

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



“Degradabilidad de la proteína cruda de una dieta (RTM) que incluía  
pollinaza líquida”

Por:

**CRISTIAN DAMIAN ORTEGA FUENTES**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México  
Octubre 2019

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

“Degradabilidad de la proteína cruda de una dieta (RTM) que incluía pollinaza líquida”

Por:

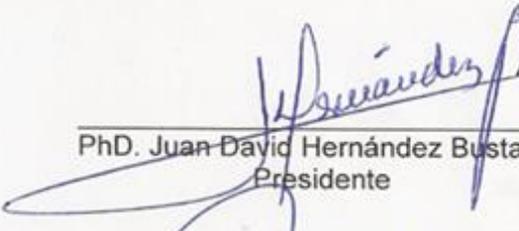
**CRISTIAN DAMIAN ORTEGA FUENTES**

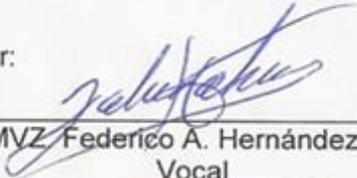
TESIS

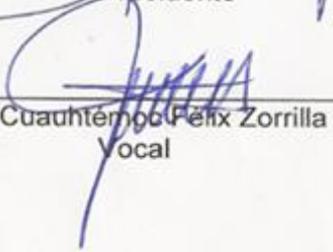
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

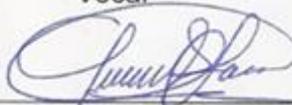
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobado por:

  
PhD. Juan David Hernández Bustamante  
Presidente

  
MVZ Federico A. Hernández Torres  
Vocal

  
MVZ. Cuauhtémoc Félix Zorrilla  
Vocal

  
Dra. María Guadalupe Sánchez Loera  
Vocal Suplente

  
MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México  
Octubre 2019

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

“Degradabilidad de la proteína cruda de una dieta (RTM) que incluía pollinaza líquida”

Por:

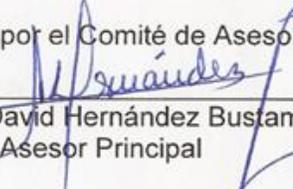
**CRISTIAN DAMIAN ORTEGA FUENTES**

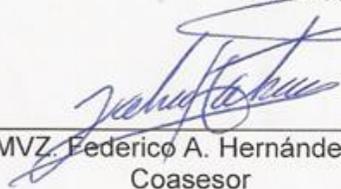
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
PhD. Juan David Hernández Bustamante  
Asesor Principal

  
MVZ. Federico A. Hernández Torres  
Coasesor

  
MC. Jaime I. Romero Paredes Rubio  
Coasesor

  
MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México  
Octubre 2019



## **AGRADECIMIENTOS**

**Primeramente**, agradezco infinitamente a DIOS por estar siempre presente en mi camino y hacerme entender que con el todo lo puedo.

**A mis padres**, María Obdulia Fuentes Reyes y José Ortega Reza. Agradecerles por los sacrificios hechos durante los 5 años para poder brindarme una carrera profesional. Los amo y aprecio mucho, jamás terminaría de agradecer todo lo que han hecho por mí.

**A mi alma mater**, por aceptarme y ser parte de ella, brindarme una formación como profesional y por ser mi segundo hogar a lo largo de 5 años.

**A mis profesores**, que han brindado todos sus conocimientos para llegar a ser un buen profesionista, en especial al Dr. Juan David Hernández Bustamante, al Ing. José Jaime Lozano García, por el gran apoyo que me brindo durante toda mi carrera y también al MVZ. Federico Antonio Hernández Torres.

**A mis amigos**, Jesús A. Rodríguez Sosa Y Néstor Iván Rivera Gonzales, por estar durante toda la carrera en los buenos y malos momentos.

## DEDICATORIA

**A mis padres**, María Obdulia Fuentes Reyes y José Ortega Reza, que han sido mis fuerzas, esperanza y fuente de inspiración para lograr mi meta, pues me han brindado el estímulo suficiente y necesario para superar todos los obstáculos, por su gran apoyo y ser un gran ejemplo de fortaleza, por inculcarme los valores del trabajo, humildad, sencillez, estudio y sobre todo enseñarme a amar y apasionar lo que hago.

**A mi familia**, Que siempre estuvieron presentes apoyándome de una u otra manera.

**A mis hermanos**, Cristal Johana, Fausto Olaf, José Octavio Ortega Fuentes, por brindarme el apoyo necesario durante toda mi carrera profesional.

**A mis abuelos**, José Héctor, Juana Reyes, Juventino Ortega y Aurora Reza Rivas, por apoyarme en toda circunstancia que se me presentó durante estos 5 años de formación profesional.

**A mis tíos**, Maximino, Daniel, Esteban, Martín, José Fuentes Reyes y Mayra Ortega, que siempre fueron brindándome su confianza y su apoyo.

## RESUMEN

Con la finalidad de observar la digestibilidad *in situ* de la proteína de un subproducto avícola usado como complemento en las dietas para ganado bovino, se realizó el presente trabajo en el área de bovinos de la UAAAN-UL y en el Laboratorio de Nutrición Animal, para ello se utilizó un bovino de aproximadamente 500 kg, de la raza Holstein-Friesian fistulado ruminalmente y consumiendo una dieta única de alfalfa y se le ofreció agua *ad libitum*. Para medir la Degradabilidad se utilizó la técnica de Orskov (bolsa de dacron), se introdujo una dieta totalmente mezclada y se añadió en varias proporciones el suplemento líquido, a saber: 10, 20 y 30%, además se introdujo una muestra testigo y se introdujeron 3 repeticiones por cada hora. Las horas de incubación fueron 0,4,8,12, 24 y 48. Los resultados fueron alta degradabilidad desde la hora 0 en el T<sub>3</sub> con un 63.19%, hasta alcanzar, a la hora 48 una digestibilidad de 79.28%. Por lo tanto, este producto no se recomienda su uso como alimento, debido a la alta humedad que contiene lo que hace muy acuosa la mezcla y no es apetecible por el animal.

**Palabras claves:** Método Orskov, Degradabilidad, Pollinaza, Fistula, Rumiante,

*Ad libitum.*

## INDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN.....	iii
INDICE GENERAL.....	iv
INDICE DE CUADROS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Definición de pollinaza.....	4
2.2. Definición de gallinaza.....	5
2.3. Uso de la pollinaza en temporada de sequía.....	6
2.4. Pollinaza como fuente de minerales.....	6
2.4.1. Función de los minerales.....	7
2.5. Toxicidad de la pollinaza.....	9
2.6. Técnicas de digestibilidad.....	10
2.6.1. Técnica de digestibilidad <i>in situ</i> .....	10
2.6.2. Técnica de digestibilidad <i>in vitro</i> .....	10
2.6.3. Técnica de producción de gas.....	11
2.7. Degradación ruminal de la proteína.....	11
2.8. Anatomía y fisiología del aparato digestivo del rumiante.....	12
2.8.1. Boca.....	12
2.8.2. Esófago.....	13
2.8.3. Desarrollo del rumen y retículo.....	13
2.8.4. Librillo u omaso y cuajar u abomaso.....	14
2.8.5. Rumen y retículo.....	14

2.8.6. El pH del rumen.....	16
2.8.7. Microbiota del rumen.....	16
2.8.8. Rumia.....	17
2.9. Fermentación ruminal.....	18
2.9.1. Gases del rumen.....	19
2.9.2. Absorción.....	19
2.9.3. Contenido ruminal.....	19
2.9.4. Contracciones ruminales.....	21
III. MATERIALES Y METODOS.....	22
3.1. Cirugía de fistula ruminal.....	22
3.1.1. Procedimiento.....	22
3.2. Alimentación del bovino.....	24
3.3. Dieta (RTM) básica.....	24
3.4. Pollinaza líquida “polliquin” .....	25
3.5. Preparación de las muestras.....	26
3.6. Materiales.....	28
IV. RESULTADOS.....	33
4.1. Resultados de la investigación con pollinaza “polliquin” .....	33
V. DISCUSIÓN.....	39
VI. CONCLUSIÓN.....	40
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Aporte nutricional y composición química de la pollinaza y gallinaza.....	5
Cuadro 2. Contenido de minerales en la pollinaza.....	7
Cuadro 3. Función de macro y micro minerales.....	8
Cuadro 4. Resultados porcentuales de digestibilidad <i>in situ</i> de la proteína cruda de la dieta (RTM) que incluía polliiquid.....	34

## INDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Pliegues o pilares divididos en 5 sacos.....	15
Figura 2. El estómago del rumiante está compuesto por 4 compartimentos.....	16
Figura 3. Capas de alimentos dentro del rumen.....	20
Figura 4. Cirugía para la fistula ruminal.....	24
Figura 5. Dieta (RTM) básica.....	25
Figura 6. Polliqid.....	26
Figura 7. Mezclado de la polliqid para lograr su estandarización con la dieta (RTM) básica .....	27
Figura 8. Ancla utilizada en la investigación.....	29
Figura 9. Sujeción de las bolsitas de nailon al ancla.....	30
Figura 10. Introduciendo el ancla al rumen del bovino fistulado.....	31
Figura 11. Grupo de tres bolsitas previamente limpias.....	31
Figura 12. Representación gráfica de la digestibilidad del T <sub>0</sub> .....	35
Figura 13. Representación gráfica de la digestibilidad del T <sub>1</sub> .....	36
Figura 14. Representación gráfica de la digestibilidad del T <sub>2</sub> .....	37
Figura 15. Representación gráfica de la digestibilidad del T <sub>3</sub> .....	38

## I. INTRODUCCIÓN

Los bovinos son animales rumiantes, que basan su alimentación en forrajes, aunque también se usan otros insumos en su alimentación, en ellos están los granos; maíz, sorgo, semilla algodón, avena y algunos pastos.

