

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas

Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia



**“DETERMINACIÓN DE LA DEGRADABILIDAD RUMINAL “*IN SITU*” DE LA
MATERIA SECA Y PROTEÍNA CRUDA DE LA MORINGA (*Moringa oleifera*).
FUNDO LA BANDA HUASACACHE AREQUIPA - 2018”**

**"DETERMINATION OF DRY MATTER AND CRUDE PROTEIN RUMINAL
DEGRADABILITY IN SITU OF MORINGA (*Moringa oleifera*) FUNDO
LA BANDA HUASACACHE AREQUIPA - 2018"**

Tesis presentada por el Bachiller:

Ranilla Alvarez, Salvador Adolfo

Para optar por el Título Profesional de:

Médico Veterinario y Zootecnista

Asesor:

Mgter. MVZ Zegarra Paredes, Jorge Luis

Arequipa – Perú

2019



Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax:(51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe <http://www.ucsm.edu.pe> Apartado: 1350

AREQUIPA - PERU

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS BIOLÓGICAS Y QUÍMICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DICTAMEN PASE A SUSTENTACIÓN

El jurado dictaminador presidido por el MGTER. GUILLERMO VÁSQUEZ RODRÍGUEZ e integrado por el vocal DR. ALEXANDER OBANDO SÁNCHEZ y secretaria la MGTER. VERÓNICA VALDEZ NÚÑEZ

DICTAMINA:

Que el Borrador de tesis titulado:

DETERMINACIÓN DE LA DEGRADABILIDAD RUMINAL "*In situ*" DE LA MATERIA SECA Y PROTEÍNA CRUDA DE LA MORINGA (*Moringa oleífera*). FUNDO LA BANDA HUASACACHE AREQUIPA - 2018

presentado por (la) Sr.(s)(ita):

RANILLA ALVAREZ, SALVADOR ADOLFO

Puede ser sustentado públicamente después de tener en cuenta las observaciones del dictamen adjunto. Caso contrario, el (la) Bachiller asume la responsabilidad que pudiera derivarse.

Asesor(a): Mgter. JORGE ZEGARRA PAREDES

Arequipa, 30 de setiembre del 2019



MGTER. CARLOS SANZ LUDEÑA
Director de la Escuela Profesional de
Medicina Veterinaria y Zootecnia

CSL/DEPMVZ
JL



Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax: (51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe <http://www.ucsm.edu.pe> Apartado: 1350

"IN SCIENTIA ET FIDE EST FORTITUDO NOSTRA"
(En la Ciencia y en la Fe está nuestra fuerza)

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DICTAMEN BORRADOR DE TESIS

Señor Magíster

CARLO SANZ LUDEÑA

Director de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Presente.-

Mediante el presente, comunicamos a usted que se ha procedido a revisar el Borrador de Tesis titulado:

DETERMINACIÓN DE LA DEGRADABILIDAD RUMINAL "*In situ*" DE LA MATERIA SECA Y PROTEÍNA CRUDA DE LA MORINGA (*Moringa oleífera*), FUNDO LA BANDA HUASACACHE AREQUIPA - 2018

presentado por:

RANILLA ALVAREZ, SALVADOR ADOLFO

Asesorado (a) por el(la): Mgter. JORGE ZEGARRA PAREDES

El jurado dictaminador presidido por el MGTER. GUILLERMO VÁSQUEZ RODRÍGUEZ, e integrado por la vocal DR. ALEXANDER OBANDO SÁNCHEZ y secretaria la MGTER. VERÓNICA VALDEZ NÚÑEZ;

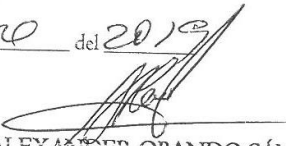
DICTAMINA:

Apto para su lectura

OBSERVACIONES

Arequipa, 04 de octubre del 2019


MGTER. GUILLERMO VÁSQUEZ RODRÍGUEZ
Presidente


DR. ALEXANDER OBANDO SÁNCHEZ
Vocal


MGTER. VERÓNICA VALDEZ NÚÑEZ
Secretaría



Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax: (51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe <http://www.ucsm.edu.pe> Apartado: 1350

