

# **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**

**División de Ciencia Animal**

**Departamento de Nutrición Animal**



**Digestibilidad *In vivo* e *In vitro* de materia seca, materia orgánica  
y proteína cruda de raciones de heno de alfalfa (*Medicago sativa*)  
con adición de concentrado para ovinos.**

**Por:**

**Ana Yancin Salazar Cruz**

**Tesis**

**Requisito parcial para obtener el título de:**

**Ingeniero Agrónomo Zootecnista**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio, 2014**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL**

**Digestibilidad *In Vivo* e *In Vitro* de materia seca MS, materia orgánica MO y proteína cruda PC, de raciones de heno de alfalfa (*Medicago Sativa*) con diferentes niveles de concentrado en ovinos.**

**POR:**

**ANA YANCIN SALAZAR CRUZ**

**TESIS**

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

**Ing. Agrónomo Zootecnista**

Aprobado por:

Presidente

  
Dr. Ramón Florencio García castillo

Asesor

  
M.C. Antonio Valdéz Oyervides

Asesor

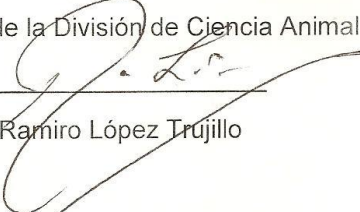
  
Ing. Enrique Mejía Onofre

Vocal suplente

  
Ing. José Amando Rodríguez Galindo



Coordinador de la División de Ciencia Animal

  
Dr. Ramiro López Trujillo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio, 2014

## **DEDICATORIA**

### **Adiós:**

Por a verme permitido ver la luz del día a día. Por bendecir mi camino y por ponerme gente tan valiosa en el. Quiero agradecerte mi señor por toda esa fe que en mi han puesto. Porque tú me mantuviste de pie y me tomaste de la mano cuando me estaba dando por vencida. Te doy las gracias señor por tanto amor de mi familia. Te doy las gracias porque nunca me dejaste sola.

### **A mis padres:**

#### **José Luis Salazar Cruz y Manuela Cruz García.**

Con todo mi cariño y mi amor para ustedes que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento. Gracias por haberme brindado la oportunidad de estudiar esta carrera tan maravillosa. Gracias por su esfuerzo, dedicación y entera confianza, y sobre todo por ser mis pabres. Ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado. Con todo mi cariño está tesis se las dedico a ustedes.

Papa, gracias por tu apoyo, la orientación que me has dado y tus regaños que siempre me ayudaron a mantenerme e iluminar mi camino, por darme la pauta para realizarme en mis estudios y mi vida. Agradezco los consejos sabios que en el momento exacto has sabido darme para no dejarme caer y enfrentar los momentos difíciles, por ayudarme a enfrentar las decisiones que me ayuden a balancear mi vida y sobre todo por el amor tan grande que me das.

Mami, tu eres la persona que siempre me ha levantado los ánimos tanto en los momentos difíciles de mi vida estudiantil como personal. Ahora entiendo esos regaños y jaladas de orejas cuando me desviaba de mi carril y aun que en muchas ocasiones no pudimos estar de acuerdo tu sabes que para mi tu eres todo y Gracias por tu paciencia y esas palabras sabias que siempre tienes para mis

enojos, mis tristezas y mis momentos felices por ser mi amiga y ayudarme a cumplir mis sueños te amo.

#### **A mis hermanos:**

**José Luis, Yesenia, Itzia, Yuritzi, Jerónimo y Diana Laura.**

Soy muy feliz de tenerlos como hermanos y como mis mejores amigos muchas gracias por esos consejos y por su apoyo incondicional me siento muy orgullosa de ustedes y de esa alma que tienen. Gracias por formar parte de mi vida y de este grande proyecto que hoy en día he realizado por ustedes. Siempre tendre presente todos esos mensajes que me hacian llegar por que apaser de esa distancia nunca se olvidaron de mi los quiero mucho.

#### **A mis cuñados y sobrinos:**

Eulalia, Juan, Jesús, moisés y sobrinos: Naomi, Manuel, Marco, Yolotzi, Daina y mi peque Desiré.

A mis cuñados gracias por sus consejos, por su amistad que me han brindado por su apoyo que le brindaron a mis padres durante mi ausencia, por darme unos sobrinos encantadores que los amo.

#### **A una persona especial: Fernando Pérez Hernández**

Gracias por haber llegado formar parte de mi vida porque siempre estuviste cuando te necesite, me escuchaste reír, llorar, luchar por lograr mis objetivos, gracias por la confianza y por tu gran paciencia. Contigo aprendí que en cada caída hay un nuevo comienzo, que de cada lagrima hay amuchas sonrisas. Muchas gracias porque contigo viví cosas muy bonitas que me han servido mucho en mi persona.

### **A mis amigos:**

A todos mis amigos y colegas de la generación CXVI de la carrera de ingeniero agrónomo zootecnista. En especial al grupo de los gordos, no solo fueron mis amigos formaron parte de mi pequeña familia, con ustedes experimente lo mejor que pude haber vivido durante mi vida universitaria, les agradezco sus consejos, regaños, el apoyo y todas las aportaciones que me brindaron para así lograr terminar mi carrera. Siempre los tendré presente a todos. Y gracias a mis amigos de Oaxaca y toda la gente que siempre me dio un consejo, una palabra de aliento para no rendirme.

### **A mis maestros.**

A mis maestros que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas paginas de mi tesis.

### **Al Ing. Rubén Villegas caballero**

Usted es una pieza fundamental en este proyecto de vida que he realizado, siempre le estaré agradecida por haberme apoyado, por ser mi cómplice, más que mi maestro fue para mí un gran amigo y consejero. Muchas gracias por haberme orientado por ayudarme a tomar esta decisión tan importante de seguir estudiando de superarme, siempre le estaré agradecida por la motivación que me brindo.

## AGRADECIMIENTOS

**Al Dr. Ramón Florencio García Castillo.**

Por su gran paciencia, comprensión y desempeño como asesor, por su apoyo brindado incondicional así como sus conocimientos y tiempo que me brindo durante la realización de este trabajo le doy los más sinceros agradecimientos.

**Al Ing. Enrique Mejía Onofre.**

Por haber puesto este trabajo en mis manos, porque confió en que lo sacaría adelante, gracias por darme las herramientas para que así yo lograra un objetivo más en mi vida.

**Al. M.C. Antonio Valdéz Oyervides.** Por el apoyo y tiempo que me destino para la revisión de este trabajo.

**Al Ing. José Amando Rodríguez.** Por la contribucion en la revisión de este trabajo.

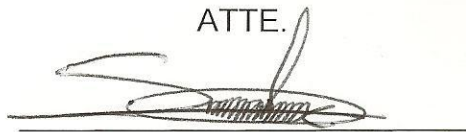
A mi “**ALMA TERRA MATER**” por la oportunidad de formarme en sus aulas adquiriendo en ellas grandes conocimientos que serán la base de mi vida profesional, porque en sus patios conviví con mucha gente muy valiosa. Pondré siempre en alto el nombre de esta institución como un buen buitre de la narro.

## MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA

El SUCRITO Ana Yancin Salazar Cruz, estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, con matrícula 303370 y autor de esta presente tesis, manifiesto que:

- 1.- Reconozco que el plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
- 2.- Las ideas, opiniones datos e información publicadas por otros autores y utilizadas en la presente tesis, han sido debidamente citadas reconociendo la autoría de la fuente original.
- 3.- Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el “copiado y pegado” de dicha información.
- 4.- Reconozco la responsabilidad sobre los derechos de autor de los materiales bibliográficos consultados por cualquier vía y manifiesto no haber hecho mal uso de ninguno de ellos.
- 5.- Entiendo que la función y alcance de mi comité de asesoría, está circunscrito a la orientación y guía respecto a la metodología de la investigación realizada por la siguiente tesis, así como el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, y por lo tanto eximo de toda responsabilidad relacionada al plagio académico a mi comité de asesoría y acepto que cualquier responsabilidad al respecto es únicamente por parte mía.

ATTE.



Ana Yancin Salazar Cruz

Tesista de licenciatura/UAAAN

## RESUMEN.

Una prueba de digestibilidad por el método de colección total fue realizada en ovinos con el propósito de evaluar la digestibilidad aparente de tres raciones con diferentes niveles de degradabilidad proteica.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la digestibilidad *IN VIVO* de materia seca (DMS), materia orgánica (DMO), y proteína cruda (DPC); digestibilidad *IN VITRO* de materia seca (DMS) y materia orgánica (DMO). En el forraje de alfalfa y concentrado en diferentes porcentajes.

Se formaron 3 tratamientos T1, 100:0 FA: C; T2, 90:10 FA: C. T3, 80:20 FA: C. respectivamente.

Los animales y raciones fueron ordenados en un diseño bloques al azar con 3 repeticiones por tratamiento. No se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) por efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad de la materia seca (DMS), materia orgánica (DMO), proteína cruda (DPC), no obstante diferencias numéricas fueron observadas.