Una de las opciones que se han estado proponiendo es el uso de un subproducto avícola (pollinaza y gallinaza), ya que lo encontramos con abundancia en la comarca lagunera, la pollinaza contiene las excretas de las aves de engorde la cual la encontramos mezclada con material que se utiliza en la cama para las aves, como viruta de madera y de cereales, mientras que la gallinaza contiene las heces de las gallinas de postura.

La pollinaza es un recurso útil para la alimentación del ganado bovino ya que es abundante, económico y su uso se ha extendido en los últimos años, resultando atractivo en la región lagunera, en donde se han establecido un gran número de granjas productoras de pollos de engorde, no puede ofrecerse a más de 30% en la dieta ya que contiene nitrógeno no proteico (NNP), que en cantidades elevadas puede ser toxico.

La degradabilidad de los alimentos varía de acuerdo a su calidad, debiendo estandarizar las pruebas de digestibilidad, ya que encontramos en ellas digestibilidad *in vivo*, *in vitro* e *in situ*.

### **1.1. Objetivo**

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la degradabilidad de la proteína cruda (PC) de la pollinaza líquida “polliiquid” cuando se ofrece como suplemento en dietas para bovinos.

### **1.2. Hipótesis**

Esperamos encontrar en el subproducto avícola “polliiquid” una degradabilidad de la proteína cruda (PC) superior al 60 %.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

Las excretas de las aves (pollinaza y gallinaza) son subproductos pecuarios que se han utilizado extensivamente en la preparación de alimentos para rumiantes (bovinos, ovinos y caprinos), especialmente en la industria de engorda de corderos y becerros, utilizado ampliamente como un recurso alimenticio para la época de sequía. Su empleo está basado en el alto contenido de proteína, aunque también aporta una cantidad aceptable de energía y minerales.

La pollinaza contiene las excretas de aves de engorda (pollos), la cual se encuentra mezclada con el material que se utiliza como cama para las aves.

La otra excreta avícola es la gallinaza, la cual contiene las heces de las gallinas de postura. Es común que se confundan, pero es importante diferenciarlas, pues el uso de la gallinaza tiene mayores restricciones que la pollinaza (INIFAP, 2007).

Un residuo agroindustrial o subproducto, tiene gran importancia en la alimentación animal cuando su disponibilidad es constante y su producción alta durante todo el año. Además, cuando su manejo, procesamiento y almacenamiento es accesible y factible para el ganadero, el aporte de nutrientes presenta un costo relativamente menor que las materias primas tradicionales (Tobía y Vargas, 2000).

La pollinaza reúne todos estos atributos para ser utilizada como ingrediente en las raciones de los rumiantes (Tobía y Vargas, 2002).

Las excretas de las aves (EA) son recursos abundantes, económicos y se muestran como una alternativa en la alimentación de los bovinos. Presentan contenidos elevados de proteína cruda y son fuentes de minerales, pero tienen algunos limitantes como son presencia de objetos extraños, residuos tóxicos, nivel de

humedad alto, emisión de olores. Algunas de estas limitantes pueden ser solventadas a través de tratamientos físicos, biológicos o químicos que incluyen secado, peletizado, ensilado y entre otros. Los altos contenidos de proteína y minerales esenciales en la nutrición animal junto con sus bajos costos hacen de las excretas de aves un recurso alimenticio atractivo para ser empleado en los sistemas de producción con rumiantes (Ríos et al., 2005).

### **2.1. Definición de pollinaza**

La pollinaza es la excreta de las aves de engorda, la cual siempre se presenta mezclada con el material que se utiliza como cama para los pollos (aserrín de madera, cascarilla de arroz o de soya, olote de maíz molido, etc.).

La pollinaza es una mezcla heterogénea, compuesta por la cama utilizada en la engorda de pollos, residuos de alimento, plumas y excretas, por lo que su composición nutricional es variable (Tobía y Vargas et al., 2001).

En pollinaza se encuentra alto contenido de nitrógeno, del cual el 50% se encuentra en nitrógeno no proteico (NNP). El más importante es el ácido úrico presente en la pollinaza (4-10 %). Se considera el subproducto avícola como un ingrediente apropiado para rumiantes principalmente en bovinos para engorde o cebo (Ruiz, 2005).

**Cuadro 1.** Aporte nutricional y composición química de la pollinaza y gallinaza.

<b>NUTRIENTES</b>	<b>POLLINAZA</b>	<b>GALLINAZA</b>
Calcio, %	2.37	8.8
Ceniza, %	15.0	28.0
Cobre, mg/kg	98	150
E. Libres de Nitrógeno, %	29.5	28.7
Energía digestible kcal/kg	2440	1911
Fibra cruda, %	16.8	12.7
Fosforo, %	1.8	2.5
Grasa cruda, %	3.3	2.0
Magnesio, %	0.44	0.67
Manganeso, mg/kg	225	406
Materia seca, %	84.7	89.6
Potasio, %	1.70	2.33
Proteína cruda, %	31.3	28.0
Proteína digestible, %	23.4	14.4
Proteína verdadera, %	16.7	11.3
Sodio, %	0.54	0.94
TND, %	72.5	52.0
Zinc, mg/kg	235	463

(INIFAP, 2007).

## 2.2. Definición de gallinaza

La gallinaza son las deyecciones de gallinas de postura. Es común que la literatura o en la práctica se confundan ellas dos. Sin embargo, es importante diferenciarlas, ya que la gallinaza no debe ser utilizada en la alimentación de rumiantes. El valor nutricional es inferior al de pollinaza y el consumo de esta propicia que los rumiantes que se alimentan de ella, presenten reacciones positivas a la prueba de tuberculina,

sin estar tuberculosos. Ello se atribuye a una reacción cruzada atribuida al *Mycobacterium avium*, generalmente presente en la gallinaza (INIFAP, 2007).

### **2.3. Uso de la pollinaza en temporada de sequía**

Recientemente se han presentado épocas de sequía extremas y atípicas con resultados perjudiciales para la ganadería bovina, que se explota bajo condiciones extensivas (agostadero) en regiones áridas y semiáridas de México. La deficiencia de los nutrientes son proteína, minerales y vitamina A (Gutiérrez et al., 2012).

La información con bovinos demuestra que las excretas de aves se pueden emplear bien como suplemento para corregir deficiencias de proteína o de minerales del pasto u otro recurso fibroso utilizado como dieta base, situación que se presenta comúnmente durante la época de seca o como parte de una ración completa para animales en crecimiento medio y terminal (Ríos et al., 2005).

### **2.4. Pollinaza como fuente de minerales**

Los minerales representan una fracción muy importante para el bienestar y productividad de los animales. Ello se debe a que intervienen en casi todos los procesos metabólicos que aseguran la vida y funciones específicas como: gestación, producción láctea, crecimiento óseo y muscular, etc. El aporte de minerales a los rumiantes se refleja en grandes beneficios. Su deficiencia, ocasiona disminución en los parámetros productivos, enfermedades y hasta la muerte. Los minerales presentes en la pollinaza son: (Calcio, Fósforo, Magnesio, Sodio, Potasio, Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc y Cobalto) (Aguirre et al., 2003).

Dentro de los minerales presentes en la pollinaza, sin duda el más importante y valioso es el fósforo (Castellanos, 2000).

El fósforo de la pollinaza se encuentra en un 53.4 % en forma de fósforo orgánico soluble en ácido, el cual se absorbe en los rumiantes por medio de la acción de las enzimas fitasas que se encuentran en el rumen; un 34.8 % está formado por fósforo inorgánico, el cual también está disponible para los rumiantes y el 11.8 % restante no está disponible (Segura y Tepal et al., 2000).

