igual que en el T₄ a las 4 h (6.53). Estas variaciones del pH en el tiempo se explican debido a que la degradación de los nutrientes en el rumen comienza en los carbohidratos de fácil fermentación, lo que da como resultado la producción de ácidos grasos volátiles (AGV), lo que provocó una disminución de pH en las primeras 3-4 horas (Sauvant *et al.*, 1994).

En la presente investigación la proporción fue 30% de forraje 70% de concentrado, por lo que se esperaba una disminución del pH.

Cuadro 4. Ph de liquido ruminal de borregos alimentados con dietas completas, con y sin enzimas fibroliticas (celulasa) a diferentes tiempos (0, 4,8 y 12 horas).Experimento realizado en Tlatlauquitepec, Puebla, 2010.

Tratamiento	0 horas	
	PH	EEM
T1	5.73	1
T2	6.63	1
T3	6.36	1
T4	6.41	1
	4 horas	
T1	5.53	1
T2	5.57	1
T3	5.64	1
T4	6.53	1
	8 horas	
T1	5.44	1
T2	5.7	1
T3	5.39	1
T4	5.43	1
	12 horas	
T1	5.33	1
T2	5.11	1
T3	5.42	1
T4	5.23	1

Para pH ruminal no hubo diferencia significativa entre los periodos ni tratamientos ($p > 0.05$)

T₁= Dieta con rastrojo de maíz sin enzima; T₂= Dieta con rastrojo de maíz con enzima; T₃=Dieta con paja de cebada sin enzima; T₄=Dieta con paja de cebada con enzima.

E.E.M = Error estándar de la media

En lo referente al pH ruminal en dietas a base de esquilmos (cuadro 5) el pH es un factor determinante en las fluctuaciones de las poblaciones bacterianas donde la mayoría tiene un buen desarrollo en un pH que oscila entre 6.2 y 7.0. Sin embargo, con pH inferior a 6.0 especies celulolíticas como *Fibrobacter succinogenes* reducen su crecimiento, lo que radica que la concentración de bicarbonato es mínima si el pH es cercano a 5.5 (Yokoyama y Johnson, 1988; Kaufman 1976).

En los valores de pH obtenidos en el experimento están dentro de los intervalos normales, lo que nos indica que la utilización de enzimas fibrolíticas (Celulasa) no afecta el pH ruminal de los borregos, aunque a las 12 h en el T5 y T6 (5.56 y 5.57) se encuentran por debajo de los rangos sugeridos. Estos resultados coinciden con los reportados por (McAllister et al. 1999) el cual obtuvo un pH similar.

Cuadro 5. PH de liquido ruminal de borregos alimentados con esquilmos (R.de maíz y P. de cebada) con y sin enzima fibrolitas (celulasa) a diferentes tiempos (0,4,8 y 12 horas) Experimento realizado en Tlatlauquitepec, Puebla, 2010.

Tratamiento	0 horas	
	PH	EEM
T5	6.88	1
T6	6.42	1
T7	6.9	1
T8	6.64	1
	4 horas	
T5	6.12	1
T6	6.69	1
T7	6.76	1
T8	6.55	1
	8 horas	
T5	6.06	1
T6	6.43	1
T7	6.38	1
T8	6.47	1
	12 horas	
T5	5.56	1
T6	5.17	1
T7	6.06	1
T8	6.22	1

T₅=Rastrojo de maíz sin enzima; T₆=Rastrojo de maíz con enzima; T₇=Paja de cebada sin enzima; T₈=Paja de cebada con enzima.

E.E.M = Error estándar de la media

6.3 Digestibilidad *in situ* de MS

La digestibilidad *in situ* de la MS en dietas completas no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) a 12, 24 y 48 h. Sin embargo, a 72 h si presento diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre tratamiento 1 y tratamiento 4, la digestibilidad de la dieta con paja de cebada con enzima a 72 h fue mayor (82.77%) que la dieta con paja de cebada sin enzima (78.645%).