El tratamiento tres FA: C20% reportó mayor digestibilidad para la materia seca (DMS). Materia orgánica (DMO), proteína cruda (DPC). (65.4, 66.0 y 75.8%) respectivamente. Mientras que el de menor valor se encontró en el tratamiento con la ración de FA 100%. Un valor intermedio fue para el tratamiento dos FA: C10% (64.2 DMS, 63.8 DMO. 76.7 DPC).

Se determinó el coeficiente de digestibilidad de materia seca digestible *In Vitro* (DIVMS) y digestibilidad *In Vitro* de materia orgánica (DIVMO). Los resultados de forraje de alfalfa y concentrado; la mezcla de estos mostraron diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en DIVMS y DIVMO entre los tratamientos evaluados.

**Palabras claves:** heno de alfalfa, concentrado, digestibilidad *In Vitro*, digestibilidad *In Vivo*, materia seca, materia orgánica, proteína cruda, energía de mantenimiento, energía neta de ganancia, consumo, ovinos.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

| Contenido                                      | pagina |
|------------------------------------------------|--------|
| I. INTRODUCCIÓN.....                           | - 1 -  |
| HIPÓTESIS .....                                | - 2 -  |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA.....                | - 3 -  |
| 2.1 Digestibilidad In Vivo .....               | - 3 -  |
| 2.2 Calidad de los forrajes .....              | - 3 -  |
| 2.3. Concepto de digestibilidad. ....          | - 4 -  |
| 2.4. Importancia de la digestibilidad .....    | - 5 -  |
| 2.5. Digestibilidad aparente y verdadera ..... | - 5 -  |
| 2.6. Composición química.....                  | - 6 -  |
| 2.7. Interrelación entre nutrientes .....      | - 7 -  |
| 2.8. Procesamiento de los alimentos .....      | - 8 -  |
| 2.9. Especie animal.....                       | - 9 -  |
| 2.10. Nivel de consumo .....                   | - 10 - |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS.....                 | - 13 - |
| 3.1 Ubicación del estudio .....                | - 13 - |
| 3.2 Animales y tratamientos.....               | - 13 - |
| 3.3 Manejo de los corderos.....                | - 13 - |
| 3.4 Procedimiento experimental.....            | - 13 - |
| 3.4.1 Digestibilidad <i>In Vivo</i> .....      | - 13 - |
| 3.4.2 Digestibilidad <i>In Vitro</i> .....     | - 14 - |
| 3.5 Análisis químico de las muestras .....     | - 15 - |
| 3.6. Análisis estadístico .....                | - 15 - |

|                                                                                                               |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                                                             | - 16 - |
| 4.1 Digestibilidad In Vivo de materia seca (DIVMS), materia orgánica (DIVMO) y<br>proteína cruda (DIVPC)..... | - 16 - |
| 4.2 Digestibilidad (%) In Vitro materia seca (DIVMS) e In vitro de materia orgánica<br>(DIVMO).....           | - 17 - |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....                                                                        | - 21 - |
| IX. ANEXO.....                                                                                                | - 28 - |

## ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro                                                                                                                                                                                       | pagina |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>Cuadro 1.- Contenido de energía de los forrajes para la alimentación animal . - 4 -</b>                                                                                                   |        |
| Cuadro 2.- Digestibilidad <i>In Vivo</i> de materia seca (D/VMS), materia orgánica (D/VMO) y proteína cruda (D/VPC) en dietas para corderos en finalización..... - 17 -                      |        |
| Cuadro 3.- Digestibilidad <i>In Vitro</i> de materia seca (D/VMS), e <i>In Vitro</i> de materia orgánica (D/VMO) en dietas para corderos en finalización ..... - 18 -                        |        |
| Cuadro 4.- Contenido de energía metabolizable (EM), energía neta de mantenimiento (ENm) y energía neta de ganancia (ENg) <i>In vitro</i> en dietas para corderos en finalización..... - 20 - |        |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura                                   | pagina |
|------------------------------------------|--------|
| Figura 1. Consumo de materia..... - 11 - |        |
| Figura 2 Consumo diario 80- ..... - 12 - |        |

## I. INTRODUCCIÓN

Las proteínas son el principal constituyente de los órganos y estructuras blandas del organismo animal y constituyente esencial de los alimentos (Maynard *et al.*, 1981), pero su valor nutritivo depende en parte de su digestión en el tracto digestivo y a la capacidad de los aminoácidos de llenar las necesidades cualitativas y cuantitativas del animal, siendo la digestibilidad aquella porción del alimento consumido que no aparece en heces (McDonald *et al.*, 1975).

Hoy en día bien sabemos que los concentrados proteicos son en términos generales, más caros, por lo tanto en vista de las altas necesidades de proteína que tiene el animal y de la naturaleza irremplazable de estos nutrientes, es conveniente conocer el nivel mínimo de proteína requerida por el animal para lograr el mejor rendimiento.

Resulta evidente, la investigación sobre digestión de los alimentos por las diferentes especies animales, nos permite tener un mayor entendimiento de los complejos procesos involucrados. Así como el posible manejo que el hombre pueda aplicar para obtener un resultado confiable. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar dietas a base de heno de alfalfa y concentrado comercial para ovinos, por medio de digestibilidad de materia seca *In Vivo* (D/VMS), materia orgánica (D/VMO), proteína cruda (D/VPC). Así como digestibilidad *In Vitro* de materia seca (D/VMS) y materia orgánica (D/VMO).

## HIPÓTESIS

**H<sub>0</sub>:** Dietas a base de heno de alfalfa y concentrado comercial en diferentes proporciones no presentan diferencias en la digestibilidad *in vivo* e *in vitro* de la materia seca, materia orgánica y proteína.

**H<sub>α</sub>:** Dietas a base de heno de alfalfa y concentrado comercial en diferentes proporciones presentan diferencias en la digestibilidad *in vivo* de la materia seca, materia orgánica y proteína.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Digestibilidad *In Vivo*

Digestibilidad: la composición química de un alimento es solamente indicativa del contenido de nutrientes del mismo, mas no de su disponibilidad para el animal, por lo que es necesario contar además con datos de digestibilidad, la cual se define como el porcentaje de un nutrimento que desaparece a su paso por el tubo digestivo (Shimada, 1984). Ha sido ampliamente reconocido (Maynard *et al.*, 1981) el papel que juega el proceso de la digestión, el cual comprende una serie de procesos en el tracto digestivo, mediante los cuales los alimentos son degradados a partículas más pequeñas y por ultimo solubilizados para que sea posible su absorción. De esta manera, los productos finales de la digestión pueden tomar tres caminos: ser absorbidos por el animal, ser volatizados como calor y/o gases y aparecer en heces (Schneider y Flatt, 1975).

Existen diversas causas que influyen en la mayor o menor digestibilidad de los diferentes tipos de alimentos, siendo algunas de las principales: la naturaleza de los alimentos, la especie animal, la fase vegetativa el tiempo y métodos de conservación, la mezcla de alimentos o bien, el empleo de aditivos alimenticios, el estado de reposo o movimiento en que se encuentra los animales, cualquier tratamiento por el calor o productos químicos, así como el nivel de consumo (Ayala, 1976).

### 2.2 Calidad de los forrajes

De acuerdo a los forrajes utilizados en la alimentación animal y su estado fenológico hacen la diferencia en su contenido energético, nivel de consumo y como debe suplementarse (Cuadro 1).

| <b>Cuadro 1.- Contenido de energía de los forrajes para la alimentación animal</b> |            |            |                                                          |                              |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|----------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------|
| NDT %                                                                              | ED kcal/kg | EM kcal/kg | Condición del forraje                                    | Consumo voluntario MS (% PV) | Necesita suplementar |
| 60-65                                                                              | 2750       | 2250       | En crecimiento                                           | Mínimo 3.0                   | P                    |
| 55-60                                                                              | 2550       | 2075       | Ensilaje de maíz y cereales en estado tierno             | 3.0                          | EM, P                |
| 50-55                                                                              | 2350       | 1900       | Henos de leguminosas y ensilaje de maíz                  | 2.5-3.0                      | EM, P                |
| 45-50                                                                              | 2100       | 1725       | Henos de gramíneas y gramíneas en letargo                | 1.5                          | EM, PC, P, Ca        |
| 45-40                                                                              | 1850       | 1525       | Heno de gramíneas con herbáceas y heno de forraje maduro | 1.5-1.0                      | EM, PC, P, Ca        |
| 40-35                                                                              | 1650       | 1350       | Pajas y residuos de cosechas                             | 1.0 ó menos                  | EM, PC, P, Ca        |

\*Crampton y Harris, (1969). Applied animal nutrition

NDT = Nutrientes digeribles totales; ED = Energía digerible; EM = Energía metabolizable; kcal/kg = kilocalorías/kilogramos; P= Fósforo; PC = Proteína cruda; Ca = Calcio.