**Cuadro 2.** Contenido de minerales en la pollinaza.

<b>MINERAL</b>	<b>CONTENIDO</b>
Calcio	3.01%
Fósforo	1.87%
Magnesio	0.16%
Sodio	0.47%
Potasio	1.82%
Fierro	0.08%
Manganeso	250 ppm
Cobre	154 ppm
Zinc	112 ppm
Cobalto	7 ppm

(Segura y Tepal et al., 2000).

#### **2.4.1. Función de los minerales**

La función puede dividirse en 4 etapas principales: 1) Formación del esqueleto y mantenimiento, incluyendo la formación de huesos y dientes, 2) Energía, incluyendo los minerales que forman parte de enzimas y otros componentes del cuerpo, esenciales para producción de energía y para actividades necesarias para

el normal crecimiento y reproducción, 3) Producción de leche y 4) Funciones básicas del cuerpo (Bauer et al., 2009).

Se han identificado 15 minerales considerados esenciales para los rumiantes. De ellos siete son macro elementos (Calcio, Sodio, Potasio, Fosforo, Cloro, Azufre y Magnesio) y ocho micro elementos (Cobre, Cobalto, Iodo, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Selenio y Zinc). Un elemento mineral es considerado si su deficiencia en la dieta es capaz de producir daño funcional y/o estructural (Gaggiotti, 2008).

**Cuadro 3.** Función de macro y micro minerales.

	Formación de huesos y mantenimiento.	Energía	Producción de Leche	Funciones Básicas del Cuerpo
MACRO				
Ca	X	X	X	X
P	X	X	X	X
Mg				
Na	X	X		X
Cl				X
K		X	X	
S		X		
MICRO				
Cr		X		
Co		X		
Cu				X
I		X	X	X
Fe				X
Mn		X	X	
Mo				X

Se				X
Zn		X		X

(Gaggiotti, 2008).

## 2.5. Toxicidad de la pollinaza

Las deyecciones de las aves han cobrado gran importancia en la alimentación de los rumiantes. Además de ser una fuente de nitrógeno y energía, la pollinaza posee un alto contenido de minerales de ellos el más importante es el fósforo.

El Cobre (Cu) es utilizado en la alimentación de aves y cerdos como promotor del crecimiento, empleándose también como aditivo para conservar granos. Es por ello que se puede encontrar en niveles elevados en las deyecciones. Se han detectado niveles de 150 y 63 ppm de Cu en pollinaza y gallinaza respectivamente en los estados de Morelos y Veracruz.

En Oaxaca y Sonora se detectaron niveles promedio de 86 ppm. Esta concentración es comparable a la información en otros países.

Los ovinos son los rumiantes más sensibles a la intoxicación de Cu, su requerimiento oscila entre 7- 11 ppm, siendo el nivel máximo tolerable de 25 ppm.

Cuando se presenta un exceso de Cu en la dieta, se almacena en el hígado. En un momento de estrés, es liberado produciendo un estado de ictericia y debilidad; la orina adquiere un tono café debido a la hemoglobina liberada por la destrucción de los eritrocitos.

En caso de intoxicación se recomienda retirar la dieta y suministrar fluidos a los animales. Existe una interacción entre el Cu y el molibdeno alimenticio, la presencia del segundo inhibe la absorción del primero ya que ambos forman complejos insolubles en el intestino (Cantón et al., 1994).

## **2.6. Técnicas de digestibilidad**

Las técnicas de digestibilidad se utilizan para estimar el valor real de la alimentación (valor nutritivo de los alimentos), estas se han mejorado desde las primeras ideas en 1725, cuando los alimentos para rumiantes eran evaluados como unidades de paja, las técnicas fueron diseñadas para caracterizar el valor nutritivo más que para predecir la producción de los animales. Las mejoras de los métodos de evaluación de alimentos tienen que seguir los nuevos conceptos de la química y la fisiología animal, así como los nuevos conocimientos de la microbiología ruminal (Pedraza, 2001 citado por Canchola 2008).

### **2.6.1. Técnica de digestibilidad *in situ***

La técnica *in situ* a la cual también se le conoce como técnica de la bolsita de nylon (bolsa de Dacron)

(Orskov et al., 1980). Permite estudiar la cinética de degradabilidad del alimento en el rumen de animales fistulados.

Se utiliza animales fistulados en el rumen para medir la digestibilidad de los alimentos a nivel ruminal, directo del animal (Torres et al., 2009).

### **2.6.2. Técnica de digestibilidad *in vitro***

La técnica de digestibilidad *in vitro* simula la degradabilidad del tracto digestivo del rumiante y requiere de la preparación de un inóculo que contenga microorganismos ruminales viables. Este método consiste en reproducir en condiciones de laboratorio lo que sucede en el organismo animal mediante una reproducción lo más parecido a lo real (Tilley y Terry, 1963).

### **2.6.3. Técnica de producción de gas**

La técnica de producción de gas es otro método *in vitro* que permite determinar la extracción y la cinética de degradación del alimento a través del volumen de gas producido durante el proceso de fermentación ruminal. Una de la ventaja de esta técnica es que el curso de la fermentación y la función de los componentes solubles del sustrato pueden ser cuantificados. El problema inherente a los métodos *in situ* e *in vitro* que se han tratado de solucionar a través de la técnica de producción de gas es el estudio de las fases tempranas de la fermentación, ya que los procedimientos gravimétricos no son lo suficiente sensibles para medir los pequeños cambios que ocurren en el peso del sustrato durante las primeras horas de fermentación (Posada y Rosero, 2005).

### **2.7. Degradación ruminal de la proteína**

El ecosistema microbiano ruminal está conformado por especies de bacterias, hongos y protozoos estrictamente anaeróbicos. La composición de especie y las proporciones relativas dentro la comunidad microbiana depende principalmente de la dieta que consuman los animales (Rodríguez et al., 2007).

La degradación de la proteína en el rumen depende de la conjugación de tres procesos catabólicos: proteólisis, peptidólisis y la desaminación. Las proteasas bacterianas son enzimas endo y exopeptidasas, unidas a la célula, pero localizadas en la superficie celular para tener mayores posibilidades de interacción con los sustratos (Rodríguez et al., 2007).

Una vez incorporados al microorganismo los péptidos son hidrolizados hasta aminoácidos, los cuales pueden ser empleados para sintetizar proteína microbiana

o bien como ocurre con la mayor parte de ellos, son utilizados como fuente de energía. En este caso los microorganismos separan el grupo amino del aminoácido y lo liberan al medio ruminal como un producto de desecho y emplean la cadena carbonada para obtener energía como si se tratara de un hidrato de carbono. Por otro lado, los grupos aminos libres de ( $\text{NH}_2$ ) se convierten por adiciones de  $\text{H}^+$  en el ambiente reproductor del rumen en amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) y luego en amonio ( $\text{NH}_4$ ) por lo cual la concentración de este último sirve como un indicador de la actividad proteolítica en el rumen (Relling y Mattioli, 2003).

## **2.8. Anatomía y fisiología del aparato digestivo del rumiante**

Los ruminantes se caracterizan por su capacidad para alimentarse de pastos y forrajes, ya que pueden degradar los hidratos de carbono estructurales, como celulosa, hemicelulosa y pectina, muy poco digestibles para especies no-ruminantes o de estómago simple. A partir de esta diferencia fundamental, la fisiología digestiva del rumiante adquiere características particulares, debido a que la degradación del alimento se realiza, mayoritariamente, por digestión fermentativa, y no por la acción de enzimas digestivas, y los procesos fermentativos tienen lugar por diferentes tipos de microorganismos a los que el rumiante aloja en sus divertículos estomacales (Gutiérrez, 2015).

### **2.8.1. Boca**

La primera porción del conducto alimenticio está compuesta por la boca que comprende la lengua y los dientes. La lengua de los ruminantes es larga en su porción libre y cubierta por diferentes tipos de papilas que le dan una marcada aspereza y

la convierten en el principal órgano de aprehensión. Es decir que la lengua emerge de la boca rodea el pasto y lo atrae hacia adentro. La dentadura de rumiantes carece de caninos e incisivos en el maxilar superior y están remplazados por una almohadilla carnosa. Incisivos interiores están implantados en forma no rígida para no lastimar la almohadilla. Los incisivos sujetan el pasto contra el rodete superior y el animal corta el bocado mediante un movimiento de cabeza. Este bocado es ligeramente masticado, mientras el animal sigue comiendo. Cuando ha ingerido o juntado varios bocados forma un bolo alimenticio de aproximadamente 100 gramos incluyendo la saliva, este es deglutido (García y Gingins, 1969).

### **2.8.2. Esófago**

El bolo deglutido pasa junto con la saliva a la faringe que es un pasaje común a las vías respiratorias y digestivas y baja al estómago por el esófago. Es un órgano tubular que une la faringe con el estómago. La longitud aproximada es de 0,90 a 1,05 metros y de diámetro potencial en la misma especie de 5 a 7 cms. Está formado por 3 capas (mucosa, submucosa y muscular) de las cuales la muscular, produce ondas que facilitan el traslado del bolo (García y Gingins, 1969).