Cuadro 6. Digestibilidad *in situ* de MS en dietas completas con y sin enzimas fibroliticas (celulasa). Experimento realizado en Tlatlauquitepec, Puebla, 2010.

Variable	Rastrojo de maíz		Paja de cebada		EEM
	T1	T2	T3	T4	
Dietas completas	%DMS	%DMS	%DMS	%DMS	
12 h	70.19	55.36	58.62	47.77	18.9
24 h	54.885	53.323	62.385	59.278	3.19
48 h	65.613	72.345	68.888	70.62	3.32
72 h	71.918 b	79.078	78.645	82.77 a	2.53

T₁= Dieta con rastrojo de maíz sin enzima; T₂= Dieta con rastrojo de maíz con enzima; T₃=Dieta con paja de cebada sin enzima; T₄=Dieta con paja de cebada con enzima.

a, b= medias con literales diferentes en un misma hilera son diferentes ($p < 0.05$)

%DMS=porcentaje de digestibilidad.

E.E.M = Error estándar de la media

En digestibilidad *in situ* en las dietas a base de esquilmos los resultados, entre las 12 y 24 h, no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos (T5, T6, T7 y t8,) mientras que a 48 h si hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el Tratamiento 6 (80.18) y tratamiento 8(43.275), a las 72 h también presento diferencias significativas ($p < 0.05$) en tratamiento 8 (47.218%).

Los resultados de digestibilidad de la MS de paja de cebada a 12 h (37.065%) son similares (34.9%) a los reportados Plata *et al.*, (1994), y superiores (28.3%) a los de Lozano *et al.*, (1991). Los valores del rastrojo de maíz a las 12 h(47.13%) son superiores a los reportados en estudios *in vitro*(38.9%) por Alanís *et al.*, (1992).

Cuadro 7. Digestibilidad *in situ* de Materia seca de esquilmos agrícolas con y sin enzimas fibrolíticas (celulasa). Experimento realizado en tlatlauquitepec, Puebla, 2010.

Variable	Rastrojo de maíz		Paja de cebada		EEM
	T5	T6	T7	T8	
Esquilmos agrícolas	%DMS	%DMS	%DMS	%DMS	
12 h	44.875	47.13	38.26	36.153	7.17
24 h	58.128	56.59	56.92	44.478	6.04
48 h	68.235	80.18 a	65.535	43.275 c	0.84
72 h	85.235	80.718	70.683	47.218 b	6.33

T₅=Rastrojo de maíz sin enzima; T₆=Rastrojo de maíz con enzima; T₇=Paja de cebada sin enzima; T₈=Paja de cebada con enzima.

a,c= medias con literales diferentes en una misma hilera son diferentes (p<0.05)

b=literal diferente en una misma hilera (p<0.05)

%DMS=porcentaje de digestibilidad.

E.E.M = Error estándar de la media

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye lo siguiente:

La adición de una enzima celulasa en dietas para borregos no mejoro la digestibilidad in situ comparada con las dietas sin enzima.

El pH no se vio afectado significativamente con la inclusión de la enzima celulasa.

VIII. LITERATURA CITADA

- Acedo-Rico, J. 1997. Ultimas tendencias de investigación en vacas de leche. FEDNA.
- Aguilera, B.A. 1988. Evaluacion de la suplementacion de rastrojo amonificado sobre la cinetica ruminal y digestibilidad en borregos Pelibuey. Tesis de Maestria. FES-C, UNAM., México,DF.
- Alanís, R., J., E. Riquelme V., y S. González M. 1992. Efectos de la suplementación nitrogenada y energética en la digestibilidad in vitro de la celulosa. Agrociencia. Serie Ciencia Animal 2(3): pp 279-294
- Allen,, M. S. & Mertens, D. R. 1988. Evaluating constraints on fiber digestión by rumen microbes. J. Nutr. 118:261-271 pp.
- Angulo, R A,. Noguera, R R,. Berdugo, J A. 2005. El búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) un eficiente utilizador de nutrientes: aspectos sobre fermentación y digestión ruminal.
- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis. 13th Ed. Association of official Analytical chemist. Washington D.C. p: 1018.
- Bañuelos OT, Mendoza MGD, Rodríguez OJL, Muñoz OA. 1995. Evaluación forrajera de 18 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Montecillo, México. Rev. Fac. Agron. (KUZ). 12:pp: 71-79.
- Bauchop, T. 1979b. The rumen anaerobic fungi: colonizers of plant libre. Ann. Rech. Vét. 10: 246-248.
- Castañeda F., E. A. y V. J. Monroy A. 1984. Métodos de procesamiento de subproductos agrícolas para elevar su valor nutricional.