Aunque existen varios métodos para medir la digestibilidad, Shimada (1984) menciona que estos en general consisten en proporcionar a un animal cantidades predeterminadas de un alimento de composición conocida y medir y analizar las heces y alimentos para que de esta manera por diferencia, de terminar la porción digerida o aprovechada por el animal.

### **2.3. Concepto de digestibilidad.**

Existen tantos conceptos de digestibilidad como investigadores se han ocupado de ella, sin embargo Schneider y Flatt (1975) señalan que todos denotan el porcentaje de un alimento o nutriente que es atacado por medio de la hidrólisis

enzimática, previa fragmentación con el objeto de facilitar su absorción y su paso a través del tubo digestivo y de esa manera ponerse a disposición de las células del cuerpo.

#### **2.4. Importancia de la digestibilidad**

La digestibilidad mide la separación de los nutrientes en su paso a través del tubo digestivo, debido a la absorción. Sin embargo como una gran variedad de factores influyen en los resultados obtenidos, este hecho debe tomarse en cuenta cuando se interpreta los datos, así como en su aplicación práctica. Los datos más útiles se obtienen cuando las raciones se administran al nivel requerido para una producción satisfactoria. Así mismo es deseable un suministro adecuado de otros nutrientes, porque la deficiencia de algunos de ellos puede afectar los procesos digestivos (Maynard *et al.*, 1981). Según indica McDonald *et al.*, (1975), consiste en que la digestibilidad de los alimentos es el factor más variable de los que influyen sobre el proceso de utilización. Además una digestión incompleta frecuentemente representa la mayor pérdida encontrada entre la cantidad de nutriente presente y la cantidad finalmente utilizada por el animal

#### **2.5. Digestibilidad aparente y verdadera**

Un ensayo de digestibilidad asume que una vez tomadas las precauciones de observar un periodo preparatorio en que el animal desaloje los residuos de otros alimentos, todo lo que aparece en las heces tiene su origen en la dieta consumida. En estricta verdad, eso no es cierto, según Crampton *et al.*, (1974), McDonald *et al.*, (1975) y Borgioli, (1962) quienes señalan que los coeficientes de digestibilidad (C.D.) que se obtienen en los experimentos con animales, no expresan la digestibilidad verdadera del alimento, sino solo la aparente.

Sin embargo, aunque la distinción entre la digestibilidad verdadera y aparente es deseable para ciertos trabajos experimentales, tiene poco significado en la alimentación práctica (Maynard *et al.*, 1981).



## 2.6. Composición química

El estado de madurez de los alimentos, especialmente de los forrajes, es el principal factor que afecta la composición química y por lo tanto, la digestibilidad. Así conforme la planta va madurando, el contenido de la pared celular aumenta, que en tallos y hojas se haya en forma de celulosa el carbohidrato estructural más importante y menos digestible que el contenido celular, el cual va disminuyendo. De esta manera, las diversas partes de la planta varían considerablemente en su composición química, según sea su estado fenológico (Maynard *et al.*, 1981).

Por su parte Fannesbeck *et al.*, (1981), al realizar ensayos de digestión de algunos compara la digestibilidad de los componentes de la dieta, relacionando tipo de forraje, composición de ingredientes, estado de madurez y textura o forma física, encontraron diferencias significativas en la digestibilidad aparente de los componentes estructurales, concluyendo que la composición química muestra un importante factor que afecta el valor nutricional de las dietas (Van Soest, 1994).

El contenido de proteína en la ración puede ejercer un efecto, no solo por la influencia del nitrógeno fecal metabólico en la digestibilidad aparente (no en la verdadera), sino también por su efecto en el suministro de nutrientes esenciales para un crecimiento rápido y para la actividad de los microorganismos del rumen (McDonald *et al.*, 1975). Existen un gran número de experimentos que muestran el efecto positivo de las proteínas sobre la digestibilidad de todos los nutrientes (Tyrrell y Moe, 1980; Wohlt *et al.*, 1978; Fannesbeck *et al.*, 1981). En un trabajo en el cual se sustituyeron varios ingredientes proteicos, Tyrrell y Moe, 1980; encontraron que a elevados contenidos de proteína en la ración, la digestibilidad de la energía del silo de maíz era incrementada. Así mismo Wohlt *et al.*, 1978, al investigar la eficiencia de la urea y pasta de soya, encontraron mayores coeficientes de digestibilidad para materia seca, materia orgánica, proteína cruda y extracto libre de nitrógeno en dietas con 13 y 15.5% de proteína cruda (P.01); mientras que las raciones 9 y 12% ocasionaron disminuciones en la digestibilidad. Altos coeficientes de correlación fueron obtenidos por Fannesbeck *et al.*, 1981, al

comparar algunos componentes de las raciones, entre la digestibilidad aparente de los carbohidratos disponibles y de la proteína cruda con su contenido en la dieta. Aunque los datos muestran considerables variaciones, es generalmente aceptado por la digestibilidad de los nutrientes tiende a decrecer cuando el contenido de proteína en la ración disminuye, o cuando los contenidos proteicos son bajos.

## **2.7. Interrelación entre nutrientes**

La digestibilidad de un alimento no solamente es afectada por su propia composición, sino también por la de otros alimentos o nutrientes consumidos al mismo tiempo. Este efecto es muy importante, porque la composición de la ración depende de los constituyentes que la forman. García *et al.*, (2013) evaluaron de la especie (*Zea mays*) dos híbridos del Instituto Mexicano del Maíz (IMM): AN-447 y AN-388 y una variedad forrajero en experimentación y como testigo, el híbrido P30G54 de la compañía Pioneer. La digestibilidad de materia seca *In Vitro*, fue mejor en AN-388 (59.64%) y P30G54 Pioneer (58.38%) y valores menores y diferentes para la variedad forrajero en experimentación (52.05%) el cual también fue diferente a AN-447 (43.41%). Con diferentes resultados y todos eran de la especie maíz.

Las investigaciones sobre el efecto asociativo de un alimento sobre otro ha sido estudiada por numerosos autores. Para Moe (1981), el efecto asociativo se refiere a la digestibilidad de una dieta mixta diferente de la que puede esperarse por medidas directas del forraje y concentrado separadamente, agregando además que los efectos de consumo y efectos asociativos son básicamente el mismo concepto. Por su parte, Blaxter (1980), resumiendo estudios extensivos de energía metabolizable en dietas conteniendo de 0 a 60% de concentrado con ovinos en mantenimiento, concluyó que los efectos asociativos no fueron un problema práctico.

En un estudio de la Facultad de Veterinaria de Madrid, España se estudió la relación forraje: concentrado de la ración sobre la digestibilidad de la MS y los

componentes de la pared celular en el ganado ovino de raza churra. Se formaron dos grupos de 8 ovejas que recibieron dos tipos de heno (heno de alfalfa y heno de prado) con distintas cantidades de concentrado, de forma que se obtuvieron cuatro relaciones forraje: concentrado por cada tipo de forraje (100:0, 80:20, 60:40 y 40:60). El nivel de alimentación se mantuvo próximo a mantenimiento. Al aumentar la cantidad de concentrado en la ración, mejoró la digestibilidad de la MS y MO al tiempo que descendió la digestibilidad de los componentes de la pared celular. La mejora de la digestibilidad de la MS y MO y la reducción de los componentes de la pared celular fueron menores y mayores respectivamente, para el heno más digestible. La digestibilidad de la MS y MO fue 3,4 y 2,4 unidades porcentuales menor para el heno de alfalfa que para el heno de prado (Castro *et al.*, 1991).

Un ensayo de digestión recolección total clásica, en la que se utilizaron ocho llamas para estudiar la utilización de tres dietas diferentes: 1) 100% heno de alfalfa (dieta 100); 2) 75% heno de alfalfa más el 25% de paja de trigo (dieta 75/25) y 3) 50% heno de alfalfa más el 50% de paja de trigo (dieta 50/50). Los coeficientes de digestibilidad de los principales nutrientes para dietas 100, 75/25 y 50/50 fueron diferentes con 76.7, 73.5, 64.8% ( $P < 0,05$ ) para la proteína bruta, respectivamente; mientras que la digestibilidad de proteína cruda disminuyó cuando la calidad de la dieta disminuyó, la digestibilidad de los diferentes constituyentes de la pared celular se mantuvo constante o aumentado. Estos hechos coinciden con la información general sobre la mayor capacidad de estos animales para utilizar alimentos fibrosos (López *et al.*, 2000).

## **2.8. Procesamiento de los alimentos**

Amplios estudios han sido conducidos para observar el efecto del procesamiento en la digestibilidad de los alimentos. El molido, pelet (comprimido), rolado, picado y hojuelado, afecta la utilización por medio de la alteración y la tasa de degradación de los alimentos en el tracto digestivo (Osbourn *et al.*, 1976).