### **2.8.3. Desarrollo del rumen y retículo**

En los terneros y corderos al nacimiento el rumen tiene el mismo tamaño que el cuajar (abomaso). Al comenzar el consumo de forraje el retículo y el rumen inician un rápido crecimiento estimulado por los productos de la fermentación bacteriana y los ácidos grasos volátiles (AGV). El animal adquiere la microbiota ruminal a través del agua, suelo y/o forraje, donde estos se hallan en abundancia, mientras que los

protozoarios los adquieren por contacto directo con otros animales, generalmente lamiéndolo (García y Gingins, 1969).

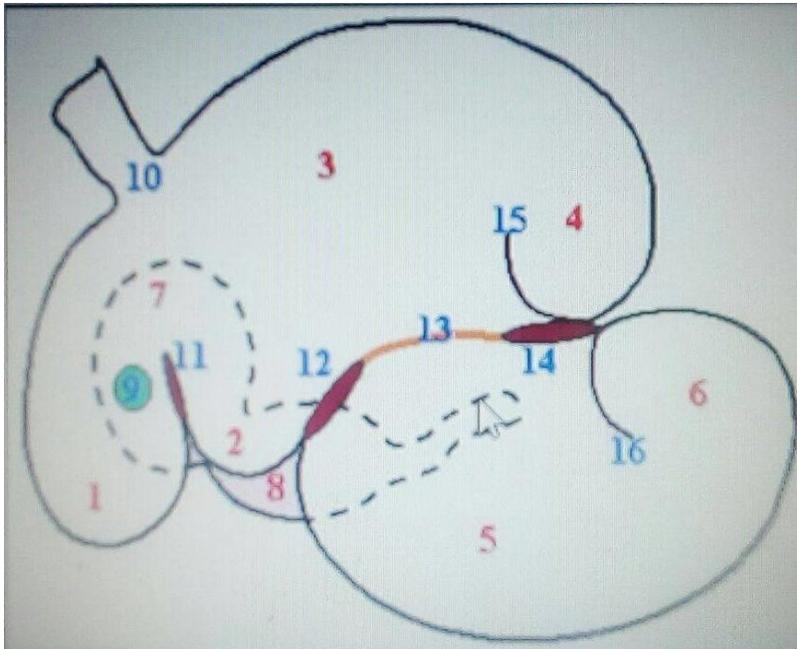
#### **2.8.4. Librillo u omaso y cuajar u abomaso**

El omaso se caracteriza por sus pliegues y las láminas cubiertas de papilas. Acá se produce la absorción de líquidos a fin de que el material llegue más concentrado al cuajar y no se diluyan las enzimas. El cuajar u abomaso es el semejante al estómago de los monogástricos, pero con más forma de tubo. Segrega ácido clorhídrico y pepsina que atacan las proteínas. El pH oscila entre 2 y 3 de acides, óptima para la acción de la pepsina (García y Gingins, 1969).

#### **2.8.5. Rumen y retículo**

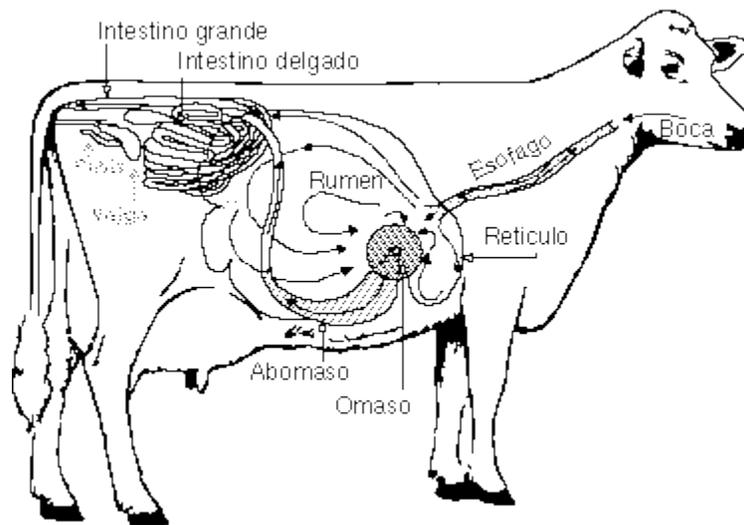
El estómago es normalmente un saco que comienza en el extremo del esófago (cardias) y termina en el duodeno (píloro). En los rumiantes este saco se halla dividido en cuatro compartimentos denominados rumen, retículo, omaso y abomaso (rumen, redecilla, librillo y cuajar). El rumen es el de mayor volumen con una capacidad que puede llegar a más de 200 litros en vacunos. Es un saco formado por una membrana mucosa recubierta por un epitelio escamoso, estratificado y carnificado que presenta papilas y rodeado por una capa muscular que es la que produce las contracciones.

En su interior presenta pliegues o pilares que los dividen en cinco sacos (craneal, dorsal, ciego dorsal, ventral y ciego ventral) (García y Gingins, 1969).



**Figura 1.** Pliegues o pilares divididos en 5 sacos. 1 Retículo; 2 Rumen (saco craneal), 3 (saco dorsal), 4 (saco ciego dorsal), 5 (saco ventral), 6 (saco ciego ventral), 7 omaso, 8 abomaso, 9 orificio retículo-omasal, 10 cardias, 11 pliegue retículo-omasal, 12 pilar craneal, 13 pilar longitudinal, 14 pilar caudal, 15 pilar coronario dorsal, 16 pilar coronario ventral (Nava y Díaz, 2001).

El retículo está separado del rumen por el pliegue rumino-reticular. Presenta la misma estructura, pero la mucosa de este compartimento se caracteriza por formar pliegues de 1 cm. De altura aproximadamente que dan origen a celdas poligonales en forma de panal. En la porción superior derecha se abre el cardias que es donde se une el esófago y por donde entran los alimentos. En esa misma región se halla la gotera esofágica, consiste en un canal formado por dos pliegues que le permiten cerrarse y conducir alimentos líquidos directamente al abomaso (estomago verdadero). Este reflejo se manifiesta con fuerza en terneros lactantes pero la habilidad desaparece luego del destete. Esta gotera desemboca en el orificio retículo omasal de un diámetro aproximado de 3 centímetros, que une el retículo con el omaso “redecilla con el librillo” (García y Gingins, 1969).



**Figura 2.** El estómago del rumiante está compuesto por 4 compartimentos.

### 2.8.6. El pH del rumen

Son varios los factores que intervienen para cambiar el pH del rumen. La dieta suministrada es factor determinante, también varía considerablemente durante el día e influye profundamente sobre la microbiota, durante el ayuno prolongado se eleva el pH ruminal, después del suministro de la alimentación baja progresivamente inmediatamente y retorna a los niveles óptimos (5,5-7,0) (Araujo y Vergara, 2007).

### 2.8.7. Microbiota del rumen

La diversidad de microorganismos del rumen es importante, porque la presencia de especies distintas aporta un conjunto mayor de genes y complemento de enzimas, así como reacciones bioquímicas precisas para una conversión máxima de productos alimenticios y productos de fermentación (Blanco y Rivera, 1999).

Los microorganismos del rumen son esencialmente bacterias y protozoos. Las primeras son las más importante y su concentración puede llegar a cien mil millones por centímetro cúbico. La concentración y el tipo de bacterias depende de la dieta pues están presentes siempre muy variadas especies, el porcentaje en que se hallan cada uno de ellas es muy variable (Rodríguez et al., 2007).

### **2.8.8. Rumia**

La rumia es la función característica del rumiante y consiste en la regurgitación de digesta del retículo a la boca. El estímulo para iniciar la rumia es el contacto de partículas gruesas en la pared ruminal; se produce una contracción del retículo que precede las contracciones del ciclo de mezcla y eleve el material por encima al nivel de cardias; este se abre y el alimento es absorbido por una presión negativa, similar a la del eructo. Se regurgita un bolo de aproximadamente 130 grs con cierta cantidad de líquido. La remasticación dura de 25 a 60 segundos y consiste en 30 a 80 movimientos de mandíbula, con movimientos horizontales típicos de los rumiantes. Al cabo de un minuto el bolo es reingerido y vuelve al rumen, pero ya más despedazado y más fácilmente atacable por las bacterias. Los periodos de la rumia son de 20 a 50 minutos, raramente más de 90 y tienden a ser más frecuentes después de la ingesta de la comida. El tiempo total dedicado a la rumia depende del tipo de dieta, siendo pequeños en dietas con gran contenido de granos y mayor tratándose de alimentos con mucha fibra. El tiempo normal oscila entre 7 y 11 horas por día (García y Gingins, 1969).