AREQUIPA - PERU

“IN SCIENTIA ET FIDE EST FORTITUDO NOSTRA”
(En la Ciencia y en la Fe está nuestra fuerza)

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DICTAMEN DE PLAN DE TESIS

Señor Magíster
CARLO SANZ LUDEÑA
Director de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Presente.-

Mediante el presente, comunicamos a usted que se ha procedido a revisar el plan de Tesis Titulado:

Titulado:
“DETERMINACIÓN DE LA DEGRADABILIDAD RUMINAL “*In situ*” DE LA
MATERIA SECA Y PROTEÍNA CRUDA DE LA MORINGA (*Moringa oleífera*).
AREQUIPA - 2018
presentado por el (la) Sr.(s)(ita):

RANILLA ALVAREZ, SALVADOR ADOLFO

Asesor: MGTER. JORGE ZEGARRA PAREDES

El jurado dictaminador presidido por el MGTER. GUILLERMO VÁSQUEZ RODRÍGUEZ e
integrado por el DR. ALEXANDER OBANDO SÁNCHEZ y la MGTER. VERÓNICA
VALDEZ NÚÑEZ;

DICTAMINA;

apto para Ejecutar

OBSERVACIONES

Arequipa, 15 de enero del 2019

MGTER. GUILLERMO VÁSQUEZ RODRÍGUEZ
Presidente

DR. ALEXANDER OBANDO SÁNCHEZ
Vocal

MGTER. VERÓNICA VALDEZ NÚÑEZ
Secretaria



Universidad Católica de Santa María

(51 54) 382038 Fax: (51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe <http://www.ucsm.edu.pe> Apartado: 1350

AREQUIPA - PERU

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS BIOLÓGICAS Y QUÍMICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

INSCRIPCIÓN PLAN DE TESIS 2019

Bachiller: **RANILLA ALVAREZ, SALVADOR ADOLFO;**

El jurado dictaminador presidido por el MGTER. GUILLERMO VÁSQUEZ RODRÍGUEZ e integrado por el DR. ALEXANDER OBANDO SÁNCHEZ y la MGTER. VERÓNICA VALDEZ NÚÑEZ según al Reglamento de Grados y Títulos, Título III del Título Profesional de Primera Especialidad, Capítulo III, de la Elaboración, Presentación y Aprobación de un Trabajo de Tesis, Art. 20; el Director de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia;

DICTAMINA:

Autorizar la inscripción del Plan de Tesis titulado

DETERMINACIÓN DE LA DEGRADABILIDAD RUMINAL “*In situ*” DE LA MATERIA SECA Y PROTEÍNA CRUDA DE LA MORINGA (*Moringa oleífera*). AREQUIPA - 2018

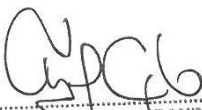
presentado por el (la) Sr.(ita) Alumno(a) de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia;

RANILLA ALVAREZ, SALVADOR ADOLFO

por un período de seis (06) meses a partir de la fecha; debiendo el (la) recurrente proceder al desarrollo del mismo, teniendo en cuenta las observaciones del jurado dictaminador del Plan de Tesis.