El moler los granos, por lo general no aumenta la digestibilidad en aquellos animales que mastican por completo su alimento en forma efectiva como los ovinos, excepto en las semillas muy pequeñas y duras. Los bovinos mastican menos los granos y por lo tanto, son mejores digeridos cuando se encuentran molidos. A diferencia de los granos, el forraje es masticado en forma suficiente por todos los animales a modo de fraccionarlo de manera que los jugos digestivos puedan actuar en ellos (Maynard *et al.*, 1981).

Sobre el molido del alimento voluminoso, McDonald *et al.*, (1975), indica que pueden presentarse disminuciones en la digestibilidad de la fibra cruda hasta en un 20% y en la de la materia seca de un 5 a 15%. La disminución es aún mayor para los forrajes de baja digestibilidad y puede aumentar por el efecto del nivel de ingestión.

El peletizado usualmente consiste en moler finamente los alimentos y comprimirlo en un pelet de 6 a 20mm de diámetro y de largo. La densidad del pelet es casi de 640 a 721g por litro, sin embargo algunos pueden tener una superior de 1000 g por litro (Moore, 1964). En varios ensayos de digestibilidad en corderos, Fannesbeck *et al.*, 1981), compararon la digestibilidad de los componentes de la dieta, relacionando la textura y/o forma en la cual la dieta es ofrecida (cortado grueso vs. Molido y peletizado). Los componentes estructurales fueron menos digestibles en dietas de grano y forraje sin peletizar comparadas con dietas de forraje normal. Pero el peletizado de grano-forraje mejoró la digestibilidad aparente de los carbohidratos disponibles más que las dietas con forraje peletizado. Ellos concluyeron finalmente, que la digestibilidad de los carbohidratos disponibles y proteína cruda no tuvo influencia por el método de procesado a textura del alimento.

## **2.9. Especie animal**

En otro estudio de digestión para comparar los poderes digestivos de los ovinos y bovinos, Vander Noot *et al.*, (1965) encontraron una diferencia en favor de los ovinos para la digestibilidad de la materia seca, extracto libre de nitrógeno y fibra

cruda en ellos con grano. También los ovinos fueron mejores para la digestión de la proteína cruda en silos con poco o mucho grano. Mientras que forrajes altos en proteína, fueron digeridos con la misma amplitud por ovinos y bovinos, excepto para el extracto libre de nitrógeno, el cual fue superior para bovinos.

Una investigación de Quero y Salinas, (1986), utilizando caprinos y ovinos enteros y castrados respectivamente, alimentados con varios esquilmos agrícolas, en una prueba *In Vivo*, concluyeron que los caprinos tuvieron mayor habilidad para digerir las proteína cruda, materia orgánica y fibra cruda de los alimentos, que los ovinos, aunque el consumo fue menor. Al utilizar ovinos en pruebas de digestibilidad, fue indistinto si estos eran enteros o castrados.

## **2.10. Nivel de consumo**

Muchas investigaciones se han realizado sobre la influencia del nivel de nutrición en la digestibilidad de los alimentos en diversas especies animales. Un aumento en la cantidad ingerida por el animal, hace que la velocidad de paso de la ingesta sea mayor y por lo tanto, menor el tiempo durante el cual está expuesto a la acción de las enzimas, lo que puede ocasionar una disminución de la digestibilidad. Numerosos resultados han apoyado con amplia evidencia esta conclusión (Sutton y Oldham, 1977; Tamminga *et al.*, 1979; Zinn y Owens, 1980; Santos *et al.*, 1984).

Sutton y Oldham (1977), encontraron que incrementando el nivel de alimentación puede incrementar el flujo de la digesta del estómago anterior y por lo tanto, reduce la porción de materia orgánica digestible en esta sección del tracto digestivo. Tammianga *et al.*, (1979), reporto disminuciones de cuatro unidades de la materia orgánica desaparecida en el estómago, cuando los consumos diarios de materia seca se incrementaron de 8.2 a 12.9 kg de heno y concentrado en vacas lecheras. En otro estudio, Santos et al (1984), utilizando vacas lecheras fistuladas del rumen e intestino delgado, reportaron coeficientes de digestibilidad decrecientes para la materia orgánica, cuando los consumos eran incrementados progresivamente.

Sobre esta situación, Wagner y Loosli (1967), para estudiar la influencia del nivel de ingesta sobre la digestibilidad realizaron un estudio, el cual indicó que cuando vacas lecheras eran alimentadas con 75% de heno de alfalfa y 25% de concentrado con iguales contenidos de proteína cruda, había poco cambio en los coeficientes de digestibilidad, de cuando el nivel de ingesta se aumentó de 1.0 a 2.8 veces el nivel de mantenimiento. Esta reducción se hizo mayor cuando la ración contenía iguales proporciones de heno y concentrado. Ellos concluyeron que, conforme el nivel de ingesta alcanzaba cuatro veces el mantenimiento, siendo el concentrado el 75% de la ración, los coeficientes de digestibilidad declinaron por lo menos un 10%. Así mismo se observaron depresiones más severas, cuando se suministra de 5 a 6 veces el nivel de mantenimiento. La figura 2, muestra el consumo de alimento y la digestibilidad en ovinos consumiendo alimento fibrosos. La digestibilidad representa el valor de la energía, pero son muy próximos a los de materia seca (Blaxter et al, 1980).

**Figura 1. Consumo de materia.**

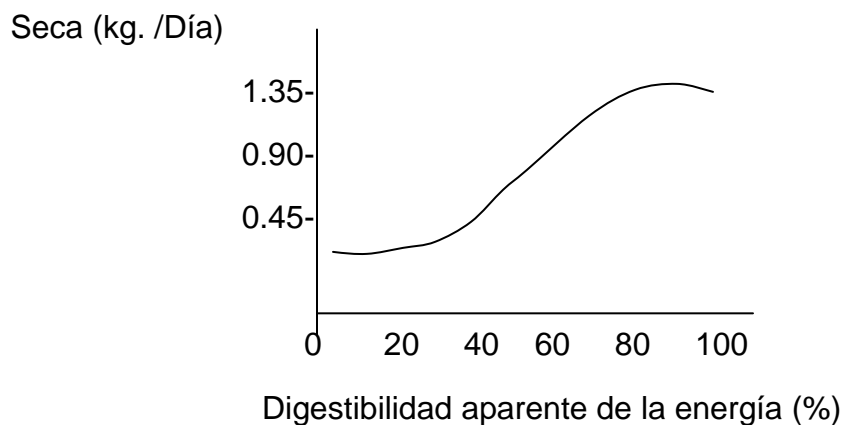


Figura 1. Consumo de alimento y digestibilidad en ovinos alimentados con voluminosos (Blaxter et al, 1961).

También Moe *et al.*, (1965), observaron una tasa de disminución en la digestibilidad de 3.41 a 6.22 unidades por cada incremento de consumo equivalente al de mantenimiento. Concluye que supresiones en la digestibilidad de raciones con altas cantidades de concentrado en proporción a los forrajes, puede

deberse parcialmente al efecto asociativo de los alimentos (McDonald *et al.*, (1975).

Por su parte, Osbourn *et al.*, (1974), evaluando el efecto de la temperatura sobre el consumo de alimento y digestibilidad de los mismos, encontró que el contenido de fibra cruda tiene correlación negativa (-0.83) para consumo de materia seca. (Figura 2). También observó una relación positiva entre el consumo de materia seca y su digestibilidad, no obstante esta relación se reduce para forrajes maduros en altas temperaturas (Laredo y Minson, 1973).

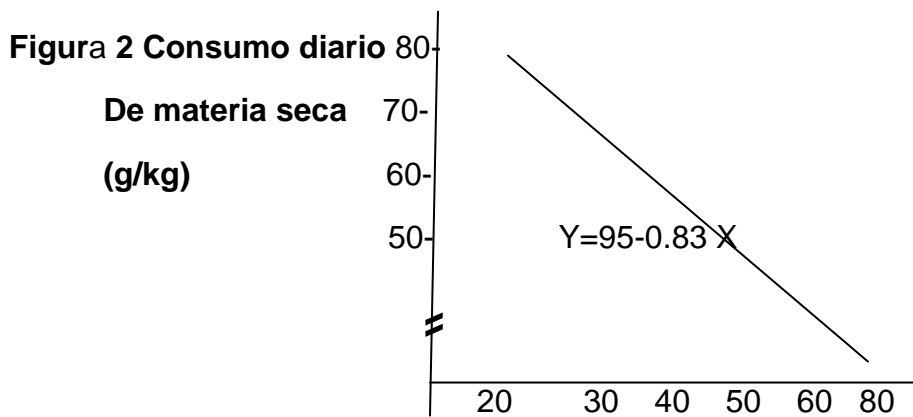


Figura 2. Relación entre consumo diario de materia seca para rumiantes y contenidos de fibra cruda en forrajes templados (Osbourn *et al.*, 1974).