## 2.9. Fermentación ruminal

Los rumiantes poseen el beneficio de tener una cámara fermentativa pre-gástrica, formada por tres compartimientos: el retículo, el rumen y el omaso. Estos compartimientos, también llamados pre-estómagos, se caracterizan por tener un epitelio no secretor, a diferencia de lo que es la cavidad gástrica propiamente dicha (el abomaso) cuya mucosa es secretora y cumple prácticamente las mismas funciones que el estómago simple de los monogástricos (Regueiro, 2008).

Es la actividad física y metabólica de la microbiota presentes en el rumen que transforman los componentes de la dieta en productos que son útiles (AGV, proteína microbiana) e inútiles ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ) o incluso nocivos como (amoníaco, nitrato) para el animal (Owens y Goetsch, 1988). Tiene aspectos que difieren de la digestión glandular propia de los animales monogástricos. La digestión propia de la mayoría de los mamíferos ocurre en el estómago y el intestino delgado por enzimas producidas por el animal mismo. Esto se denomina “digestión autoenzimática”. En los rumiantes, la degradación de los sustratos moleculares por la acción de bacterias, se realiza por una hidrólisis enzimática igual que en la digestión glandular; la diferencia mayor es que las enzimas digestivas en la fermentación son de origen microbiano, por lo que se le denomina digestión aloenzimática.

Esta digestión fermentativa es más lenta y los sustratos son alterados en mayor grado que en la digestión glandular. Además, la fermentación ocurre en un medio anaerobio. La digestión aloenzimática puede ocurrir en solo dos sitios del tracto gastrointestinal. Estos sitios son el ciego y/o colon por un lado y por otro lado en el retículo-rumen. En el primer caso hablamos de fermentación cecocólica o

(postgástrica) y en el segundo caso de fermentación pregástrica, la cual corresponde a los rumiantes (Regueiro, 2008).

### **2.9.1. Gases del rumen**

Durante la fermentación se producen en el rumen gases: anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ), ácido acético, propiónico y butírico. Estos gases son eliminados por vía sanguínea o por medio de la eructación (García y Gingins, 1969).

### **2.9.2. Absorción**

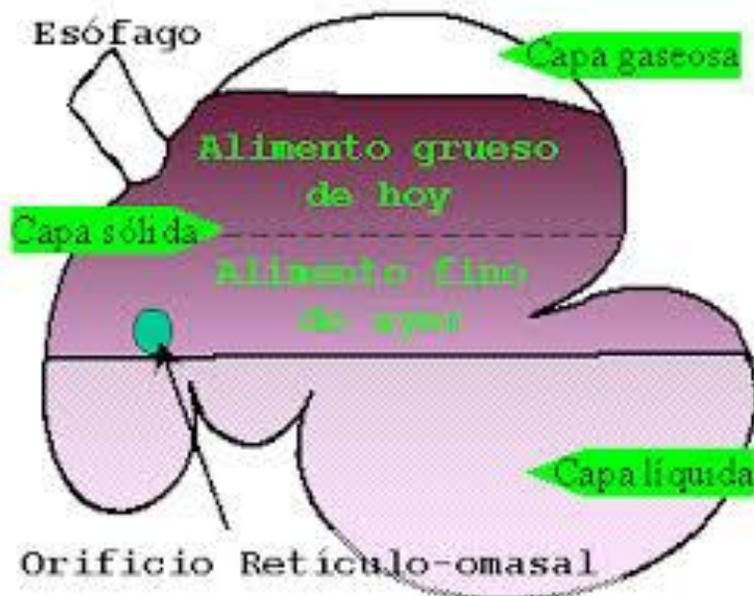
En el rumen contrario a lo que sucede en el estómago de los monogástricos, se produce absorción de los productos de la digestión, en este caso ácidos grasos volátiles (AGV). También absorbe el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) producido por el ataque microbiano a las proteínas o por hidrólisis de la urea proveniente tanto de la dieta como de la saliva. El amoníaco absorbido es transformado por el hígado en urea y se elimina por la orina y parte vuelve al rumen por medio de la saliva (Calsamiglia y Ferret, 2002).

### **2.9.3. Contenido ruminal**

El contenido del rumen y retículo es de aproximadamente 4-6 kg en los ovinos y de 30-60 kg en bovinos. El alimento y los productos de la fermentación están situados en tres capas:

- **Capa gaseosa.** Se localiza en la parte superior y en ella se encuentran los gases generados durante el proceso de fermentación de los alimentos.

- **Capa sólida.** Formada principalmente por alimento y microbiota flotante. El alimento consumido más reciente, por ejemplo, el día de hoy se establece en la parte superior de esta capa debido a que posee partículas de gran tamaño (1-2 cm). El alimento consumido con más anterioridad, por ejemplo, ayer se localiza por debajo de la capa sólida, debido a que ya sufrió el proceso de fermentación suficiente y se redujo de tamaño (2-3 mm), en este momento puede ser captado por el retículo y salir a través del orificio retículo-omasal.
- **Capa líquida.** Se encuentra ventralmente y contiene líquido con pequeñas partículas de alimento (Nava y Díaz, 2001).



**Figura 3.** Capas de alimento dentro del rumen.

El flujo del material sólido a través del rumen es bastante lento y depende del tamaño de partícula y densidad. Los alimentos con buena digestibilidad pueden tardar alrededor de 30 horas (Nava y Díaz, 2001).

#### 2.9.4. Contracciones ruminales

Las contracciones ruminales son muy importantes para la fermentación, sus principales objetivos son:

- Mezclar el alimento.
- Eliminar gases mediante el eructo.
- Propulsar el contenido ruminal.

Se identifican dos patrones de contracciones:

- **Primaria:** se origina en el retículo y se distribuye alrededor del rumen. Estas contracciones mezclan y propulsan el contenido ruminal.
- **Secundaria:** ocurren en solo partes del rumen y son usualmente asociadas con el eructo.

Al terminar una contracción primaria, se inicia una secundaria, para formar un ciclo que se repite de una a tres veces por minuto. Las contracciones están controladas por el sistema nervioso central a través del nervio vago (Nava y Díaz, 2001).

### III. MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en el área de Centro de Reproducción Bovino (CBR). Donde se alojó una vaca Holstein-Friesian fistulada ruminalmente de aproximadamente 500 kg de peso vivo, no gestante en un corral aproximadamente de 50 x 50 m<sup>2</sup>.

A continuación, se da una pequeña explicación de lo que es la cirugía de la fistula ruminal en bovinos, determinada para realizar investigaciones de digestibilidad *in situ*, extraer líquido ruminal y así poder proporcionar este producto a otros animales para un mejor rendimiento y tratar enfermedades relacionadas con atonías ruminales, se les proporciona mediante la vía oral.

#### 3.1. Cirugía de fistula ruminal

La fistula ruminal es una cirugía de importante ayuda para la evaluación de los alimentos, en la determinación de la eficacia de fermentación ruminal, los requerimientos post-ruminales del animal y manejar la fisiología del mismo rumen.

La cánula es de material poliuretano.

##### 3.1.1. Procedimiento

- El ayuno:

El bovino a fistular debe someterse a un ayuno previo a la cirugía de 12 a 24 horas con el propósito de disminuir la carga del rumen.

- Posición:

Decúbito lateral derecho y/o en posición de pie preferentemente.

- Depilación y Asepsia del Área:

De 25 centímetros de largo x 20 centímetros de ancho, a la altura del rumen por debajo de la última costilla a la altura de las vértebras lumbares (fosa paralumbar izquierda). Hacer la asepsia del área con jabón antiséptico y/o yodo.

- Tranquilizante y Anestesia:

Tranquilizante: xilacina.

Anestesia local: lidocaína.

Material de cirugía:

- Instrumental de disección.
- Suturas.
- Gasas.
- Guantes.
- Cánula.
- Gel de Aluminio.

Cirugía:

Con ayuda de la tapa de la cánula y aluspray en aerosol se hace una marca en la fosa paralumbar izquierda, donde será la incisión, se aplica la lidocaína vía subcutánea sobre la marca generada. Pasados 5 minutos se comienza con la incisión circular para retirar la piel, se hace debridación de músculos para evitar cortar con el bisturí. Se hace una incisión en el rumen para empezar a suturar piel, peritoneo, músculo y rumen en forma circular. Al terminar de suturar poner cicatrizante, posteriormente se comienza a meter la cánula poco a poco para evitar

traumatizar más al animal, al terminar de colocarla se revisa que quede bien fija la cánula y se pasa a poner la tapa de ella (Hernández, comunicación personal).



**Figura 4:** Cirugía para la fistula ruminal.

### **3.2. Alimentación del bovino**

El animal se alimentaba diariamente con alfalfa (*medicago sativa*) de primera calidad con un contenido del 21% de proteína cruda, se le proporcionaban 4 kg a las 9:00am y 4 kg a las 5:00pm, el agua se proporcionaba *ad libitum*.

