

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL



**Digestibilidad *In vitro* de materia seca, de heno  
de Avena (*Avena sativa*): Concentrado para  
ovino**

**Por:  
Oscar Acalco Hernández**

**Tesis**

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

**Ingeniero Agrónomo Zootecnista**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Mayo 2013**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL

Digestibilidad *In vitro* de materia seca, de heno de Avena (*Avena sativa*): Concentrado para ovino

Por:  
Oscar Acalco Hernández

Tesis

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

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADO POR:

Director

Dr. Ramón Florencio García Castillo

Co-Director

M.C. Antonio Valdéz Oyervides

Asesor

Ing. José A. Rodríguez Galindo

Asesor

M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Dr. Ramiro López Trujillo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo 2013

## **Dedicatorias:**

### **A Dios:**

Por a verme dado la vida y la bendición de estar en estos momentos realizando un paso grande e importante en mi vida, por poner en mí camino gente tan valiosa tan importante que me ha apoyado y por todas las bendiciones que a diario recibo al permitirme vivir un día más.

### **A la Virgen de Juquila**

Por que año tras año el viaje a tu casa y el peregrinar siempre fue con la misma intención y ahora que estoy en la cumbre de este camino me doy cuenta que todo esto es gracias a tu gran apoyo y a que nunca me desamparaste ni me dejaste solo en este camino.

### **A mis padres:**

#### **Raymundo Acalco Rosas y Juliana Cruz Hernández Martínez**

Cada paso cada centímetro recorrido de este camino de esta travesía mis padres fueron pieza importante y bases solidas de apoyo y sustento para realizar este sueño, al día a día fue de lo más difícil pero con saber q ellos estaban hay para brindarme su cariño y apoyo esto puedo salir adelante con un gran éxito.

### **A mis hermanos**

#### **Marcos Acalco Hernández y Raymundo Acalco Hernández**

Marcos por su apoyo porque ambos compartimos este camino ambos nos apoyamos en los momentos más difíciles de la carrera y nunca nos dimos la espalda y Raymundo por el apoyo al encargarse de todo el trabajo y tomar la responsabilidad que nosotros teníamos.

## **A Xochitl Guadalupe Cervantes Sierra**

Este tiempo de conocernos te volviste una pieza fundamental para lograr este sueño y este camino fue y se hizo mucho más fácil de recorrer, haciéndolo más llevadero más lindo y más cómodo sin dejarme ni un momento sin tu ayuda y sin tu cariño y por darme los motivos necesarios para llegar a la meta.

## **A mis abuelos:**

Alberto Melitón Acalco Flores y Dorotea Rosas Gonzales que en paz descansen y que desde el cielo junto con mis abuelos Ramón Hernández Guzmán y Francisca Martínez Tamariz que aun están a mi lado me brindan sus eternas bendiciones y que siempre han estado pendientes de nuestra estancia por esta escuela y porque siempre estuvimos en sus oraciones.

## **A mis amigos:**

A toda le gente que nos topamos en el andar y la travesía llamada zootecnia porque aunque con sus diferencias y sus problemas supimos convivir para lograr poner en alto el nombre de nuestra "Alma Mater" dejando nuestra esencia en cada aula y en cada parte de la escuela. Y a mis amigos más allegados Fredy, Daniel, Rocío, Gaby, Amable, Celestino.

## **A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**

Porque en cada instancia siempre encontré la motivación y la paciencia impartida por todos los maestros para no solo crear profesionistas, sino personas con una preparación académica y moral dando ejemplo de cómo se realizan las cosas de forma correcta, a la facilidad de poder realizar cada trabajo y cada practica porque sin la Narro no lo hubiera logrado.

## **Agradecimientos:**

### **A Dios:**

Por cada día de vida prestado para lograr este objetivo, por bendecirme con los padres y las personas que me rodearon, porque sin el poder de Dios no hubiera logrado este gran paso y por el milagro de mantener en mí la fuerza y la capacidad para no rendirme ante nada.

A mi “**ALMA TERRA MATER**” por la oportunidad de formarme en sus aulas y por brindarme la oportunidad de ser como todo un profesional, adquiriendo de ellas grandes conocimientos, que serán la base en mi vida profesional gracias.

**Al Dr. Ramón F. 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. Y además por su amistad y consejos. Le doy los más sinceros agradecimientos.

**Al M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez**, por su paciencia, comprensión en asesoría, por su participación en la revisión, y como coasesor de este trabajo de investigación.

**M.C. Antonio Valdés Oyervides** por su valiosa colaboración, asesoramiento y orientación en la realización de este trabajo.

**Al Ing. José Amando Rodríguez G.** por la revisión de este trabajo

**T.L.Q. Carlos Arévalo San Miguel** por su gran amistad, paciencia apoyo y colaboración para llevar a cabo este trabajo de investigación.

**A todos mis maestros** que en forma desinteresada me transmitieron sus conocimientos para mi formación profesional.

## MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA

EL SUCRITO Oscar Acalco Hernández, estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, con matrícula 293557 y autor de esta presente tesis, manifiesto que:

1.- Reconozco que el plagio académico constituye un delito que esta 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 redactado 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, esta circunscrito a la orientación y guía respecto a la metodología de la investigación realizada por la siguiente Tesis, así como del 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



---

Oscar Acalco Hernández

Tesista de Licenciatura/UAAAN

## Resumen

Se evaluaron tres dietas. El testigo T1, contenía 100:0% heno de avena (HA);concentrado (C); T2, 80:20 % HA:C; T3, 70:30 % HA:C Para formar tres tratamientos y someterlos a una prueba de digestibilidad y degradabilidad *In Vitro* de materia seca (D/VMS). Se estudio la digestibilidad de materia seca en diferentes tiempos de incubación 0, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 horas de incubación (HI). Se utilizó un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones. Los coeficientes de D/VMS para Los tiempos 0,36, 48, 60 y 72 HI, respectivamente tuvieron diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.01$ ). De acuerdo a los resultados en D/VMS, se concluye que en tratamiento uno (T1=100:00) es el que mejor degradabilidad y digestibilidad presenta. Y que en los tres tratamientos a partir de las 36 HI en adelante, se estandariza la degradabilidad.