Por lo que respecta a la frecuencia de alimentación sobre la digestibilidad, Mc. Guire *et al.*, (1966) encontró que la digestibilidad de la proteína cruda fue disminuida significativamente por alimentar bovinos 6 veces al día comparando con una sola vez. La digestibilidad de otros nutrientes tuvieron ligeros cambios. Por el contrario, Satter y Baumgardt, (1962), no hallaron en la alimentación de bovinos con 2, 4 y 8 veces al día, algún efecto significativo en la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda y energía de heno de alfalfa. En la alimentación Ad Libitum, Hogan *et al.*, (1967), obtuvo una depresión significativa en la digestibilidad de la energía en forrajes.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del estudio

El presente estudio se realizó en la Unidad Metabólica y Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, situada en Buenavista, Saltillo, Coahuila., cuya localización geográfica en las coordenadas 25°21' latitud norte y 101°02' latitud oeste a una altura de 1743 m.s.n.m. precipitación media anual de 298.5mm y una temperatura media anual de 18.18° C. el clima está clasificado como seco o árido (García, 1987).

#### 3.2 Animales y tratamientos

Se usaron tres corderos Dorper, con 25.0 ±0.8 kg PV. Los cuales se utilizaron para evaluar tres tratamientos o dietas conteniendo diferentes proporciones de forraje de heno de alfalfa: concentrado comercial; T1, 100:0; T2, 90:10; T3, 80:20 HA/CC. Se utilizó el sistema “switch back” en el cual los tres corderos se alimentaron primero con la dieta del T1; continuando la dieta T2 y finalizar con la dieta T3. La investigación tuvo un periodo de 24 días; tres días para adaptación a cada dieta y cinco días de toma de información.

#### 3.3 Manejo de los corderos

Antes de iniciar el experimento, a los corderos se les aplicó desparasitante Ivermectina, así como vitaminas A, D y E. A los corderos se les aplicó una vacuna contra enfermedades clostridiales (*Clostridium septicum*, *Clostridium sordelli*, *Clostridium chauvoei*, *Clostridium perfringen C y D*, *Pasterella multocida* y *P. Haemolítica*).

#### 3.4 Procedimiento experimental

##### 3.4.1 Digestibilidad *In Vivo*

Los corderos permanecieron en las jaulas metabólicas durante 24 días; nueve para adaptación a las tres dietas y quince para la colección de muestras fecales y alimento rechazado. Para determinar la digestibilidad de la MS, se realizó la



colección total de heces de cada cordero de los tres tratamientos (Harris, 1970). El alimento ofrecido se calculó considerando el consumo diario de alimento más un 10% adicional, con la finalidad de reducir la selección de los corderos por alguno de los componentes de las raciones ofrecidas.

Para tener los datos de nutrientes ingeridos, el alimento consumido se multiplica por las cifras de su composición porcentual, determinada mediante análisis químicos. En forma similar se calculan los datos para los nutrientes excretados y los nutrientes digeridos son obtenidos por diferencia. Las cifras expresadas por porcentaje, se llaman coeficientes de digestibilidad y para ello se utilizan la siguiente fórmula (Crampton y Harris, 1969).

$$\% \text{ dig. aparente} = \frac{\% \text{ de nutrientes en el alimento} \times \text{cant. consumida del alimento} - \% \text{ del nut. en heces} \times \text{cant. excret. de heces}}{\% \text{ del nutriente en el alimento} \times \text{cant. consumida del alimento}} \times 100$$

Muestras representativas de las diferentes dietas T1, T2, y T3, y heces fueron obtenidas para su posterior análisis (AOAC, 1997). Los coeficientes de digestibilidad de la energía fueron obtenidos de acuerdo a las siguientes ecuaciones (NRC, 1985):

$$\text{ENm} = 1.37\text{EM} - 0.138\text{EM}^2 + 0.0105\text{EM}^3 - 1.12;$$

$$\text{ENg} = 1.42\text{EM} - 0.174\text{EM}^2 + 0.0122\text{EM}^3 - 1.65.$$

### **3.4.2 Digestibilidad *In Vitro***

La digestibilidad *In Vitro* de materia seca (DIVMS) y digestibilidad *In vitro* materia orgánica (DIVMO) fueron obtenidas de acuerdo a la técnica descrita por (Tilley y Terry, 1963).

### **3.5 Análisis químico de las muestras**

Las tres dietas fueron analizadas para determinar su composición química. Muestras de las raciones ofrecidas y del alimento rechazado fueron obtenidas diariamente. Para su posterior análisis, las muestras fueron secadas en una estufa a 60° C y molidas a través de una malla de 1 mm en un molino Wiley. Las muestras fueron analizadas para determinar materia seca (MS) a 105° C, humedad según procedimientos reportados por el AOAC, (1997). El contenido de proteína cruda (PC) fue analizado según el procedimiento Kjeldahl, como  $N \times 6.25$  (AOAC, 1997).

### **3.6. Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó un diseño Completamente al Azar y para la comparación de medias se aplicó Tukey (Steel y Torrie, 1980)

## IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Digestibilidad *In Vivo* de materia seca (D/VMS), materia orgánica (D/VMO) y proteína cruda (D/VPC).

La digestibilidad *In Vivo* es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para el aprovechamiento del animal. Comprende dos procesos, la digestión que comprende la hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos, y la absorción de pequeñas moléculas (aminoácidos, ácidos grasos) en el intestino (Harris, 1970).

Los valores de D/VMS, D/VMO y D/VPC no presentaron diferencia estadística ( $P \geq 0.05$ ). Para los diferentes tratamientos; T1, 100 % HA; T2, 90 % HA + 10 % CC y T3, 80 % HA + 20 % CC; se encuentran los siguientes valores 65.0, 64.2 y 65.4 % para D/VMS; 65.2, 63.8 y 66.0 % en D/VMO y coeficientes de 75.3, 76.7 y 75.8 % en D/VPC respectivamente para T1, T2 y T3 (Cuadro 2).

La inclusión de 10 y 20 % de CC en las raciones sustituyendo al heno de alfalfa no afectó la digestibilidad de las variables en estudio; D/VMS, D/VMO y D/VPC. Quizás el heno de alfalfa utilizado era de calidad excelente y buen contenido de PC, dado que presentó valores de coeficientes muy similares entre los tratamientos. Los valores de D/VPC encontrado en este trabajo concuerdan con los utilizados por Crampton y Harris, (1969) en ecuaciones para determinar NDT. Sin embargo, el heno de alfalfa fue adquirido de la forrajera. Cabe mencionar; que la calidad del forraje es mayormente afectado por la especie y madurez de la planta por lo cual disminuye con la edad al corte; además; un 1 % de incremento en la digestibilidad de la dieta puede resultar en un incremento de ganancia de peso vivo en animales jóvenes. De igual manera, si el heno es el mayor componente de la dieta se debe suplementar proteína para mejor comportamiento en crecimiento y lactación en corderos y bovinos (Dear *et al.*, 2005).

**Cuadro 2.- Digestibilidad *In Vivo* de materia seca (D/VMS), materia orgánica (D/VMO) y proteína cruda (D/VPC) en dietas para corderos en finalización.**

| <b>Variables (%)</b> | <b>T1 FA</b> | <b>T2 FA + 10 % CC</b> | <b>T3 FA + 20 % CC</b> | <b>CV (%)</b> | <b>P<math>\geq</math>F</b> |
|----------------------|--------------|------------------------|------------------------|---------------|----------------------------|
| <b>D/VMS</b>         | 65.0         | 64.2                   | 65.4                   | 5.49          | 0.918                      |
| <b>D/VMO</b>         | 65.2         | 63.8                   | 66.0                   | 6.22          | 0.803                      |
| <b>D/VPC</b>         | 75.3         | 76.7                   | 75.8                   | 2.73          | 0.518                      |

CV = Coeficiente de variación; P = Probabilidad

#### **4.2 Digestibilidad (%) *In Vitro* materia seca (D/VMS) e *In vitro* de materia orgánica (D/VMO)**

La digestibilidad *In vitro* de materia seca y materia orgánica, es un método que en su primera etapa simula el rompimiento de los carbohidratos estructurales por acción de los microorganismos del rumen para transformarlos en carbohidratos solubles. La segunda etapa, también de 48 h simula la hidrólisis de las proteínas, lo cual hace disponibles los aminoácidos por acción de las pepsinas (Van Zoest, 1994). En el cuadro 3, se presentan los coeficientes de digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica. El análisis estadístico presenta diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ) en ambas variables estudiadas. En ambos resultados se encuentra similar tendencia. El T2 fue diferente al T1 e igual al T3; el T2 es igual al T1. Es necesario mencionar que la D/VMS incrementó con la presencia de 10 y 20 % del CC en la dieta para ovinos en crecimiento. Los coeficientes de D/VMS fueron 14.0 % superior en las dietas que contenían CC. El CC afectó de manera positiva la digestibilidad. De acuerdo a los resultados encontrados la inclusión del CC en la dieta mejoró la D/VMS y D/VMO (Cuadro 3). Esto indica que la incorporación de concentrado con el forraje heno de alfalfa, muestra un efecto positivo al tener un mejor digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica. Como también puede deberse parcialmente al efecto asociativo del heno de alfalfa y concentrado comercial utilizados.