### **3.3. Dieta (RTM) básica**

La dieta básica consistía en una mezcla de alfalfa (*medicago sativa*), soya (*Glycine Max*), semilla de algodón (*Gossypium*), ensilaje de maíz (*Zea mays*), melaza de caña (*shaccharum officinarum*) y aditivos minerales. Toda esta mezcla fue molida para homogenizar el tamaño de partícula y su contenido químico era del 10% de proteína y materia seca del 75%.



**Figura 5:** Dieta (RTM) básica.

#### **3.4. Pollinaza líquida "polliquid"**

Este es un preparado hecho a base de una fermentación controlada de los contenidos orgánicos de la pollinaza, hasta lograr que la disolución en agua alcance un 98% de líquido y un 2% de materia seca que incluye un 23% de proteína cruda.



**Figura 6.** Polliquid.

### **3.5. Preparación de las muestras**

Se establecieron cuatro tratamientos incluyendo el testigo  $T_0$  que contenía 0% de pollinaza líquida en la RTM, el  $T_1$  incluía la RTM mas el 10% de polliquid, el  $T_2$  incluía la RTM mas el 20% de polliquid y el  $T_3$  incluía la RTM mas el 30% de polliquid; todos los tratamientos individualmente fueron mezclados homogéneamente hasta lograr su estandarización.



**Figura 7.** Mezclado de la polliquid para lograr su estandarización con la dieta (RTM) básica.

Las fechas en las que se realizó el experimento fueron en el mes de diciembre de 2017 en los días 4 al 12. El animal utilizado para el experimento se encontraba en convivencia con otros bovinos 7 vacas en el mismo corral. Todos ellos se les proporcionaba la alimentación entre las 7 y 9 de la mañana con alfalfa (*medicago sativa*). La vaca fue separada de ellos para tener un mejor control y poder ser alimentada con alfalfa (*medicago sativa*) de primera con una cantidad de proteína cruda de 21% y pollinaza líquida “polliquid” entre otros alimentos.

### 3.6. Materiales

Ancla:

- Trozo de madera de 25 centímetros.
- Ganchos.
- Pesa pequeña.
- Soga delgada de 1.25 metros.

Bolsas:

- Argollas.
- Bolsas de nailon.
- Ligas de plástico.
- Plumón permanente.

Experimento:

- Ancla
- Bolsas.
- Alimentos.
- Bascula digital.
- Agua.
- Guantes de nitrilo.
- Estufa de aire forzado.
- Guantes obstétricos.



**Figura 8:** Ancla utilizada en la investigación.

Para realizar el experimento se utilizaron bolsas de nailon, se enumeraron para tener un mejor control del alimento que utilizamos. También se elaboró un ancla con 6 ganchos para sujetar las bolsitas y un trozo de madera al extremo para tener un mejor manejo y manipulación de esta. Los ganchos estaban catalogados como: 0, 4, 8, 12, 24 y 48 horas.



**Figura 9.** Sujeción de las bolsitas de nailon al ancla.

La hora 0 solo se introdujera a las 8:00 am el lunes 4 diciembre de 2017, durante 60 segundos al rumen, se empaparará de líquido ruminal en su totalidad.

El experimento consistió en introducir el ancla con sus respectivas muestras de cada hora al rumen mediante la fistula ruminal del rumiante a las 8:00am del lunes 4 de diciembre 2017.

Extraer el ancla y quitar a las 12:00pm la hora 4, a las 8:00pm la hora 8, a las 8:00am del martes 5 la hora 12, a las 8:00am del miércoles 6 la hora 24, y por ultimo a las 8:00 am del viernes 8 la hora 48. Cada que se extraían un grupo de tres bolsas del rumen se enjuagaban muy bien con agua corriente y limpia hasta quitar todo el exceso de alimento o líquido ruminal que quedaba en la parte externa e interna de la bolsa.



**Figura 10:** Introduciendo el ancla al rumen del bovino fistulado.



**Figura 11:** Grupo de tres bolsitas previamente limpias.

Después de hacer eso se llevaban a la estufa de aire forzado donde duraban aproximadamente 12 horas, con una temperatura de 65°C, cada grupo de 3 bolsitas pasadas las horas establecidas en la estufa, se proseguía a enfriar durante 15 minutos en el desecador de vacío, después se realizaba el pesaje a cada bolsa para ver si hubo cambios. De la estufa al desecador y del desecador a la báscula se manipulaban con pinzas para crisoles.

El mismo procedimiento se realizaba cada que sacábamos un grupo de tres de bolsas. Posteriormente se estima la materia seca para más adelante poder sacar otro tipo de medidas para su investigación.

La digestibilidad *in situ* de la proteína cruda se estima con la siguiente formula:

(Maynard et al., 1997).

Digestibilidad *in situ*:  $(\text{peso inicial} - \text{peso final}) / (\text{peso inicial} = X 100$

## **IV. RESULTADOS**

Los resultados obtenidos luego de la incubación de las muestras (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>), muestran una gran diferencia entre ellas. El alimento que no contenía la pollinaza líquida (T<sub>0</sub>), tuvo un comportamiento considerado normal, para una dieta con alimentos variados y para un porcentaje de proteína cruda aceptable para vacas en producción. Lo importante que se tiene que hacer notar es el aumento gradual en los valores encontrados, esto trae como consecuencia que la digestibilidad obtenida, no sea la deseable. Por lo tanto, se recomienda continuar la investigación.

Aquí se muestran los resultados en tablas y gráficas para una mejor comprensión de los datos obtenidos.

### **4.1. Resultados de la investigación con pollinaza "polliquid"**

La pollinaza líquida no nos proporcionó resultados satisfactorios ya que los resultados de las muestras tienen aumento gradual en sus horas de incubación y la digestibilidad no sea la deseable.

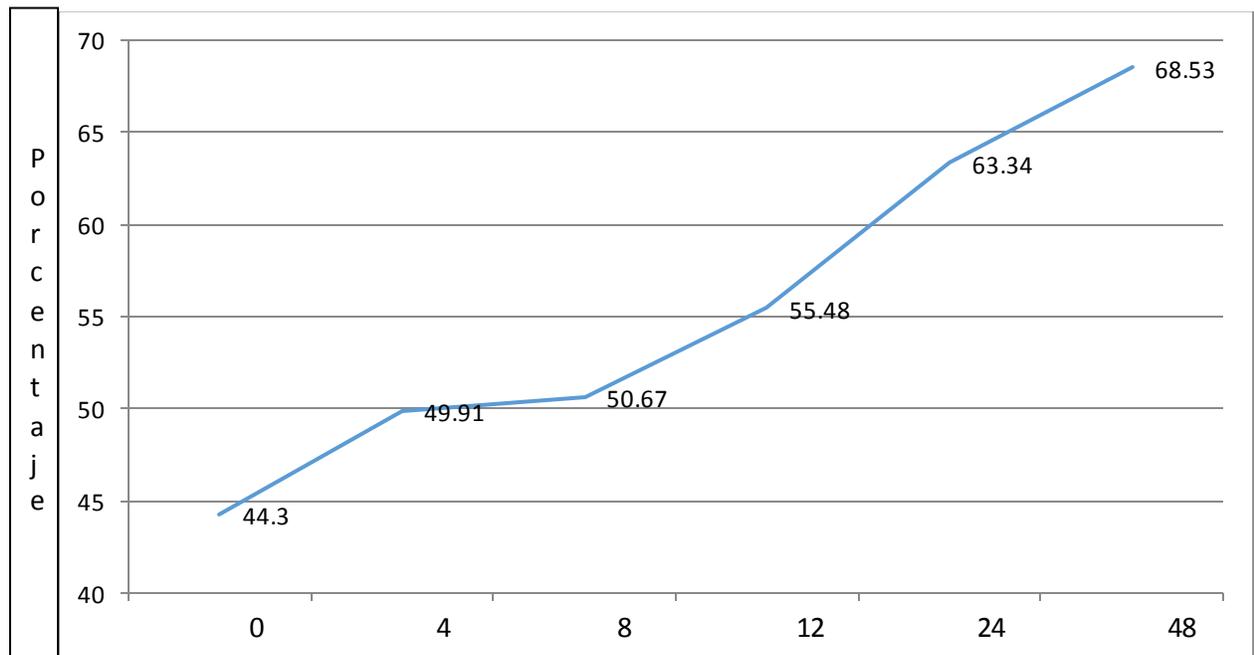
En el cuadro número (4) se muestran los valores porcentuales de las horas en que fue extraído el alimento y los resultados que se obtuvieron.

**Cuadro 4.** Resultados porcentuales de digestibilidad *in situ* de la proteína cruda de la dieta (RTM) que incluía polliquid.