ASESOR: MGTER. JORGE ZEGARRA PAREDES

Arequipa, 18 de enero del 2019



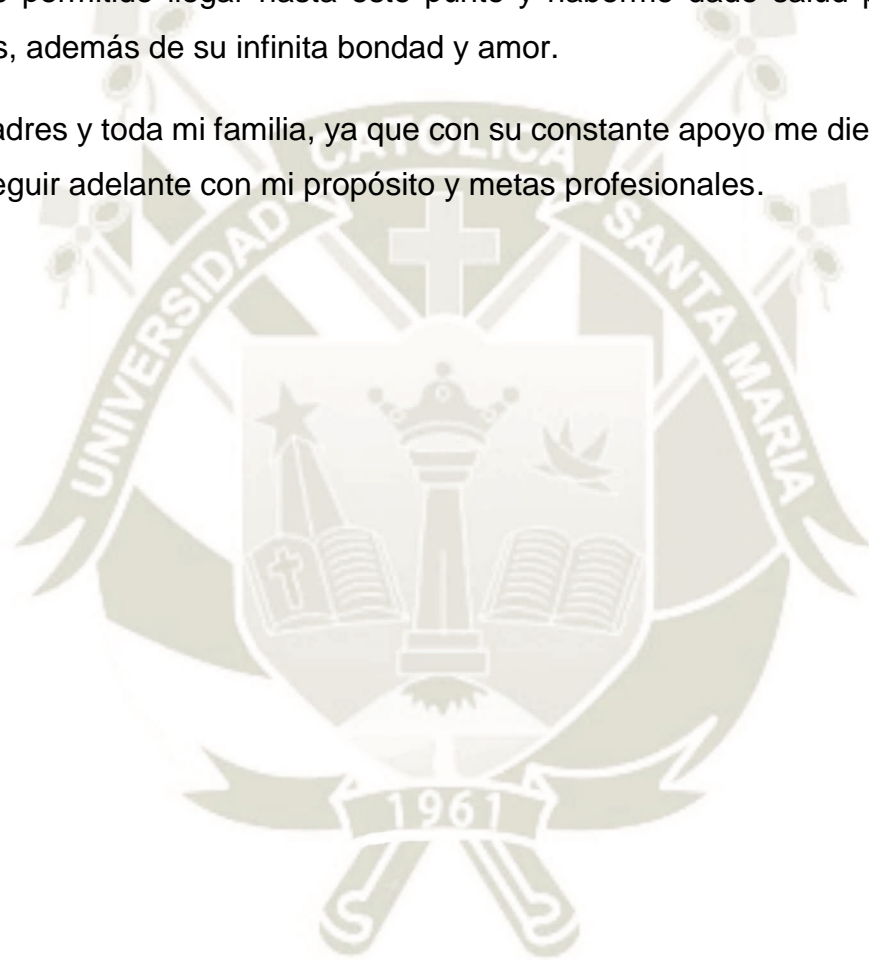
MGTER. CARLO SANZ LUDENA
Director de la Escuela Profesional de
Medicina Veterinaria y Zootecnia

CSL/DEPMVZ
jl.

Dedicatoria

A Dios, que me acompaña y siempre me levanta de mis continuo tropiezo, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres y toda mi familia, ya que con su constante apoyo me dieron fuerza para poder seguir adelante con mi propósito y metas profesionales.



AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Dr. Jorge Zegarra Paredes, por ser guía durante todo este proceso de investigación.

A mis Jurados Dictaminadores: Dr. Guillermo Vásquez Rodríguez, Dr. Alexander Obando Sánchez, Dra. Verónica Valdez Núñez, por sus consejos y correcciones para la mejora del presente trabajo de investigación.

A la Universidad Católica de Santa María, a la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional.

Al Proyecto de Investigación “Caracterización agronómica química y de fermentación in vitro e in situ de *Moringa Oleifera* fresca y ensilada como alimento para ganado rumiante” por el financiamiento de los análisis de laboratorio