- Chalupa, W. 1979. Manipulating rumen fermentation. *J. Anim. Sci.* 46:585.
- Chenson T. J., 1988. The rumen anaerobic fungi. In: *The rumen Microbial Ecosystem*. (P. N. Hobson and C. S. Stewart, eds.). Blackie Academic and Professional, Publishers, London. pp: 140-195.
- Church D. C. 1993. *El Rumiante. Fisiología digestiva y nutrición*. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
- Coronel, U., M. E. Ortega C., G. Mendoza M. M. T. Sánchez T., J. Ayala, and C. Becerril. 2001. Effect of two strains of *Saccharomyces cerevisiae* on productive performance of heifers. *Nutrition Society, England*, 10-12 July. Abstract OC103.
- CZerkowski M.A y Cheng, 1998. Some nutritional characteristics of predominant culturable ruminal. *J. Bacteriology*. 64: 605-613. *Dairy Sci.* 75:pp: 764-773 De Arriba,
- Delgado C, Rosegrant M, Steinfeld H, Ehui S, Courbois C. 1999. *Livestock to 2020; The next food revolution. Food agriculture and environment discussion. International food policy research Institute. Washington*
- Delgado C., Rosegrant M., Steinfeld H., Ehui S., Courbois C. 1999. *The next food revolution. Food agriculture and environment discussion. International food policy research institute. Washington DC.* p: 28
- Eadie, J.P. 1962. The development of rumen microbial populations in lambs and calves under various conditions of management. *J. Gen. Microbiol.* 29: pp:563- 578.
- Ferreiro, H. M. 1990 *Utilización de subproductos agrícolas en la alimentación animal*
- Forsberg, C.W., Lovelock L.K., Krumholz L., and Buchanan-Smith. 1984. *Appl. Environ. Microbiol.* 47:101.

- García, H. E. R. & Peña, V. B.C. 1995. La pared celular. Primera Edición. Universidad de Chapingo. 15-50 pp.
- Hobson, P.N. and Wallace, R.J. 1982. Microbial ecology and activities in the rumen. Part I. CRC. Crit. Rev. Microbiol. 9: p: 169.
- Jiménez M., A. 1989. La Producción de Forrajes en México. Universidad Autónoma Chapingo y Banco de México - FIRA. Chapingo, México. p: 100.
- Madigan MT, Martinko JM, Parker J. Brock Biology of Microorganisms. 10° ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, 2003
- Madigan MT, Martinko JM, Parker J. Brock Biology of Microorganisms. 10° ed. Prentice Hall, Upper
- McAllister, T.A.; Chen, K. J.; Rode, L. M. and Buchanan-Smith, J. G. 1990. Use of Formaldehyde to regulate digestion of barley starch. Canadian
- Mertens, D.R. (1987) J. Anim. Sci. 64, 1548.
- NRC. 1989. Nutrient Requirements of Sheep. (5ta. Ed.). National Academic of Science. National Research Council, Washington, D.C. pp: 99.
- Orscasberro, R. 1985. Apuntes sobre nutrición de ovinos. UACh-Dpto de Zootecnia. Chapingo, México. pp: 53.
- Plata, P.F. y Mendoza, M.G. 1997. Efectos principales de los probióticos en los rumiantes. Memorias del curso internacional de nutrición de rumiantes. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México
- Ramos JA, Mendoza MGD, Aranda IE, García-Bojalil C, Bárcena GR, Alanís RJ. 1998. Escape protein supplementation of growing steers grazing stargrass. Anim. Feed Sci. Technol. 70: pp: 257-264.
- RSKov, E. R 1989. Plant Factors Limiting Roughage Intake in Ruminants. International Saddle River, 2003