	0h	4h	8h	12h	24h	48h
T <sub>0</sub>	44.3	49.91	50.67	55.48	63.34	68.53
T <sub>1</sub>	51.75	56.11	59.35	61.09	67.5	71.02
T <sub>2</sub>	57.15	59.21	61.4	70.15	70.15	76.89
T <sub>3</sub>	63.19	63.98	69.5	75.88	75.88	79.28

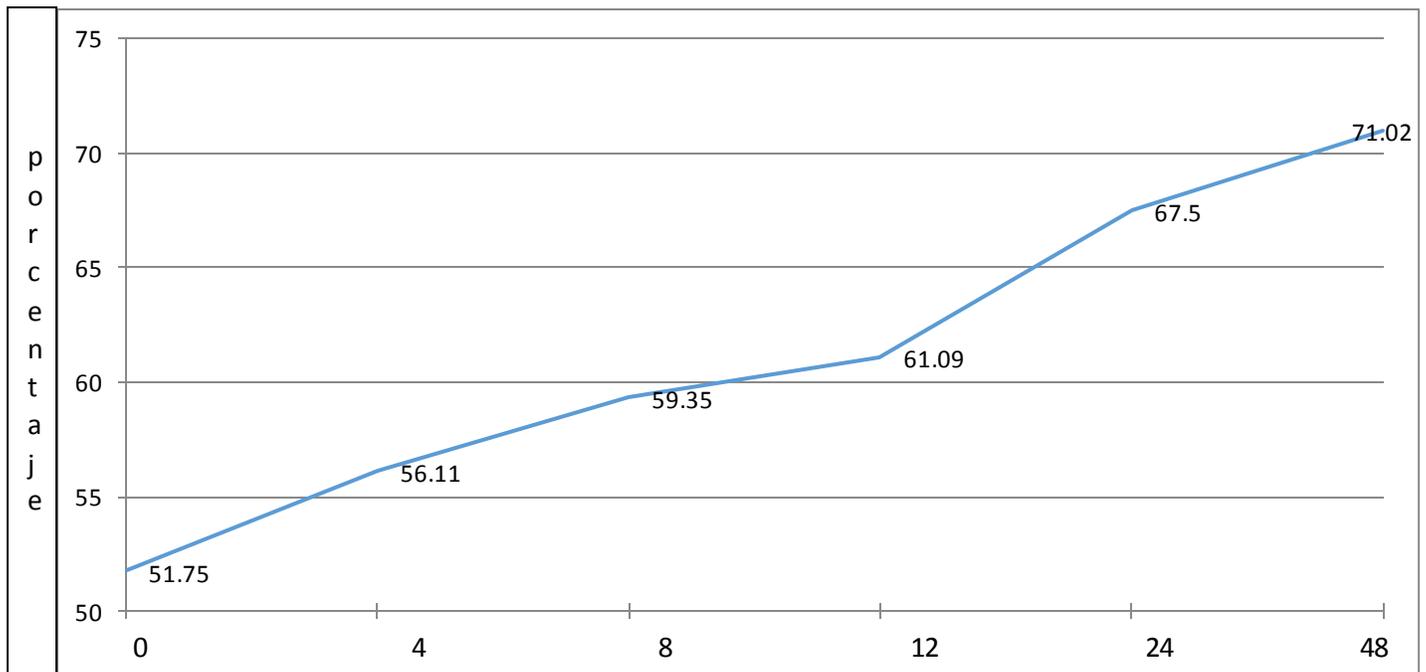
En las figuras (12, 13, 14, 15,) se muestran los mismos resultados, pero representados en graficas donde se muestran como los valores porcentuales van aumentando de acuerdo a las horas de incubación.

## TRATAMIENTO TESTIGO



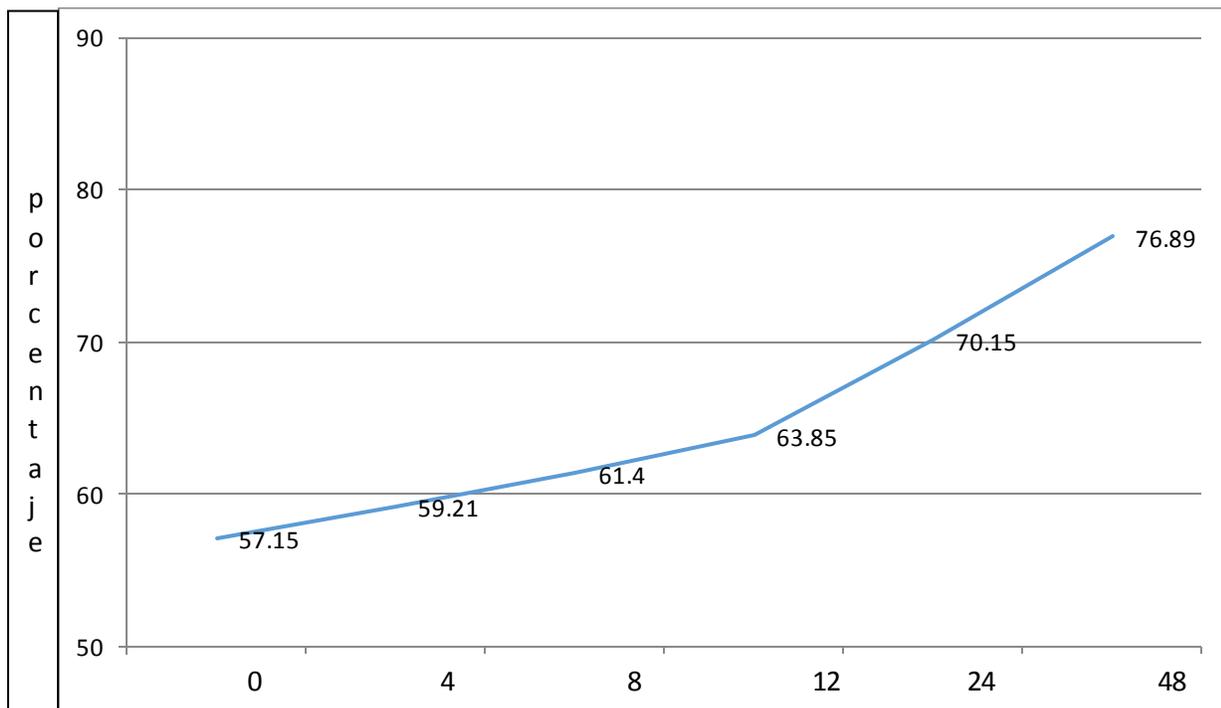
**Figura 12.** Representación gráfica de la digestibilidad del T<sub>0</sub>.

TRATAMIENTO 1 (Adicionado con 100 ml de polliiquid).



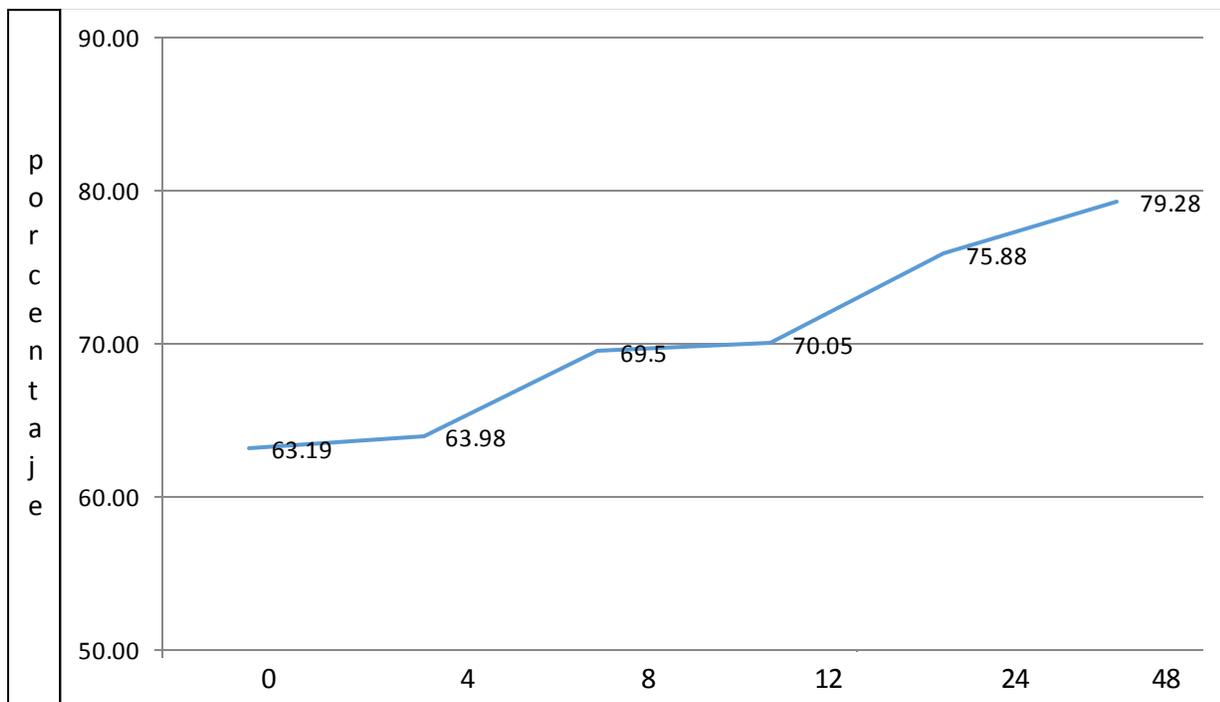
**Figura 13.** Representación gráfica de la digestibilidad del T1.