Y a todas las personas que han sido participe de la tesis.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Fundo La Banda Huasacache de la Universidad Católica de Santa María con el objetivo de estimar el porcentaje de degradabilidad ruminal de la materia seca (MS) y proteína cruda (PC) del follaje de *Moringa oleifera* en tres edades de corte (30, 60 y 90 días) y a siete tiempos de incubación ruminal (0, 2, 4, 8, 16, 32 y 48 horas) cosechado en época de verano, en la Irrigación de Majes, Arequipa. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (3x7) con cuatro repeticiones por cada tiempo de incubación ruminal. Para la degradabilidad de la MS los resultados se evaluaron mediante un análisis de varianza encontrándose diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) tanto entre días de rebrote como entre tiempos de incubación. Se encontró diferencias altamente significativas entre todos días de rebrote, 66.1% a los 30 días, 60.6% a los 60 días y 55.9% a los 90 días de rebrote, concluyéndose que la degradabilidad ruminal de la MS disminuyó significativamente conforme se incrementó el momento de corte y en consecuencia el estado fenológico. Los parámetros de degradabilidad ruminal de la MS fueron, fracción soluble "A" varió desde 27.77 a 30.50% no habiendo diferencias significativas entre días de rebrote ($p > 0.05$). La fracción insoluble potencialmente digestible "B" varió desde 52.70% a los 90 días hasta 58.69% a los 30 días de rebrote con diferencias altamente significativas entre los 30 días y los 60 y 90 días ($p < 0.01$) pero sin diferencias entre los 60 y 90 días ($p > 0.05$). La tasa de digestión de la fracción "B" (Kd) fluctuó desde 0.08 hasta 0.16 h⁻¹ con diferencias altamente significativas entre los 90 días y los demás días de rebrote ($p < 0.01$) pero sin diferencias entre 30 y 60 días de rebrote ($p > 0.05$). La degradabilidad efectiva (DE) para una tasa de pasaje constante (Kp) de 6%/h varió desde 59.38% a los 90 días de rebrote hasta un máximo de 71.81% a los 30 días con diferencias altamente significativas entre todos días, ($p < 0.001$) demostrando una disminución significativa de la degradabilidad efectiva de la *Moringa oleifera* conforme se incrementan los días de corte del forraje en la época de verano. Se determinó un promedio de 65.69% de degradabilidad efectiva entre todos los tiempos de corte. Finalmente la fracción potencialmente digestible (DP) varió desde 80.93% a los 60 días hasta 89.19% a los 30 días de rebrote con diferencias altamente significativas entre todos los tiempos de corte ($p < 0.001$). En cuanto a la PC se encontró diferencias altamente significativas

($p < 0.001$) tanto entre días de rebrote como entre tiempos de incubación. Hubieron diferencias altamente significativas entre los 30 días de rebrote con un porcentaje de 63.36% con respecto a los demás, aunque no hubo diferencias entre los 60 días (56.11%) y los 90 días de rebrote (54.09%), concluyéndose que la degradabilidad ruminal de la PC disminuyó significativamente entre los 30 y 60 días conforme se incrementó el momento de corte y en consecuencia el estado fenológico, pero después tendió a asintotizarse. En los parámetros de degradabilidad la fracción soluble “A” varió desde 18.47 a 19.10% no habiendo diferencias significativas entre todos los días de rebrote ($p > 0.05$). La fracción insoluble potencialmente digestible “B” varió desde 72.04% a los 60 días hasta 78.46% a los 90 días de rebrote sin diferencias estadísticas significativas entre todos los estados de corte ($p > 0.05$). La tasa de digestión de la fracción “B” (Kd) fluctuó desde 0.06 hasta 0.15 h⁻¹ con diferencias altamente significativas entre los 30 días y los demás días de rebrote ($p < 0.01$) pero sin diferencias entre 60 y 90 días de rebrote ($p > 0.05$). La degradabilidad efectiva de la proteína (DE) para una tasa de pasaje constante (Kp) de 6%/h varió desde 58.32% a los 90 días de rebrote hasta un máximo de 73.38% a los 30 días con diferencias altamente significativas entre todos los días de corte, ($p < 0.001$) demostrando una disminución significativa de la degradabilidad efectiva de la PC, conforme se incrementan los días de corte del forraje en la época de verano. Se determinó un promedio de 63.39% de degradabilidad efectiva de la PC entre todos los tiempos de corte. El porcentaje de Proteína No Degradable Ruminal para una tasa de pasaje constante (Kp) de 6%/h varió desde 29.62% a los 30 días de rebrote hasta 41.68% a los 90 días, con diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) comparando 30 días con respecto a los demás, sin diferencias entre los 60 y 90 días de rebrote. Los resultados demostraron un aumento significativo del % de proteína no degradable o “by pass” conforme se incrementaron los días de rebrote. La fracción de Proteína No Degradable Potencialmente Digestible; (PNDPD) varió desde 71.79% a los 30 días hasta 94.07% a los 90 días de rebrote con diferencias altamente significativas entre todos los tiempos de corte ($p < 0.01$).