- Sauvant, D., Chapoutot, P. y Archimede, H. (1994) INRA Prod. Anim. 7: pp: 115-124.
- Schlegel HG, Zaborosch C. General Microbiology. 2° edición. Cambridge University Press, UK, 1993.
- Smith PH, Bordeaux FM, Wilkie A, Yang J, Boone D, Mah RA, Chynoweth D, Jerger D. Microbial aspects of biogas production. En: Methane from biomass: a systems approach. Smith WH, Frank JR, Abelson PH, eds. Elsevier Applied Science Publishers, Barking, Essex, 1988.
- Soriano, T.J. 1984. Alimentación intensiva de borregos, en: Curso nacional de actualización en nutrición y alimentación de rumiantes. APAINIP-AC. Palo Alto, D.F.
- Stokes, M. R. 1992. Effect of an enzyme mixture, an inoculant, and their interaction on silage fermentation and dairy production. J.
- Van Soest P. J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism and nutrition implications in dairy cattle. J. Dairy Sci. 74: pp: 3383-3597
- Van Soest P. J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1994. Methods for dietary fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism and nutrition implications in dairy cattle. J. Dairy Sci. 74:3383-3597.
- Van Soest, P.J. (1982) Nutritional Ecology of the Ruminant Animal.
- Van Soest, P.J., ROBERTSON, J.B. y LEWIS, B.A. (1991) J. Dairy Sci.
- Weimer, T G. 1996. The effect of condensed tannins on site digestion of amino acids and other nutrients in sheep

fed on *Lotus corniculatus*. *British Journal of Nutrition*,
57: pp:115-126

Wilson P. N. y Brigstocke D. A. (1987). Avances en la
alimentación de vacuno y ovino Edit. Acribia, S. A.
Zaragoza, España. P:16

Yokoyama MT, Johnson KA. 1988. Microbiología del rumen e
intestino. En: Church DC. El rumiante: fisiología
digestiva y nutrición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza,
España. pp. 137-156

IX. Anexos



Anexo 1. Granja experimental del programa de
Ingeniería Agronómica y Zootecnia.



Anexo 2. Borregos de la raza Pelibuey
utilizados para el experimento.



Anexo 3. Enzima asperjada sobre la materia seca (MS)



Anexo 4. Introducción de las bolsas al rumen.



Anexo 5. Determinación de pH de líquido ruminal de forma directa.



OFICIO No. 374/IAH/2011

ASUNTO: Se indica.

C. LAURA SALGADO ROSAS
EGRESADA DE LA UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
P R E S E N T E

Con base en el dictamen emitido por el Dr. Marcos Pérez Sato (Director de Tesis), Dr. Marcelino Becerril Herrera (Asesor), M.C. Ramiro Escobar Hernández (asesor) y M.C. Eutiquio Soni Guillermo (Asesor), en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la impresión de la Tesis titulada:

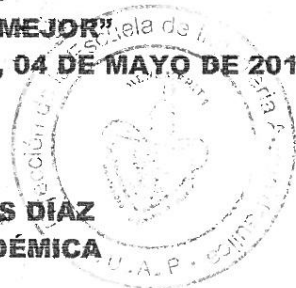
**"DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE DIETAS CON DOS ESQUILMOS AGRÍCOLAS
COMO FUENTE DE FIBRAS TRATADAS CON UNA CELULASA"**

Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agronómica y Zootecnia.

Sin otro particular por el momento, me despido reiterando a Usted mi más atenta y distinguida consideración.

A T E N T A M E N T E
"PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR"
SAN JUAN ACATENO TEZIUTLAN, PUEBLA, 04 DE MAYO DE 2011

DR. JUAN MANUEL BARRIOS DÍAZ
DIRECTOR DE UNIDAD ACADÉMICA



c.c.p.- Archivo y Minutario
**/mlsm