TRATAMIENTO 2 (Adicionado con 200 ml de polliiquid).



**Figura 14.** Representación gráfica de la digestibilidad del T<sub>2</sub>.

TRATAMIENTO 3 (Adicionado con 300 ml de polliiquid).



**Figura 15.** Representación gráfica de la digestibilidad del T<sub>3</sub>.

## V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos mediante el método de Orskov y el análisis kjeldahl, luego de la incubación de las muestras nos proporcionaron datos de gran diferencia entre ellos, se notaron sobre todo en las horas 4 y 8, (58% de digestibilidad) que son las más cruciales dentro del rumen, el alimento que no contenía pollinaza líquida ( $T_0$ ) demostró una digestibilidad aproximada al 50%, considerada normal para una dieta con alimentos variados y con un porcentaje de proteína cruda aceptable para bovinos. Aguirre, et al., (2003), concluyen que existen desventajas en el empleo fresco del subproducto avícola, la principal es la presencia de microorganismos patógenos y su elevada cantidad de humedad. Según Tobía y Vargas (2000), 70 % de la proteína total presente en la pollinaza es proteína altamente soluble en el rumen. Las excretas de las aves principalmente de postura y engorde (gallinaza y pollinaza), han sido las más utilizadas en la alimentación animal por su alto contenido de proteína cruda (22-27%), en forma no proteica 50% y proteica 50% que es similar al total del nitrógeno en la dieta y con excelente fuente de minerales para los rumiantes principalmente bovinos (Flore, 1916. Citado por Espinoza, 2010).

## VI. CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos de este estudio de digestibilidad *in situ* de la proteína cruda del alimento que contenía pollinaza líquida (RTM), proporcionaron resultados para no recomendar su uso en la alimentación de los rumiantes, pues se demostró que no hay una buena absorción de proteína que es lo que se esperaría al usar el subproducto avícola (pollinaza). La recomendación sería que se aumentara la materia seca del polliquid y así disminuir la cantidad de humedad presente en el producto.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, P. Jessé, A, et al. 2003. Cuantificación del Contenido de Cobre y otros Minerales en Pollinaza producida en el Estado de Yucatán. INIFAP. Mérida, México. Técnica Pecuaria en México. Vol. 41 (2): pp. 197-207.
- Araujo, F. O. y Vergara, L. J. 2007. Propiedades físicas y químicas del rumen. Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia. Arch. Latinoam. Prod. Animal. Vol. 15 (1): pp. 133-140.
- Bauer, D. Rush, I. Rasby, R. 2009. Minerales y vitaminas en bovinos de carne. Cap. 4. Univ. De Nebraska, EE.UU. Extensión Educ. Univ. De Nebraska. Beef Specialist Univ. De Nebraska. Traducción y envió: Met. Vet. Alfredo del Olmo.
- Blanco, M. R. y Rivera, E. O. 1999. Bacterias ruminales. Sitio Argentino de Producción Animal. 5p. [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/69-bacterias\\_ruminales.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/69-bacterias_ruminales.pdf).
- Calsamiglia, S. Ferret, A. 2002. Fisiología ruminal relacionada con la patología digestiva: Acidosis y meteorismo. Universidad Autónoma de Barcelona, España. pp. 97-115.
- Canchola, M. 2008. Digestibilidad de la materia seca de pollinaza usada en dietas para bovinos. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México.
- Cantón, C. J. G., Y. M. O. Rojas, R. O. Sauri, D. E. Miranda, S. J. Castellanos, R. A. F. 1994. Estimación del daño inducido por el cobre de la ´pollinaza empleada

- en la alimentación de ovinos. Campo Experimental (C.E.) Mococho, INIFAP - SARH. Vol. 32 (2): pp. 82-89.
- Castellanos, A. 2000. La pollinaza como fuente de minerales para rumiantes. México, INIFAP: 3 Págs.
- Gaggiotti, M. 2008. XXI Curso Internacional de Lechería para Profesionales de América Latina.
- García, J. y Gingins, M. 1969. Anatomía y fisiología del aparato digestivo de los rumiantes. Conferencia en Dpto. Zootecnia, Fac. Agr. Y Vet. UBA. Sitio Argentino de Producción Animal. 4. Págs. [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/02-anatomia\\_fisiologia\\_digestivo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/02-anatomia_fisiologia_digestivo.pdf).
- Gutiérrez, B.O. 2005. La fisiología digestiva del rumen, objeto de investigación en el instituto de ciencia animal durante cincuenta años. Revista cubana de Ciencia Agrícola. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. Vol. 49 (2): pp. 179-188.
- Gutiérrez, B. H., C. E. C. Aguirre, J. M. F. Ibarra, F. C. González, R. L. Gutiérrez y G. T. Martínez. 2012. Alimentación y manejo de bovinos en agostadero durante épocas de sequía. Folleto técnico No. 45. Campo Experimental Zacatecas CIRNOC-INIFAP. 88 pág.
- INIFAP. 2007. Uso de la pollinaza y gallinaza en la alimentación de rumiantes. San Luis Potosí.
- Maynard, A. L. Loosli, K. J. Hintz, F. H. Warner, G. R. 1979. Animal nutrición. 2 ed. Libros MCGRAW-HILL de México, S.A. de C.V. México.

- Nava, C. C. y Díaz, C. A. 2001. Introducción a la digestión ruminal. Sitio Argentino de Producción Animal. 13p. [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/79-introduccion\\_a\\_la\\_digestion\\_ruminal.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/79-introduccion_a_la_digestion_ruminal.pdf)
- Orskov, E.R. Hovell, F. Mould, F. 1980. The use of nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs trop. 5: pp. 195-213.
- Owens, F.N. y A.L. Goetsch. 1988. Fermentación ruminal. En el rumiante, fisiología digestiva y nutrición. C. D. Church (Ed). Editorial Acribia, S. A.
- Regueiro, M. 2008. Digestión en retículo-rumen. Tesis. Licenciatura. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 28 p.
- Relling, A. E. and A. G. Mattioli. 2003. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. De "Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes. Ed. Facultad de Ciencias Veterinarias. U.N.L.P. pp. 1-72.
- Ríos, L. A., Josefina, C. y Álvarez, R. Z. 2005. Uso de excretas de aves en la alimentación de ovinos. Zootecnia Tropical, Instituto de Producción Animal. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Vol. 23 (2): pp.1-12.
- Rodríguez, R., Sosa, A. y Rodríguez, Y. 2007. La síntesis de la proteína microbiana en el rumen y su importancia para los rumiantes. Rev. Cubana de Ciencia Agrícola. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. Vol. 41 (4): pp. 303-311.
- Rosero, R. N. y Posada, S. L. 2005. Técnica *in vitro* de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. Rev. Colombiana de Ciencias Pecuarias. Vol. 17 (4): pp. 1-18.

- Ruiz, E. L.R. 2005. Zootecnia Tropical: utilización de los subproductos de la avicultura. VEN. Vol. 23 (2): pp. 183-210.
- Segura, V. J. Tepal, et al. 2000. La pollinaza como fuente de fosforo para rumiantes en pastoreo. Levestock Research for Rural Development. Vol. 12 (2).
- Tilley, J. M. A. and R. A. Terry. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grassland Soc. 18: 104-111.
- Tobía, C. and Vargas, E. 2002. Evaluación de las excretas de pollos de engorde (pollinaza) en la alimentación animal. II. Fraccionamiento de los componentes nitrogenados y contenido de energía. Rev. Agronomía Costarricense. Vol. 24 (1): pp. 55-62.
- Tobía, C., E. Vargas, et al. 2001. Uso de las excretas de pollos de engorde (pollinaza) en la alimentación animal. III. Rendimiento productivo de toretes de engorde. Rev. Agronomía Costarricense. Vol. 25 (2): pp.35-43.
- Tobía, C. and Vargas, E. 2000. Evaluación de las excretas de pollos de engorde (pollinaza) en la alimentación animal. I. Disponibilidad y composición química. Rev. Agronomía Costarricense. Vol. 24 (1): pp. 47-53.
- Torres, G. G., Arbaiza, F.T., C. F. Carcelén. y O. A. Lucas. 2009. Comparación de las técnicas *in situ*, *in vitro* y enzimática (celulosa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos. Rev. Inv. Vet. Perú. Vol. 20 (1): pp. 5-9.