**Palabras clave:** concentrado, avena, digestibilidad, materia seca, forraje.

## Abstract

Three diets. The witness T1, contained 100:0% oat hay (HA), concentrate (C), T2, 80:20% HA: C, T3, 70:30% HA: C to form three treatments and testing them for digestibility and degradability in vitro dry matter (DIVMS). Was studied in dry matter digestibility different incubation times 0, 12, 24, 36, 48, 60 and 72 hours of incubation (HI). We used a completely randomized design with equal number of repetitions. The coefficients of DIVMS for 0.36 times, 48, 60 and 72 HI, respectively, had statistically significant difference ( $P \leq .01$ ). According to the results in DIVMS, it is concluded that treatment one (T1 = 100:00) is best presented degradability and digestibility. And in the three treatments from the 36 HI hereinafter degradability is standardized.

Keywords: concentrate, oats, digestibility, dry matter, forage.

## Índice de contenido

Contenido	Página
Dedicatorias	II-III
Agradecimientos	IV
Manifiesto de honestidad académica	V
Resumen	VI
Índice de contenido	VII
Índice de cuadros	VIII
Índice de graficas	IX
Introducción	1
Objetivo general	2
Justificación	2
Hipótesis	2
Revisión de literatura	3
Digestibilidad <i>In vitro</i> de materia seca (D/VMS)	3
Digestibilidad de los alimento	4
Digestibilidad de los forrajes	5
Técnica <i>In vitro</i>	6
Tasa de degradabilidad ruminal	7
Materiales y métodos	9
Ubicación de la investigación	9
Contenido nutricional del heno de avena y concentrado	9
Análisis de muestras	9
Obtención y manejo del inocular	10
Análisis estadístico	11
Resultados y Discusión	12
Digestibilidad <i>In vitro</i> de la materia seca (D/VMS)	12
Degradabilidad <i>In vitro</i> de la materia seca	13
Conclusiones	17
Literatura citada	18
Anexos	22

## Índice de cuadros

CUADRO		Pagina
1	Evaluación de los cambios de calidad de un verdeo de avena en los diferentes estados fenológicos	5
2	Ingredientes en concentrado CORRAL OVINO-15	9
3	Digestibilidad <i>In vitro</i> de la materia seca	15
4	Digestibilidad ruminal in vitro de MS de heno se alfalfa y ballico a las 48 horas de incubación.	15
5	Análisis de varianza de digestibilidad in vitro de materia seca D/VMS para los tratamientos 1, 2 y 3 en el tiempo 0	22
6	Análisis de varianza de digestibilidad in vitro de materia seca D/VMS para los tratamientos 1, 2 y 3 en el tiempo 12	22
7	Análisis de varianza de digestibilidad in vitro de materia seca D/VMS para los tratamientos 1, 2 y 3 en el tiempo 24	22
8	Análisis de varianza de digestibilidad in vitro de materia seca D/VMS para los tratamientos 1, 2 y 3 en el tiempo 36	23
9	Análisis de varianza de digestibilidad in vitro de materia seca D/VMS para los tratamientos 1, 2 y 3 en el tiempo 48	23
10	Análisis de varianza de digestibilidad in vitro de materia seca D/VMS para los tratamientos 1, 2 y 3 en el tiempo 60	23
11	Análisis de varianza de digestibilidad in vitro de materia seca D/VMS para los tratamientos 1, 2 y 3 en el tiempo 72	23

## Índice de graficas

Gráfica		pagina
1	Digestibilidad <i>In Vitro</i> de materia seca (D/VMS) T1 = concentrado (100:0) a 0, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 h de incubación.	16
2	Digestibilidad <i>In Vitro</i> de materia seca (D/VMS) T2 = concentrado:avena (80:20) a 0, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 h de incubación	16
3	Digestibilidad <i>In Vitro</i> de materia seca (D/VMS) T3 = concentrado:avena 70:30 a 0, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 h de incubación	17

## I.- Introducción

La suplementación en ovinos debe ser realizada con diferentes objetivos estratégicos. Una suplementación estratégica se asocia fundamentalmente en momentos críticos como para el desarrollo de la cría al final de gestación y primera etapa de lactancia. O cuando por condiciones climáticas la cantidad y calidad del pasto son insuficientes, para recría invernal.

El tipo y cantidad de suplemento a utilizar depende del objetivo productivo concreto y de la pastura de base, tanto en calidad como cantidad. De tal forma que busca un punto óptimo para la combinación de un suplemento como un concentrado y un forraje, para obtener mejores ganancias de peso reduciendo los costos. Ya que uno de los factores de mayor costo en los sistemas de producción es principalmente la alimentación. De esta alimentación-producción dependen otros factores como la reproducción, la sanidad, el desarrollo, entre otros. Por lo que es necesario conocer los factores que pueden mejorar la productividad y reducir pérdidas.

Las especies forrajeras pueden tener cambios sensibles y graduales en su composición química así como en la digestibilidad y valor nutritivo. Por lo tanto, el proceso de lignificación de la fibra; por ejemplo, se acentúa con la madurez de la planta Lascano, (1979) y el déficit hídrico lo favorece. La técnica *In situ* nos permite evaluar la degradabilidad de especies de forrajes y alimentos concentrados (Orskov *et al.* 1980).

Los modelos predictivos que estiman la disponibilidad de nutrientes presente en los alimentos para la producción pecuaria, cada día son más requeridos a involucrarnos mediante diferentes procedimientos. Estos métodos nos han demostrado la necesidad de contar con características precisas de la cinética degradable de las diferentes fracciones del alimento como parte indispensable del proceso de evaluación del aporte nutricional de los alimentos (AFRC, 1993). Así como la digestibilidad de materia seca (Tilley y Terry, 1969). Nos

permite evaluar y estimar coeficientes de digestibilidad de materia seca.

### **Objetivo general**

Determinar digestibilidad y degradabilidad *In vitro* de materia seca (D/VMS) de heno de avena y concentrado ambos a diferentes tiempos de incubación.

### **Justificación**

Identificar la digestibilidad y degradabilidad de materia seca de heno de avena y concentrado para ofrecer alternativas al productor.

### **Hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** La digestibilidad y degradabilidad *In Vitro* de materia seca (D/VMS) de heno avena y heno de avena más concentrado no son afectados.

**H<sub>a</sub>:** La digestibilidad y degradabilidad *In Vitro* de materia seca (D/VMS) de heno de avena y heno de avena más concentrado son afectados.