Palabras clave: Moringa, degradabilidad ruminal, follaje, edad de rebrote

ABSTRACT

The present research work was carried out in the Fundo La Banda Huasacacche of the Catholic University of Santa María with the objective of estimating the percentage of ruminal degradability of dry matter (MS) and crude protein (PC) of *Moringa oleifera* foliage in three cutting ages (30, 60 and 90 days) and seven times of ruminal incubation (0, 2, 4, 8, 16, 32 and 48 hours) harvested in summer time, in the Irrigation of Majes, Arequipa. A completely randomized design with factorial arrangement (3x7) with four repetitions was used for each ruminal incubation time. For the degradability of the MS the results were evaluated by means of an analysis of variance finding highly significant differences ($p < 0.001$) both between days of regrowth and between incubation times. Highly significant differences were found between all days of regrowth, 66.1% at 30 days, 60.6% at 60 days and 55.9% at 90 days of regrowth, concluding that the ruminal degradability of DM decreased significantly as the timing of cut and consequently the phenological state. The ruminal degradability parameters of the MS were, soluble fraction "A" varied from 27.77 to 30.50%, with no significant differences between days of regrowth ($p > 0.05$). The potentially digestible insoluble fraction "B" varied from 52.70% at 90 days to 58.69% at 30 days of regrowth with highly significant differences between 30 days and 60 and 90 days ($p < 0.01$) but without differences between 60 and 90 days ($p > 0.05$). The digestion rate of fraction "B" (Kd) fluctuated from 0.08 to 0.16 h⁻¹ with highly significant differences between 90 days and other days of regrowth ($p < 0.01$) but no differences between 30 and 60 days of regrowth ($p > 0.05$). The effective degradability (SD) for a constant passage rate (Kp) of 6% / h varied from 59.38% at 90 days of regrowth to a maximum of 71.81% at 30 days with highly significant differences between all days, ($p < 0.001$) demonstrating a significant decrease in the effective degradability of *Moringa oleifera* as forage cut days increase during the summer season. An average of 65.69% of effective degradability was determined between all cutting times. Finally, the potentially digestible fraction (PD) varied from 80.93% at 60 days to 89.19% at 30 days of regrowth with highly significant differences between all cutting times ($p < 0.001$). significant ($p < 0.001$) both between days of regrowth and between incubation times. There were highly

significant differences between the 30 days of regrowth with a percentage of 63.36% compared to the others, although there were no differences between 60 days (56.11%) and 90 days of regrowth (54.09%), concluding that ruminal degradability of PC decreased significantly between 30 and 60 days as the cutoff time increased and consequently the phenological state, but then tended to asymptotize. In the degradability parameters, the soluble fraction "A" varied from 18.47 to 19.10%, with no significant differences between all days of regrowth ($p > 0.05$). The potentially digestible insoluble fraction "B" varied from 72.04% at 60 days to 78.46% at 90 days of regrowth without significant statistical differences between all cut states ($p > 0.05$). The digestion rate of fraction "B" (Kd) fluctuated from 0.06 to 0.15 h⁻¹ with highly significant differences between 30 days and other days of regrowth ($p < 0.01$) but without differences between 60 and 90 days of regrowth ($p > 0.05$). The effective degradability of the protein (ED) for passage rate (Kp) of 6% / h varied from 58.32% at 90 days of regrowth to a maximum of 73.38% at 30 days ($p < 0.001$), demonstrating a significant decrease in the ED, as the days of cut of the forage increase in the summer season. An average of 63.39% of effective degradability of the CP was determined between all the cut-off times. The percentage of Non-Degradable Ruminal Protein for a constant passage rate (Kp) of 6% / h varied from 29.62% at 30 days of regrowth up to 41.68% at 90 days, with highly significant differences ($p < 0.001$) comparing 30 days with respect to the others, without differences between 60 and 90 days of regrowth. The results demonstrated a significant increase in% of non-degradable protein or "by pass" as the days of regrowth increased. The Potentially Digestible Non-Degradable Protein fraction; (PNDPD) ranged from 71.79% at 30 days to 94.07% at 90 days of regrowth with highly significant differences between all cutting times ($p < 0.01$).