**Cuadro 3.- Digestibilidad *In Vitro* de materia seca (D/VMS), e *In Vitro* de materia orgánica (D/VMO) en dietas para corderos en finalización**

| <b>Variables (%)</b> | <b>T1 solo FA</b> | <b>T2 FA + 10 % concentrado</b> | <b>T3 FA + 20 % concentrado</b> | <b>CV (%)</b> | <b>P≥F</b> |
|----------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------|------------|
| <b>D/VMS</b>         | 61.3              | 70.2                            | 69.3                            | 4.08          | 0.014      |
| <b>D/VMO</b>         | 97.9              | 98.6                            | 99.3                            | 0.37          | 0.011      |

Partiendo de la digestibilidad *In Vitro* de la materia seca (D/VMS) se estimó la energía metabolizable (EM), energía neta de mantenimiento (ENm), energía neta de ganancia (ENg) de las diferentes dietas en estudio (Cuadro 4).

Los contenidos energético calculado y utilizable por los corderos; presentó similar tendencia con los coeficientes de la D/VMS. Encontrando diferencia estadística ( $P \leq 0.05$ ) en las variables estudiadas. Los valores encontrados indican que T2 y T3 son iguales y diferentes al T1 en las variables EM, ENm y ENg. De igual forma, la adición de 10 y 20 % de CC a la dieta para corderos mejoró el contenido energético. Quizás la disminución del forraje por la inclusión del CC disminuyó la fuente de fibra en las dietas ofrecidas en este estudio. Principalmente al disminuir el contenido de fibra en detergente neutro y mejorar el contenido de carbohidratos no estructurales (CNE). Sin embargo, la fibra en la dieta del rumiante es necesaria ya que estimula y aumenta el flujo y la producción de saliva y esta neutraliza el pH en el rumen (Xu *et al.*, 1994; McBurney *et al.*, 1981)

Fuentes *et al.* (2007) realizaron digestibilidad *In Vitro* de materia seca (D/VMS) en tres variedades de alfalfa (Valencia, Atlixco y San Miguelito); en este estudio, reportan estos investigadores que el mayor coeficiente de D/VMS se relaciona con un menor contenido de FDN y celulosa de las variedades en estudio.

Por otro lado, incrementos en CNE causa mayor producción de metano lo cual es el resultado de la superior digestibilidad de la materia seca. Bajo el modelo *In Vitro* y a diferencia de los reportes de la literatura, la mayor inclusión de CNE no redujo la producción de metano (Posada-Ochoa *et al.*, 2014). De igual manera, estos investigadores concluyen que el incremento en la producción de metano es el resultado de la alta digestibilidad de la MS conforme el nivel de CNE incrementa en la mezcla.

Al medir la digestibilidad *in situ* de materia seca (D/SMS) de tres dietas de engorda para ovinos. Utilizando la técnica de la bolsa de nylon para determinar la digestibilidad *in situ* y degradabilidad ruminal de la materia seca con tres borregos en periodos de incubación ruminal de 0, 4, 8, 12, 24 y 48 h. Todas los tratamientos (T) incluyeron sorgo (*Sorghum vulgare*) molido como grano. El T1 y T2 se formularon con pulido de arroz (*Oryza sativa*) con 7,53% en base seca (BS) y con 5% (BS) de soca de sorgo como forraje; respectivamente; y el T3 con 5% (BS) de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) más 3% (BS) de alfalfa (*Medicago sativa*). La dieta T1 presentó la fracción más digestible en las primeras horas de incubación en rumen (0 y 4). La dieta T3 se digirió en menor proporción; sin embargo, pudiera ser la mejor para la engorda de ovinos, por menor riesgo de acidosis (Salinas-Chavira *et al.*, 2011).

Se determinó la degradación ruminal de la materia seca, en rebrotes de morera (*Morus alba*) aprovechables en vacas lecheras a 70, 84, 98 y 112 días de edad. La concentración de nutrientes digestibles fue 56% a 70 días y 52-53% en las edades superiores, la energía digestible fue 2,57, 2,45, 2,39 y 2,34 Mcal/kg de materia seca en la planta entera (Boschini-Figueroa, 2006). Otros trabajos realizados por Elizondo y Boschini, (2001), menciona la importancia del forraje para la alimentación animal. Pero la edad de corte se correlaciona con la producción y el contenido nutricional de la planta.

García-Castillo *et al.*, (2013) evaluaron cuatro genotipos de maíz forrajero. La digestibilidad *In vitro* de materia seca (DIVMS), fue mayor en AN-388 (59,64%) y P30G54 Pioneer (58,38%) y valores menores y diferentes para la variedad forrajero en experimentación (52,05%) el cual también fue diferente a AN-447 (43,41%).

**Cuadro 4.- Contenido de energía metabolizable (EM), energía neta de mantenimiento (ENm) y energía neta de ganancia (ENg) *In vitro* en dietas para corderos en finalización**

| <b>Variables Mcal/kg</b> | <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> | <b>CV</b> | <b>P&gt;F</b> |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| <b>EM</b>                | 2.216     | 2.536     | 2.505     | 4.08      | 0.014         |
| <b>ENm</b>               | 1.352     | 1.638     | 1.610     | 5.73      | 0.014         |
| <b>ENg</b>               | 0.775     | 1.031     | 1.006     | 8.40      | 0.014         |

CV: Coeficiente de variación; P: Probabilidad; EM = Energía metabolizable, ENm = Energía neta para mantenimiento; ENg = Energía neta para ganancia

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones que se derivan del presente trabajo:

La digestibilidad *In Vivo* de materia seca (D/VMS); materia orgánica (D/VMO) y proteína cruda (D/VPC) de las raciones conteniendo heno de alfalfa y concentrado comercial no fue diferente entre los tratamientos. Sin embargo, la digestibilidad *In Vitro* de la materia seca (D/VMS) y materia orgánica (D/VMO), así como la energía metabolizable (EM), energía neta para mantenimiento (ENm) y energía neta para ganancia (ENg) tuvo respuesta positiva a la adición del CC. La adición del CC mejora la digestibilidad *In vitro* de la materia seca y materia orgánica y la energía metabolizable, energía neta para mantenimiento y energía neta para producción de dietas a base de heno de alfalfa para corderos.

Se recomienda realizar pruebas de comportamiento en ovinos.



## VI. LITERATURA CITADA

- AOAC. 1997. Official methods of analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemist. Washington, D.C. 1018 pp.
- Ayala M.E. 1976. Como mejorar la alimentación animal, 1ª. Edición. Ed. Sertebi, España. Pp17-21.
- Blaxter, K.L. 1980. Further developments of the metabolizable system for ruminants. Pages 79-91. **In:** Recent advances in animal nutrition, 1979. Ha Resign W. and D. Lemis. Ed. Butterworths, England.
- Borgioli, E. 1962. Alimentación del Ganado 3ª. Edición. Ed. Gea, Barcelona, España. Pp256-260.
- Boschini-Figueroa, C. 2006. Nutrientes digeribles, energía neta y fracciones proteicas de la morera (*morus alba*) aprovechables en vacas lecheras. Agronomía Mesoamericana. 17(2): 141-150.
- Castro T., F.F. Bermúdez y R. Sanz Arias. 1991. Efecto de la relación forraje: concentrado de la ración sobre la digestibilidad de la materia seca y los componentes de la pared celular. Arch. Zootec. 40:85-90.
- Crampton, E.W. and L.E. Harris. 1969. Applied animal nutrition. Second Edition. W.H. Freeman and Company. San Francisco, U.S.A. Pp285-309
- Crampton E.W. 1951. The apparent digestibility of essentially similar diets by rats, guinea pigs, sheep, swine and by human subjects. J. Nutrition Pp72-83.
- Crampton E.W. y L.E. Harris, 1974. Nutrición animal. Ed. Acribia, Zaragoza, España, Pp71-75.

Dear, B., Kaiser, A., Piltz, J. 2005. Yield and digestibility of legume and oats forages. Prime facts. Profitable & Sustainable Primary Industries. The State of New South Wales, Australia. Pp1-6. En línea: [www.dpi.nsw.gov.au](http://www.dpi.nsw.gov.au).

Elizondo, J. y C. Boschini. 2002. Producción forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía Mesoamericana*. 13(1):13-17.

Foley R.C., D. L. Bath, F.N. Dickinson and H.A. Tucker, 1973. Dairy Cattle. Principles, practices, problems, profits. Lea and Fibiger Philadelphia, U.S.A. Pp377-411.

Fonnesbeck, P.V., J.L. Christiansen and L.E. Harris, 1981. Factors affecting digestibility of nutrients by sheep. *J. Anim. Sci.* 52:363-376.