## II.- Revisión de literatura

### Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS)

La digestibilidad “*in vitro*” de la materia seca (DIVMS), se diferencia del porque los valores se mantienen altos, aún, con *grano lechoso* (DIVMS: 68,22 %). Es más, hasta el estado de grano pastoso (64,25 %) se puede considerar que el nivel de digestibilidad es adecuado para obtener altos índices de producción, especialmente de carne. Recaen con *grano duro* y más marcado con la *planta seca* y en el *rastrojo*, los valores descienden significativamente a niveles muy bajos (58,25, 58,01 y 45,24 %, respectivamente). Fernández *et al.* (2008) Mientras que resultados obtenidos por diversos autores para ensilajes de alfalfa y soya (Romero, 2004), maíz (Peña *et al.* 2002) y una asociación canavalia-maíz (Jiménez *et al.* 2005), cuyos promedios en orden respectivo, fueron de 59,5%, 60%, 72,4% y 63,2%. En cambio, al compararlos con los resultados informados por Contreras-Govea *et al.* (2008) los cuales presentan mayor coeficiente de digestibilidad, al evaluar los ensilajes de maíz en asocio con *M. pruriens* (79,4%), *L. purpureum* (79,6%) y *P. coccineus* (82,3%).

Rodríguez, (2003) La proporción de MS degradable es de (29,3%) en el fruto de cuajilote (*Parmentiera edulis* DC) maduro fue casi el doble que la encontrada en los frutos verdes (15,7), aunque está por debajo de lo reportado en forrajeras tropicales colectadas en la misma región, como el insurgente (*Brachiaria sp*) con 33,6% (Reyes, 2003) ó el pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) con 40,5%. En relación a las hojas de árboles multipropósito, la cantidad de MS que puede degradarse de este fruto es considerablemente inferior, en comparación con plantas como la *Leucaena leucocephala* que mostró un 65% de MS degradable (García-Castillo, 1997).

La MS no degradable corresponde a la cantidad de materia seca que no se degrada aunque transcurra más 72 horas en el rumen. Se encontraron diferencias ( $P < 0,05$ ) entre estados de madurez, pero las altas proporciones de este tipo de MS indican baja calidad ya que afecta la digestibilidad ruminal de la MS (García-Castillo, 1995).

La velocidad y el tiempo de inicio de la degradación de la materia seca degradable contenida en los estados de madurez del fruto; el valor de tiempo cero indica que la MS degradable del fruto maduro se empieza a degradar inmediatamente al llegar al rumen y que el fruto chilillo y el fruto verde necesitan que transcurran una hora y media para que inicie la degradación por parte de los microorganismos ruminales. Este resultado podría indicar que las características de la composición química de los estados de madurez del cuajilote afectan la tasa de hidratación o el grado de las interacciones físico-químicas entre las bacterias ruminales y la estructura física del fruto (Sing *et al.*, 1989).

Por otra parte, la velocidad (%/h) a la que se degrada la MS degradable es diferente ( $P < 0.001$ ); los frutos chilillo y verde mostraron sólo diferencia numérica en la velocidad de degradación, pero tienen una velocidad de digestión más lenta que el fruto maduro. La tasa de digestión de la MS degradable de este fruto tropical es mucho más lenta que la de forrajes de alta calidad como el heno de alfalfa (20 %/h) o del 10 %/h en las hojas del guaje, *Leucaena leucocephala* (García-Castillo, 1997)

### **Digestibilidad de los alimentos**

Un alimento ingerido y que por lo tanto penetra en el tubo digestivo, no es retenido totalmente por el organismo. Parte del mismo que no ha sufrido la acción de los jugos digestivos o ataques microbianos no fue absorbido aparece en el excremento. En consecuencia, el rendimiento de las acciones digestivas se

caracteriza por el llamado coeficiente de digestibilidad (Besse, 1977).

McDonald, (1969) define la digestibilidad de un alimento con más exactitud como la proporción del alimento que no es excretado con las heces y que se supone, por lo tanto ha sido absorbido.

### Digestibilidad en los forrajes

Según Cáceres y García, (1982) la digestibilidad es un valor que disminuye conforme aumenta la edad del forraje. Acentuándose en época de lluvia mientras que en época seca el descenso es mínimo. Ellos observaron valores superiores al 70% en los estados avanzados. Valores diferentes reporta Villegas en (1990) obtuvo coeficientes de DIVMS de 65% en edad de 45 d. y 60% al alcanzar los 65 d. Pudiera ser el estado fenológico de las plantas.

Cuadro 1: Evaluación de los cambios de calidad de un verdeo de avena en los diferentes estados fenológicos

ESTADOS FENOLÓGICOS	MS%	PB %	DIVMS%	CNES %	ALMIDÓN%	FDN %	FDA %	LIGNINA%
PANOJA EMBUCHADA	24,24	<u>18,66</u>	<u>81,22</u>	<u>17,74</u>	<u>1,25</u>	<u>41,17</u>	17,53	1,72
PANOJA RECIEN EMERGIDA	25,4	<u>11,6</u>	<u>77,05</u>	<u>20,31</u>	<u>1,56</u>	<u>45,3</u>	19,4	2,06
ANTESIS (FLORACIÓN)	32,65	<u>8,84</u>	<u>78,18</u>	<u>24,64</u>	<u>2,52</u>	<u>48,1</u>	24,7	2,47
GRANO LECHOSO	34,21	8,56	68,22	17,56	<u>5,09</u>	51,6	25,9	2,91
GRANO PASTOSO	48,57	8,31	64,25	14,09	<u>8,60</u>	53,4	28,0	3,32
GRANO DURO	78,99	6,94	58,25	12,05	<u>11,80</u>	53,7	28,3	3,39
PLANTA SECA	95,68	5,4	58,01	<u>5,38</u>	<u>13,33</u>	58,56	30,48	3,60
TALLO SECO (RASTROJO)	100	2,94	45,24	<u>1,36</u>	<u>0,56</u>	80,93	47,45	<u>5,87</u>

Fernández *et al.* (2008)

MS = materia seca PB = proteína bruta DIVMS = digestibilidad "in vitro" de la materia seca CNES: azúcares solubles FDN: fibra detergente neutro FDA: fibra detergente ácido

### **Técnica in Vitro**

Esta técnica se basa en dos etapas. En la primera se realiza una fermentación microbial de la muestra en estudio en líquido ruminal utilizado como inóculo, la segunda etapa es comparativa a lo que sucede en el abomaso; en un medio ácido (Llamas y Tejada 1990).

Por otro lado, Van Soest, (1994) nos dice que la secuencia de todos los procedimientos *In Vitro* del rumen, es una fermentación anaerobia de un simple sustrato en un medio y un filtrado de líquido ruminal seguido de una medición final. El medio es usualmente una solución búfer simulando la saliva del rumiante. A diferencia del rumen, los sistemas *In Vitro* no tienen un abastecimiento continuo de saliva la cual puede abastecer nitrógeno. El tiempo de la fermentación es comúnmente 48 horas para la estimación de la digestibilidad, aunque otros periodos de tiempo que van de 3 a varios cientos de horas han sido usados para estimar la tasa de fermentación. La toma voluntaria es más relacionada a un valor de 6 horas y la digestibilidad es mejor asociada a un valor de 36 a 48 horas. Extensos periodos son requeridos para mayores magnitudes.

George, (2006) 25 % de las bacterias se encuentran en la fase líquida del rumen, el 70% adherida a las partículas en suspensión y un 5% adherida a los protozoos o a la pared ruminal. A los efectos de que la concentración bacteriana se mantenga es necesario que su tiempo de generación sea menor al "giro" de la ingesta. Dado que la tasa de pasaje de las partículas es menor al del líquido ruminal, las bacterias de menor crecimiento suelen adherirse a éstas. Cuando se hacen cambios de dieta es importante se tenga en

cuenta los tiempos de reproducción bacteriana. Los cambios de ración deben hacerse en forma paulatina. Aditivos como cultivos de *Saccharomyces cerevisiae* (levaduras) adicionados en estos períodos promueve el crecimiento de algunas cepas de bacterias y estabilizan el rumen. Mientras que Maynard *et al.* (1989), explicaron que la digestibilidad puede ser limitada por falta de tiempo para realizar la acción digestiva completa en sustancias que son de lenta digestión, o bien por falta de absorción completa; tal efecto aumenta por el rápido tránsito de alimentos a través del tracto digestivo. La tasa de digestión ruminal *In Vitro* apoya la conclusión de que el contenido de pared celular es el principal factor que restringe el consumo; la máxima correlación de digestibilidad *In Vitro* y consumo es a las 6 horas de digestión y a este tiempo de digestión, la mayor parte del contenido celular ha desaparecido y muy poca pared celular se ha fermentado.

### **Tasa de degradabilidad ruminal**

El concepto de degradabilidad propuesto por Wilkins, (1969) es definido como la degradación que sufrirá un alimento en el ecosistema ruminal. La degradabilidad de materia seca permite la descripción de la cantidad de nutrientes de manera eficaz que son degradados en el rumen de ganado así como el proceso de fermentación de los alimentos en el rumen (Susmel *et al.* 1990). El porcentaje efectivo degradabilidad de materia seca es dependiente entre otras cosas, en el curso de la degradación de las partículas de materia seca en la distribución del rumen y el tiempo de la materia seca que permanecen en el rumen. La materia seca se reducirá si hay una aumento de la velocidad de paso del partículas (McDonald, 1981).

La digestión ruminal es un proceso dinámico relacionado a la ingestión y deglución del alimento (ingesta) y la salida de líquido, bacterias y alimentos residuales no digeridos. La renovación del

contenido ruminal tiene una gran influencia en la eficiencia de utilización del alimento, existiendo una relación inversa entre el índice de pasaje y la degradación del alimento (George, 2006).

Uno de los factores que afectan la degradabilidad de los alimentos, es el pH del líquido ruminal tal como lo reportaron Orskov, (1982); Mertens y Ely, (1982) quienes encontraron que cuando el pH es menor de 6.2 se inhibe el crecimiento de las bacterias celulolíticas y hemicelulolíticas afectando por lo tanto la degradación de estos dos nutrientes.

Wattiaux *et al.* (1991) demostraron que cuando se incrementó el contenido de fibra detergente neutro en la dieta se aumentó la tasa de degradación en varios forrajes mientras que el tiempo de inicio de degradación se disminuyó.

La tasa de degradación de un alimento se refiere a la cantidad de sustrato que puede ser degradada por unidad de tiempo (Van Soest, 1994). La estimación de las tasas de degradación de una fracción dada requiere el describir matemáticamente la degradación o desaparición de dicha fracción en función del tiempo (Mertens y Ely, 1982), para lo cual se detiene el proceso de digestión *In Vitro* o *In situ* a intervalos previamente establecidos. Estos intervalos variaran en función del tipo de alimento y de la fracción cuya tasa de degradación se permite evaluar.

### III.- MATERIALES Y MÉTODOS

#### Ubicación de la investigación:

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Esta se localiza en las coordenadas 25° 21' latitud Norte y 101° 02' Latitud Oeste a una altura de 1,743 msnm, precipitación media anual de 298.5 mm y una temperatura media anual de 18.18° C. El clima está clasificado como seco o árido (García, 1987).

Cuadro 2.- Análisis químico del heno de avena y del concentrado ovino 15

Determinación %	Ovino 15	Heno de avena
Proteína cruda	15	13.5
Grasa cruda	1	5.1
Fibra cruda	9.5	13.5
Extracto libre de nitrógeno	54.5	45
Cenizas	8	7.7
Humedad	12	11

Macgregor, (2000)

#### Análisis de muestras

Antes de iniciar el experimento, se preparó las muestras para ser analizadas. Se utilizaron para formar 3 tratamientos conteniendo diferentes proporciones: T1, 100:0; T2, 80:20; T3, 70:30 heno de avena:concentrado. Muestras de los diferentes tratamientos T1, T2 y T3, fueron obtenidas para su posterior análisis. Las muestras fueron pesadas y secadas en una estufa a 60° C y molidas a través de una

mallita de 1 mm en un molino Wiley. Las muestras fueron analizadas para determinar materia seca (MS) a 105° C (AOAC, 1997). Obteniendo los análisis de proteína cruda (N X 6.25), extracto etéreo (EE) cenizas (C), fibra cruda (FC) y por diferencia se estimó extracto libre de nitrógeno (ELN) (AOAC, 1997). La digestibilidad y degradabilidad *In Vitro* de materia seca, se aplicó la primera fase de la técnica descrita por Tilley y Terry, (1963) modificadas (Goering y Van Soest, 1970).