Fuentes-Rodríguez, J.M., N. Cruz-Contreras, M. Torres-Hernández, J.A. De la Cruz-Bretón, M.E. Murillo-Soto, E. García-Martínez, J.J. López-González y R. García-Castillo. 2007. Digestibilidad In-Vitro y valor nutritivo de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) en hidroponía. Libro Científico Anual. Agricultura, Ganadería y Ciencia Forestal. UAAAN-2007. Saltillo, Coahuila, México. 24-27.

García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climatológico de Köppen. 4ta Ed. Instituto de Geografía. UNAM. México. Pp87-88.

García-Castillo, R.F., Castillo-Sánchez, Z.J. Kawas-Garza, J. R. Salinas-Chavira, J., Ruiz-Zárate, F., López-Trujillo, R. 2013. Producción, evaluación química, contenido energético, carbohidratos estructurales y no estructurales y digestibilidad *in vitro* en maíz forrajero. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 30: 573-590

- Harris, L. E. 1970. Nutrition research techniques for domestic and wild animals. Vol. 1. An International Record System and Procedures for Analyzing Samples. Animal Science Department, Utah State University, Logan, Utah, USA. P5101.
- Hogan, M.R., B.W. Henderson, E.R. Berousek, R.C. Wakefield, R.W. Gilbert. 1967. Effect of level of intake and other factor son digestibility of climax Timothy hay. J. Dairy Sci. 50:86-89.
- Laredo M.A. and D.J. Minson, 1973. The voluntary intake, digestibility and retention time by sheep of leaf and stem fractions of fine grasses. Aust. J. Agr. Res. 24:875-888.
- López, V, A, Morales, S, M. S., Cabrera C. R. 2000. Ingestión y digestibilidad aparente de forrajes por la llama (*Lama glama*): I.- Heno de alfalfa (*Medicago sativa*) y paja de trigo (*Triticum Aestivum*) en diferentes proporciones. Arch. Med. vet., 2000, vol.32, no.2, Pp201-208.
- Maynard, L.A., J.K. Loosli, H.F. Hintz y R.G. Warner, 1981. Nutrición animal. 4a. Edición. Mc. Graw Hill, México, D.F. Pp22-48.
- McBurney, M. L., P. J. Van Soest, L. E. Chase. 1981. Cation exchange capacity of various feedstuffs in ruminant rations. Proc. Cornell Nutr. Conf. P16.
- McDonald, P., R.A. Edwards y J.F.D. Greenhalgh, 1975. Nutrición animal. 2nd Ed. Acribia. Zaragoza, España, Pp4-13.
- Mc-Guire, R.L., N. W. Bradley and C. O. Little 1966. Effect of frequency of feeding on excretion of chromic oxide, crude protein and grass energy and on nutrient digestibility by steers. J. Anim. Sci. 25:185-191
- Moe, P.W., 1981 energy metabolism of dairy cattle. J. Dairy. Sci. 64:1120-1139.
- Moore, L.A., 1964. Symposium on forage utilization: Nutritive value of forages as affected by physical form. Part. I. general principals involved with

ruminants and effect of feeding pelleted or wafered forage to dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 23:71-77.

NRC. 1985. Nutrient Requirement of Sheep. National Research Council. National Academy Press. Sixth revised Edition. Washington, D, C., USA.

Osbourn, D.J., R.A. Terry, G.E. Outen, and S.B. Cammell. 1974. The significance of a determination of cell walls as the rational basis for the nutritive evaluation of forages. *Proc. XII Intern. Grassl. Cong.* 3:374-380.

Pérez, H. D. 2011. Digestibilidad de materia seca, materia orgánica *In Vitro* (DMS/IV-DMO/IV) y energía digestible de mezcla de maíz-girasol silvestre. Tesis Licenciatura U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp21-23.

Posada-Ochoa, S.A., Ramírez-Agudelo, J. F., Rosero-Noguera, R. 2014. Producción de metano y digestibilidad de mezclas kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)- papa (*Solanum tuberosum*). *Agronomía Mesoamericana.* 25(1):141-150.

Quero, C.R. y G. Salinas, 1986. Digestibilidad *In Vivo* de esquilmos agrícolas con ovinos y caprinos. Tesis Profesional, UAAAN, Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte (INIA). Torreón, Coah., México.

Salinas-Chavira, J., Gutiérrez-González, J.C. García-Castillo, R., López-Trujillo, R., Duarte-Ortuño, A. 2011. Digestibilidad in situ de la materia seca de tres dietas para ovinos de engorda. *Agronomía Mesoamericana* 22(2):379-385.

Santos, K.A., M.D. Stern, and L.D. Satter. 1984. Protein degradation in the rumen and amino acid absorption in the small intestine of lactating dairy cattle fed various protein sources. *J. Anim. Sci.* 58:244-255.

- Satter, L.D. and B.R. Baumgardt. 1962. Changes in digestive physiology of the bovine associated with various feeding frequencies. J. Anim. Sci. 29:681-687.
- Schneider, B.H, y W.P. Flatt. 1975. The Evaluation of feeds through digestibility experiments. University of Georgia Press. Athenas, Georgia, Pp3-47.
- Shimada, A.S., 1983. Fundamentos de nutrición animal corporativa. 1a. Edición. Consultores en Producción Animal. México, D.F. Pp265-272.
- Stell, R.G., and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistic: A biometrical approach. Mathematical statistics; Biomathematics. 2nd. edition. Ed. McGraw-Hill. N.Y. 633 p.
- Sutton, J.D. and J.D. Oldham, 1977. Feed evaluation by measurement of sites of digestion in cannulated ruminants. Proc. Nutr. Sci. 36:203-209.
- Tamminga, S., C.J. Van der Kōelen and A.M. Van Vuuren, 1979. Effect of the level of feed intake on nitrogen entering the small intestine of dairy cows. Livestock Prod. Sci. 6:255-262.
- Tilley, J. M. A., and R. A. Terry. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. British Grassland Soc. 18:104-111.
- Tyrrell H.F. and P.W, Moe, 1980. Effect of protein level and buffering capacity on energy value of feeds for lactating cows. Proc. 8<sup>th</sup>. Symp. Metabolizable Energy. E. A.A.P. Publ. 26:63-65.
- Vander Noot, G.W., R.M Cordts and R. Hunt. 1965. Comparative nutrient digestibility of silages by cattle and sheep. J. Anim. Sci. 24:47-50.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Comstock, Cornell University Press. USA. 2nd Edition. Pp354-370.

- Van Soest, P.J., 1977. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *J. Anim. Sci.* 26:119-128.
- Wagner, D.G. and J.K. Loosli, 1967. Studies on the energy requirements of high producing dairy cows. *Cornell University Agr. Expt. Sta. Memoir.* 400:1-40.
- Wohlt, J.E. and J.H. Clark, 1978. Nutritional value of urea versus preformed protein for ruminants. I. Lactation of dairy cows fed corn based diets containing supplemental nitrogen from urea and/ or soybean Meal. *J. Dairy. Sci.* 61:902-915.
- Xu, S., J. H. Harrison, R. E. Riley, K. A. Loney. 1994. Effect of buffer addition to high grain total mixed rations on rumen pH, feed intake, milk production, and milk composition. *J. Dairy Sci.* 77:782-788.
- Zinn, R.A. and F.N. Owens, 1980. Influence of roughage level and feed intake level on digestive function. *Oklahoma Agr. Exp. Sta. Misc. Pub.* 107:131-150

## IX. ANEXO.

Anexo 1. Análisis de varianza de la dieta ofrecida a borregos a base de Heno Alfalfa con la inclusión de un concentrado comercial en tres diferentes porcentajes, 0, 10 y 20 %

### DIGESTIBILIDAD % *In Vivo* DE MATERIA SECA.

| FV          | GL | SC        | CM        | F      | P > F |
|-------------|----|-----------|-----------|--------|-------|
| Tratamiento | 2  | 2.195313  | 1.097656  | 0.0865 | 0.918 |
| Error       | 6  | 76.121094 | 12.686849 |        |       |
| Total       | 8  | 78.316406 |           |        |       |

COEFICIENTE DE VARIACIÓN: 5.49%

EEM = 2.06

### ANALISIS DE VARIANZA

DIGESTIBILIDAD % *In Vivo* DE PROTEÍNA CRUDA.

| FV          | GL | SC        | CM       | F      | P > F |
|-------------|----|-----------|----------|--------|-------|
| Tratamiento | 2  | 6.347656  | 3.173828 | 0.7427 | 0.518 |
| Error       | 6  | 25.640625 | 4.273438 |        |       |
| Total       | 8  | 31.988281 |          |        |       |
|             |    |           |          |        |       |

COEFICIENTE DE VARIACIÓN = 2.73%

E.E=1.194

No se hace la comparación de medias porque no hay diferencia significativa entre tratamientos.