### **Obtención y manejo del Inóculo**

El líquido ruminal se obtuvo de las instalaciones del rastro TIF. Este líquido ruminal fue transportado en un termo previamente acondicionado para mantener temperatura óptima (39° C). En el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Muestras conteniendo 0.5 g de cada tratamiento fueron incubadas en baño maría por 48 h conteniendo el inóculo y amortiguador McDougall (saliva artificial) a 39° C en los diferentes tiempos respectivos; 0, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 horas. Los tubos conteniendo las muestras se agitaron moderadamente al inicio y cada hora. Para determinar la digestibilidad de MS a diferentes tiempos se aplicó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Muestra MS (AI)} - \text{Muestra MS (DI)}}{\text{Muestra MS (AI)}} \times 100$$

$$D/VMS (\%) = \frac{\text{Muestra MS (AI)} - \text{Muestra MS (DI)}}{\text{Muestra MS (AI)}} \times 100$$

Dónde: AI = antes de incubar      DI = Después de incubar

## **Análisis estadístico**

Los resultados de la digestibilidad de materia seca (MS) obtenidos fueron evaluados de acuerdo a un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones.

Para realizar los procedimientos estadísticos se utilizó el Paquete de Diseños Experimentales FAUANL versión 2.5 además, para comparación de medias se aplicó DMS. Los tiempos de incubación se sometieron a análisis de regresión lineal simple, para así obtener la ecuación de tendencia a respuesta (Steel y Torrie, 1980).

## IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Digestibilidad In vitro de la materia seca (D/VMS)

Los valores de D/VMS encontrados en esta investigación para cada uno de los diferentes tratamientos de heno de avena:concentrado en sus diferentes proporciones (100:0, 80:20 y 70:30 %) para los tiempos 0, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 horas de incubación (HI); se encuentran en el rango 35.75 y 86.45 % (Cuadro 3).

En base al análisis estadístico de los resultados encontrados en la D/VMS; los tiempos 0, 36, 48, 60 y 72 HI tuvieron diferencia significativa ( $P < 0.01$ ). Con respecto al T0 ó 0 HI; el T1 (sólo forraje) la fracción rápidamente soluble o la D/VMS, fue muy superior al compararlos con T2 y T3. Estos tratamientos fueron menores y diferentes al T1, pero similares entre sí. En esta investigación, la degradación ruminal de MS de la fracción soluble fue mejor en el T1 (100:0). Sin embargo, el T3 con mayor contenido de concentrado en la mezcla (70:30) presentó mayor digestión de la fracción soluble que el T2 (80:20). La D/VMS de T1, T2 y T3 al tiempo 12 y 24 HI, no fue diferente estadísticamente ( $P = 0.569$  y  $P = 0.08$ ) respectivamente. (Cuadro 3)

La D/VMS de los tratamientos 1, 2 y 3 sometidos a 36, 48, 60 y 72 HI fueron diferentes estadísticamente ( $P < 0.01$ ). La comparación de medias indica que el T1 fue igual al T2 y estos son diferentes y con mayor coeficiente de D/VMS al T3 a los tiempos de 36, 60 y 72 HI. A las 48 HI el T1 fue superior y diferente al T2 y T3; y éstos son iguales entre sí. Situación no explicable desde el punto biológico. Es

de suponer que la dieta (T1) conteniendo solo forraje debería presentar menor coeficiente de digestibilidad. (Cuadro 3)

Fuentes *et al.* (2002) reportan menor coeficiente de digestibilidad al incrementar el tamaño de partícula de rastrojo de maíz tratado con NH<sub>3</sub>. Por otro lado, Pino-Rodríguez *et al.* (2002) determinaron digestibilidad de dos forrajes 1) heno de alfalfa y 2) ballico. La digestibilidad de la alfalfa fue mejor que la del ballico. Para determinar digestibilidad de MS de dietas alta en concentrado conteniendo niveles crecientes de jabones de calcio de sebo de res (JCS). La inclusión de JCS en dietas altas en concentrado influyó en la fermentación del rumen solo durante las primeras horas de fermentación (Salinas *et al.* 2012). Sin embargo, la composición de la dieta influye sobre la digestibilidad *In Situ* de MS. Por lo tanto, raciones altas en grano (80 a 95% del concentrado) puede causar problemas digestivos relacionados con la acidosis ruminal (Briton y Stock, 1987). El forraje es fuente de fibra. Por esta razón, debe incluirse suficiente fibra gruesa en la ración (Van Soest, 1994) para estimular la rumia y la adecuada salivación. Dietas conteniendo pulido de arroz, otra conteniendo 5 % forraje y dieta 3 conteniendo 8 % de forraje. Esta última presenta un mejor balance de digestibilidad *In Situ* de MS con menor riesgo de acidosis ruminal (Salinas *et al.* 2011).

### **Degradabilidad *In vitro* de materia seca (DIVMS)**

La degradabilidad *In Vitro* de T1, T2 y T3; fue mayor conforme incrementaron los tiempos de incubación 0, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 HI respectivamente. Se procedió a realizar regresión lineal para la obtención de las ecuaciones de tendencia a respuesta, así como las gráficas ilustrativas.

El T1 presenta coeficiente de D/VMS de 47.02 a 86.45 %. El T2, tiene sus coeficientes a partir de 35.75 hasta 73.11 % y en el T3, se obtienen valores de 37.96 a 82.76 % para el menor tiempo (0 HI) y mayor tiempo (72 HI) respectivamente. Los demás valores para 12, 24, 36, 48, 60 y 72 HI, presentan tendencia lineal al incrementar los coeficientes de degradabilidad conforme incrementa el tiempo de incubación. Cabe mencionar que a partir de las 48 hasta las 72 HI, los valores de degradabilidad en los tres tratamientos se estabilizaron. De acuerdo con otros investigadores. El tiempo de incubación es comúnmente 48 h; sin embargo, la digestibilidad es mejor asociada a un tiempo de 36 a 48 h. (Van Soest, 1994; Llamas y Tejada, 1990). Comportamiento observado en este trabajo (Cuadro 5; Gráficas 1, 2, y 3). A continuación se puede observar las ecuaciones de tendencia obtenidas:

$$T_1 = 51.397 + 0.6000x; \quad R^2 = .80$$

$$T_2 = 40.033 + 0.5533x; \quad R^2 = .85$$

$$T_3 = 44.426 + 0.6373x; \quad R^2 = .86$$

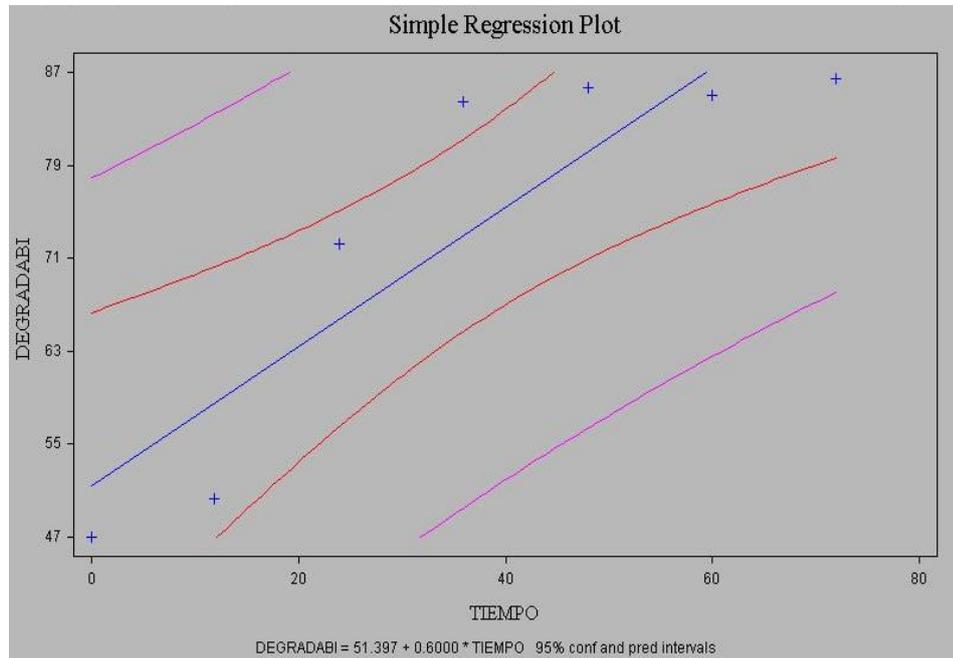
**CUADRO 3.- Digestibilidad *In vitro* de la materia seca (D/MS) de dietas a base de heno de avena:concentrado para ovinos**

Horas de incubación	Tratamientos				
	T1	T2	T3	CV%	P>F
0	47.021576	35.750362	37.962296	3.59	0.001
12	50.157169	46.180462	50.856922	9.00	0.569
24	72.184914	53.688282	60.080616	13.20	0.080
36	84.402054	70.533081	79.976982	2.93	0.001
48	85.728569	73.557297	78.384857	2.37	0.001
60	85.045746	73.181816	81.569000	2.49	0.001
72	86.453056	73.107780	82.759094	1.95	0.000

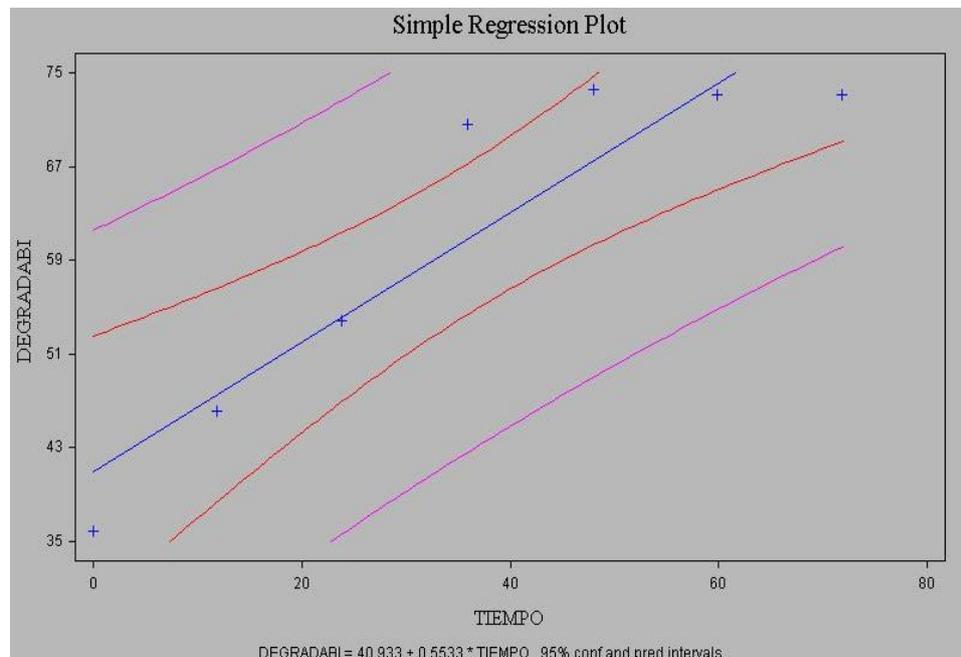
Cuadro 4.- digestibilidad ruminal in vitro de MS de heno se alfalfa y ballico a las 48 horas de incubación.

Incubación	Forraje	Repetición	% Digestibilidad
1	1	1	57,47
1	1	2	59,76
1	1	3	58,17
1	2	1	30,81
1	2	2	35,10
1	2	3	29,18
2	1	1	62,77
2	1	2	61,67
2	1	3	60,71
2	2	1	28,18
2	2	2	33,00
2	2	3	27,81