**ANÁLISIS DE VARIANZA**  
DIGESTIBILIDAD % *In vivo* MATERIA ORGÁNICA

| FV           | GL | SC         | CM        | F      | P>F   |
|--------------|----|------------|-----------|--------|-------|
| TRATAMIENTOS | 2  | 7.472656   | 3.736328  | 0.2284 | 0.803 |
| ERROR        | 6  | 98.144531  | 16.357422 |        |       |
| TOTAL        | 8  | 105.617188 |           |        |       |

CV = 6.22 %

EE = 2.34

*No se hace la comparación de medias porque no hay diferencia significativa entre tratamientos*

**DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE MATERIA SECA (D/VMS)**

| FV          | GL | SC         | CM        | F      | P>F   |
|-------------|----|------------|-----------|--------|-------|
| TRATAMIENTO | 2  | 142.953125 | 71.476563 | 9.6044 | 0.014 |
| ERROR       | 6  | 44.652344  | 7.442057  |        |       |
| TOTAL       | 8  | 187.605469 |           |        |       |

C.V.=4.08%

E.E=1.58

**TABLA DE MEDIAS**

| TRATAMIENTO | REPETICIONES | MEDIA     |
|-------------|--------------|-----------|
| 1           | 3            | 61.296665 |
| 2           | 3            | 70.156670 |
| 3           | 3            | 69.276665 |



## RESULTADOS DE LA COMPARACION DE MEDIAS

| TRATAMIENTOS | MEDIA      |
|--------------|------------|
| 2            | 70.1567 A  |
| 3            | 69.2767 AB |
| 1            | 61.3967 B  |

Niveles de significancia= 0.05

### VALORES DE DMSA (CON NIVEL DE SIGNIFICANCIA=0.05)

|     |       |        |
|-----|-------|--------|
| DMS | <2 3> | 5.4505 |
| DMS | <2 1> | 5.4505 |
| DMS | <3 2> | 5.4505 |
| DMS | <3 1> | 5.4505 |
| DMS | <1 2> | 5.4505 |
| DMS | <1 3> | 5.4505 |

### DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE MATERIA ORGÁNICA (D/IMO)

#### ANALISIS DE VARIANZA

| FV          | GL | SC       | CM       | F       | P>F   |
|-------------|----|----------|----------|---------|-------|
| TRATAMIENTO | 2  | 2.859375 | 1.429688 | 10.9800 | 0.011 |
| ERROR       | 6  | 0.781250 | 0.130208 |         |       |
| TOTAL       | 8  | 3.64625  |          |         |       |

C.V=0.37% E.E=0.2083

#### TABLA DE MEDIAS

| TRATAMIENTO | REPETICIONES | MEDIA     |
|-------------|--------------|-----------|
| 1           | 3            | 97.896667 |
| 2           | 3            | 98.583336 |
| 3           | 3            | 99.276672 |

## RESULTADOS DE COMPARACION DE MEDIAS

| TRATAMIENTO | MEDIA      |
|-------------|------------|
| 3           | 99.2767 A  |
| 2           | 98.5833 AB |
| 1           | 97.8967 B  |

Nivel de significancia=0.05

### VALORES DE DMS (CON NIVEL DE SIGNIFICANCIA= 0.05)

|            |                    |               |
|------------|--------------------|---------------|
| <b>DMS</b> | <b>&lt;3 2&gt;</b> | <b>0.7210</b> |
| <b>DMS</b> | <b>&lt;3 1&gt;</b> | 0.7210        |
| <b>DMS</b> | <b>&lt;2 3&gt;</b> | 0.7210        |
| <b>DMS</b> | <b>&lt;2 1&gt;</b> | 0.7210        |
| <b>DMS</b> | <b>&lt;1 3&gt;</b> | 0.7210        |
| <b>DMS</b> | <b>&lt;1 2&gt;</b> | 0.7210        |

### COEFICIENTE DE VARIANZA DE ME, ENm, ENg (D/VMS Y D/VMO) IN VITRO ENERGIA METABOLIZABLE (D/VMS)

| FV          | GL | SC       | CM       | F      | P≥F   |
|-------------|----|----------|----------|--------|-------|
| TRATAMIENTO | 2  | 0.186867 | 0.093433 | 9.6007 | 0.014 |
| ERROR       | 6  | 0.058392 | 0.009732 |        |       |
| TOTAL       | 8  | 0.245258 |          |        |       |

CV=5.49%

### COMPARACION DE MEDIA (EM)

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 2           | 2.5364 A |
| 3           | 2.5046 A |
| 1           | 2.2161 B |

Nivel de significancia=0.05

### ENERGIA NETA DE MANTENIMIENTO (ENM)

| <b>FV</b>          | <b>GL</b> | <b>SC</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>P≥F</b> |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|
| <b>TRATAMIENTO</b> | 2         | 0.149086  | 0.074543  | 9.6630   | 0.014      |
| <b>ERROR</b>       | 6         | 0.046286  | 0.007714  |          |            |
| <b>TOTAL</b>       | 8         | 0.195372  |           |          |            |

CV=5.73%

### COMPARACION DE MEDIA (ENm)

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 2           | 1.6382 A |
| 3           | 1.6100 A |
| 1           | 1.3522 B |

Nivel de significancia=0.05

### ENERGIA NETA DE GANANCIA

| <b>FV</b>          | <b>GL</b> | <b>SC</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>P≥F</b> |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|
| <b>TRATAMIENTO</b> | 2         | 0.119965  | 0.059982  | 9.6882   | 0.014      |
| <b>ERROR</b>       | 6         | 0.037148  | 0.006191  |          |            |
| <b>TOTAL</b>       | 8         | 0.157112  |           |          |            |

CV= 8.40%

### COMPARACION DE MEDIAS ENg

| TRATAMIENTO | MEDIA    |
|-------------|----------|
| 2           | 1.0311 A |
| 3           | 1.0059 A |
| 1           | 0.7746 B |

Nivel de significancia =0.05

**COEFICIENTE DE VARIANZA DE EM, ENm, ENg. (DMSIV) DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA *In Vivo***

**ENERGIA METABOLIZABLE**

| <b>FV</b>          | <b>GL</b> | <b>SC</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>P≥F</b> |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|
| <b>TRATAMIENTO</b> | 2         | 0.002869  | 0.001434  | 0.0865   | 0.918      |
| <b>ERROR</b>       | 6         | 0.099503  | 0.016584  |          |            |
| <b>TOTAL</b>       | 8         | 0.102371  |           |          |            |

CV= 5.49%

**TABLA DE MEDIAS EM**

| <b>TRATAMIENTO</b> | <b>REPETICION</b> | <b>MEDIA</b> |
|--------------------|-------------------|--------------|
| 1                  | 3                 | 2.348800     |
| 2                  | 3                 | 2.321100     |
| 3                  | 3                 | 2.364233     |

Nota: no se hace la comparación de medias porque no hay diferencia significativa entre tratamientos.

**ENERGIA NETA DE MANTENIMIENTO (ENm) IN VIVO**

| <b>FV</b>          | <b>GL</b> | <b>SC</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>P≥F</b> |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|
| <b>TRATAMIENTO</b> | 2         | 0.002293  | 0.001146  | 0.0864   | 0.918      |
| <b>ERROR</b>       | 6         | 0.079582  | 0.013264  |          |            |
| <b>TOTAL</b>       | 8         | 0.081875  |           |          |            |

CV= 7.84%

**TABLA DE MEDIAS ENm**

| <b>TRATAMIENTO</b> | <b>REPETICION</b> | <b>MEDIA</b> |
|--------------------|-------------------|--------------|
| 1                  | 3                 | 1.470833     |
| 2                  | 3                 | 1.447433     |
| 3                  | 3                 | 1.486267     |

### ENERGIA NETA DE GANANCIA (ENg) IN VIVO

| FV          | GL | SC       | CM       | F      | P $\geq$ F |
|-------------|----|----------|----------|--------|------------|
| TRATAMIENTO | 2  | 0.001850 | 0.000925 | 0.0865 | 0.918      |
| ERROR       | 6  | 0.064165 | 0.010694 |        |            |
| TOTAL       | 8  | 0.066015 |          |        |            |

CV= 11.76%

### TABLA DE MEDIAS ENg.

| TRATAMIENTO | REPETICION | MEDIA    |
|-------------|------------|----------|
| 1           | 3          | 0.881033 |
| 2           | 3          | 0.860733 |
| 3           | 3          | 0.895700 |

Nota: no se hace la comparación de medias porque no hay diferencia significativa entre tratamientos.

| <b>Contenido de energía metabolizable (EM), energía neta de mantenimiento (ENm) y energía neta de ganancia (ENg) <i>In Vivo</i> en dietas para corderos en finalización.</b> |       |       |       |       |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Variables Mcal/kg                                                                                                                                                            | T1    | T2    | T3    | CV    | P>F   |
| EM                                                                                                                                                                           | 2.349 | 2.321 | 2.364 | 5.49  | 0.918 |
| ENm                                                                                                                                                                          | 1.471 | 1.447 | 1.486 | 7.84  | 0.918 |
| ENg                                                                                                                                                                          | 0.881 | 0.861 | 0.896 | 11.76 | 0.918 |