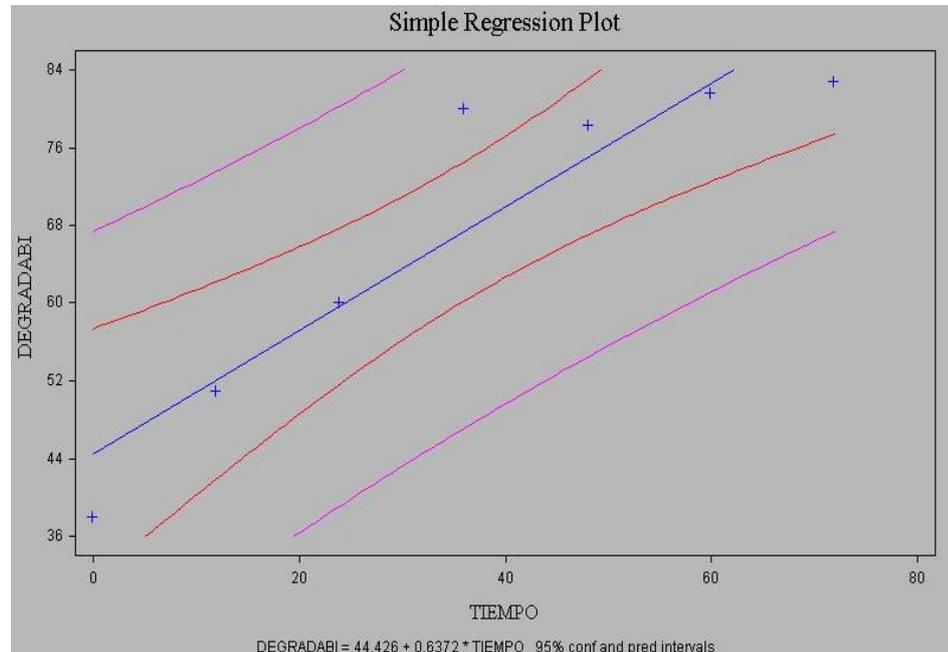
Gráfica 1.- Degradabilidad *In Vitro* de materia seca (D/VMS) T1 = avena sativa (100:0) a 0, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 Hl.



Gráfica 2.- Degradabilidad *In Vitro* de materia seca (D/VMS) T2 = avena:concentrado (80:20) a 0, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 Hl.



Gráfica 3.- Degradabilidad *In Vitro* de materia seca (D/VMS) T3 = avena:concentrado 70:30 a 0, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 HI.



## V.- Conclusiones y Recomendaciones

De acuerdo a los resultados de D/VMS para los T1, T2 y T3 a diferentes tiempos de incubación, se concluye que el T1 a 0 HI presenta mayor fracción soluble o D/VMS que T2 y T3. A pesar de ser solo forraje denota una digestibilidad y degradabilidad rápida. Quizás la etapa fenológica de la planta influyó para obtener esta mayor y rápida solubilidad del forraje.

La degradabilidad por tiempos de incubación incrementó con el tiempo de incubación. La degradabilidad tuvo similar comportamiento a partir de las 36 HI. Presentando valores muy similares entre los tiempos 48, 60 y 72 HI. Se puede considerar que todos los tratamientos tuvieron mayor degradabilidad de 0 a 36 HI.

Se recomienda realizar pruebas biológicas y de comportamiento.

## Literatura Citada

- AFRC. (Agricultural and Food Research Council).1993. Energy and protein requirements of ruminants. Technical committee on responses to nutrients. Wallingford: CAB Internacional, 159 p.
- AOAC. 1997. Official methods of analysis (16 th Ed.). Association of Official Annalitycal Chemists, Arlinton, VA., USA. Pp. 88
- Besse, J. 1977. Alimentación del ganado 2a. Ed. Edit. Mundi prensa. Madrid, España. pp. 42-43.
- Britton, R. A., and R. A. Stock. 1987. Acidosis, rate of starch digestion and intake. Okla. Agric. Exp. Stn. MP-121. pp 125-137.
- Cáceres, O.; García, T. 1982. Valor nutritivo de forrajes tropicales. 2. sorgo bicolor. Pastos y forrajes. Matanza, Cuba. 5(1): 95-105.
- Contreras-Govea, F., R. Muck; K. Armstrong; K. Albrecht. 2008. Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. Animal Feed Science and Technology. doi:10.1016/j.anifeedsci.2008.07.001. 85-96Pp.
- Fernández et al. (2008) Daniel Larrea, Andrea Bolleta (Técnicos), Mónica Tulesi (Técnico de Laboratorio de forraje) y Sebastián Lagrange (Becario), INTA Bordenave, Argentina. <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/articulos/calidad-nutricional-de-diferentes-estados-de-madurez-de-la-avena-t1885/p0.htm>
- Fuentes, R.J.M., C. Magaña, L. Suárez, R. Peña, S. Rodríguez, B. Ortiz. 2002 Análisis químico y digestibilidad "in vitro" de rastrojo de maíz (Zea mays l.) Agronomía Mesoamericana. 12(2):189-192. En Línea: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43712209>
- García, E. 1987. Datos meteorológicos de las estaciones empleadas en el presente trabajo actualizadas a 1980. Segunda parte 4ta. Ed. Instituto de Geografía. Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Köppen. UNAM. México. Pp.87-88.

- García-Castillo, C.G. 1995. Composición química, perfil mineral, concentración de ácidos grasos volátiles y degradabilidad ruminal de la materia seca y de la proteína cruda del forraje de 9 zacates del estado de Nuevo León, colectados durante el invierno. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL. Monterrey, N.L. México. Pp. 45
- García-Castillo, C.G. 1997. Características ruminales, balance de nitrógeno y digestibilidad *in vivo* de borregos suplementados con hojas de arbustos nativos del noreste de México. Reporte de Investigación. 2ª Residencia Anual de la Investigación Científica. Academia de la Investigación Científica, A.C. y CONACYT. Monterrey, N.L. México. Pp. 50
- George. M.K 2006. Congreso de Forrajes. Producción Animal XXI, Bs. As., 15(180):52-57. Diamond V. Mills, Cedar Rapids, Iowa, USA. En línea [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- Goering, H.K.; P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analyses. USDA. Handl. No. 379. U. S. Government Printing Office. Washington, D. C.
- Jiménez, P.; H. Cortés; S. Ortiz. 2005. Rendimiento forrajero y calidad del ensilaje de canavalia en monocultivo y asociada con maíz. Acta Agronómica 54(2). Universidad Nacional de Colombia ISSN: 0120-2812 Colombia. [http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/110/240](http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/110/240).
- Lascano, C. 1979. Determinants of grazed forage voluntary intake in cattle. Thesis Ph.D. Texas, EE.UU. Texas College Station, Texas A & M University. P. 215.
- Llamas L.G.; I. Tejada H. 1990. Técnicas de laboratorio para el análisis de forrajes en rumiantes. En: castellanos R.A., G.L. Llamas, A.S. Shimada. Manual de técnicas de investigación en Rumiología. Sistemas de educación continua en producción animal. A.C México. 45pp.
- Macgregor (2000) W.D. Hoard's DairyMan third edition ISBN 0-932147-34-8 Printed in the United States of America 95 pp.

- Maynard, L.; J. Loosli; H. Hintz; R. Warner. 1989. Procesos digestivos en diferentes especies animales. Capítulo 3. Nutrición Animal. Mc Graw-Hill. 4ta ED. México. 34 pp.
- McDonald, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. J. Agric. Sci. (Camb.), 96: 251-252.
- Mc-Donald, R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh. 1969. Nutrición Animal. Edit. Acriba. Zaragoza España. P.136-147.
- Mertens, D.R.; L.O. Ely. 1982. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization. A dynamic model evaluation. J. Anim. Sci. 54:895. 75pp.
- Orskov, E.R. 1982. Protein nutrition in ruminants. Academic Press London. P.160.
- Orskov, E.R.; F.D. DeBHovell; F. Mould. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de Nylon para la evaluación de los alimentos. Prod. Anim. Trop. 5: 213-233.
- Peña, R. A; G. Núñez y F. González. 2002. Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. Estudios realizados en C.E. Pabellón Aguascalientes y Torreón Coahuila. <http://www.tecnicapecuaria.org/trabajos/200212173143.pdf>
- Pino-Rodríguez, J.M., S.S. González-Muñoz, G.D. Mendoza-Martínez, A. Martínez-Garza. 2002. Título ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS DE DIGESTIBILIDAD IN VITRO CON FORRAJES. Agronomía Mesoamericana. Vol. (2) Pp. 143-146
- Reyes, M.R. 2003. Degradación ruminal de la materia seca del zacate Insurgente (*Brachiaria brizantha*) colectado en época de lluvias en una región cálido húmeda. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetán, Chiapas, México. 65pp.
- Rodríguez, T.J.A. 2003. Proporción de materia seca degradable y velocidad de degradación en rumen del zacate Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetán, Chiapas, México. 80 pp.
- Romero, L. 2004. Ensilaje de leguminosas con énfasis en alfalfa y soja. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Argentina. In: Producción y manejo de forrajes conservados: Silo. En línea: Sitio argentino de producción animal. 90pp.

- Salinas-Chavira, J., P. Linares-Caballero, J.D. Hernández-Bustamante, M.A. Domínguez, J. Castañeda-Licón, O.D. Montañez-Valdéz and R.F. García-Castillo. 2012. Ruminant dry matter degradability in high concentrate diets with increasing levels of calcium soaps of tallow. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 15:1-5
- Salinas-Chavira, J.C. Gutiérrez-González, R. García-Castillo, R. López-Trujillo, A. Duarte-Ortuño. 2011. Digestibilidad *In situ* de la materia seca de tres dietas para ovinos de engorda. *Agronomía Mesoamericana*. 22(2)379-385.
- Singh B.H.; P.S. Makkar; S.S. Negi. 1989. Rate and extend of digestion and potentially digestible dry matter and cell wall of various trees leaves. *J. Dairy Sci.*, 72: 3233-3239.
- Steel, R.G.D.; J.D. Torrie. 1980. Bioestadística. Principios y procedimientos. Editor Graf America México 622 p.
- Susmel, P.; B. Stefanon, C.R. Mills and M. Spanghero. 1990. Rumen degradability of organic matter, nitrogen and fiber fractions in forages. *Anim. Prod.*, 51: 515-536.
- Tilley, J. M. A.; R. A, Terry. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.* 18: 104pp.
- Van Soest P. J. 1994. Forage evaluation techniques (Cap. 8). In: Nutritional ecology of the ruminant. 2<sup>nd</sup> Edition. A Division of Comstock Publishing Associates. Cornell University Press. Ithaca and London. 108-121, 373 Pp.
- Villegas. B.O. 1990. Producción y valor nutritivo de sorgos forrajeros sus ensilados a diferentes edades de cosecha. Tesis Ing. Agr. Sede universitaria de Guanacaste. Universidad de Costa Rica. Guanacaste, Costa Rica. 90p. (*Sorghum sp*). *Agronomía Mesoamericana* Vol. 16(2):215-223.
- Wattiaux, M. 1991. D. Mertens, L, Sattter. Effect of source and amount of fiber on kinetics of digestion and specific gravity 74: 3872-3883..
- Wilkins, R. J. 1969. The potential digestibility of cellulose in forage and feces. *J. of Agricultural Science. Cambridge*. 57:73., U.S.A.

## Anexo

Cuadro 5.- Análisis de varianza de digestibilidad in vitro de materia seca D/VMS para los tratamientos 1, 2 y 3 en el tiempo 0

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	208.143555	104.071777	49.1330	0.001
ERROR	5	10.590820	2.118164		
TOTAL	7	218.734375			

C.V. = 3.59 %

Cuadro 6.- Análisis de varianza de digestibilidad in vitro de materia seca D/VMS para los tratamientos 1, 2 y 3 en el tiempo 12

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	38.171875	19.085938	0.9792	0.569
ERROR	6	116.953125	19.492188		
TOTAL	8	155.125000			

C.V. = 9.0 %

Cuadro 7.- Análisis de varianza de digestibilidad in vitro de materia seca D/VMS para los tratamientos 1, 2 y 3 en el tiempo 24

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	529.507813	264.753906	3.9559	0.080
ERROR	6	401.558594	66.926430		
TOTAL	8	931.066406			

C.V. = 13.2 %

Cuadro 8.- Análisis de varianza de digestibilidad in vitro de materia seca D/VMS para los tratamientos 1, 2 y 3 en el tiempo 36

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	301.113281	150.556641	28.6703	0.001
ERROR	6	31.507813	5.251302		
TOTAL	8	332.621094			

C.V. = 2.93 %

Cuadro 9.- Análisis de varianza de digestibilidad in vitro de materia seca D/VMS para los tratamientos 1, 2 y 3 en el tiempo 48

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	225.371094	112.685547	32.0291	0.001
ERROR	6	21.109375	3.518229		
TOTAL	8	246.480469			

C.V. = 3.37 %

Cuadro 10.- Análisis de varianza de digestibilidad in vitro de materia seca D/VMS para los tratamientos 1, 2 y 3 en el tiempo 60

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	223.179688	111.589844	28.2236	0.001
ERROR	6	23.722656	3.953776		
TOTAL	8	246.902344			

C.V. = 2.49 %

Cuadro 11.- Análisis de varianza de digestibilidad in vitro de materia seca D/VMS para los tratamientos 1, 2 y 3 en el tiempo 72

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	284.890625	142.445313	57.4268	0.000
ERROR	6	14.882813	2.480469		
TOTAL	8	299.773438			

C.V. = 1.95 %