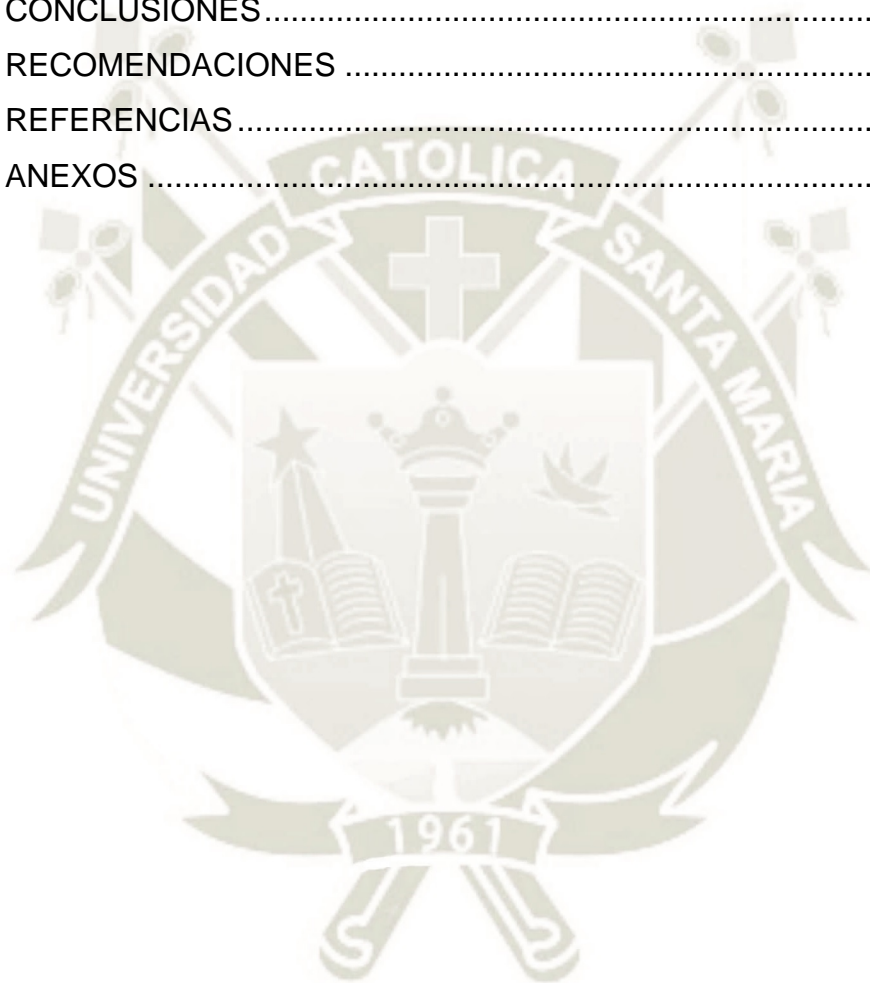
Key words: Moringa, ruminal degradability, foliage, regrowth age

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO	1
1.1. Enunciado del problema.....	1
1.2. Descripción del Problema	1
1.3. Justificación del Trabajo.....	1
1.3.1. Aspecto General.....	1
1.3.2. Aspecto Tecnológico	2
1.3.3. Aspecto Social.....	2
1.3.4. Aspecto económico	2
1.3.5. Importancia del trabajo	2
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Planteamiento de la hipótesis	4
2. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL.....	5
2.1. Análisis bibliográfico.....	5
2.1.1. <i>Moringa Oleífera</i>	5
2.1.1.1. Evaluación nutricional de los alimentos.....	7
2.1.1.2. Humedad y materia seca (MS).....	8
2.1.1.3. Proteína cruda (PC).....	9
2.1.1.4. Extracto etéreo (EE).....	9
2.1.1.5. Cenizas (CZS).....	10
2.1.1.6. Extracto libre de nitrógeno (ELN)	10
2.1.2. Pared celular.....	10
2.1.3. Estructura química de la fibra	11
2.1.4. Análisis de la fibra.....	12
2.1.5. Digestibilidad	14
2.1.6. Degradabilidad <i>in situ</i>	15

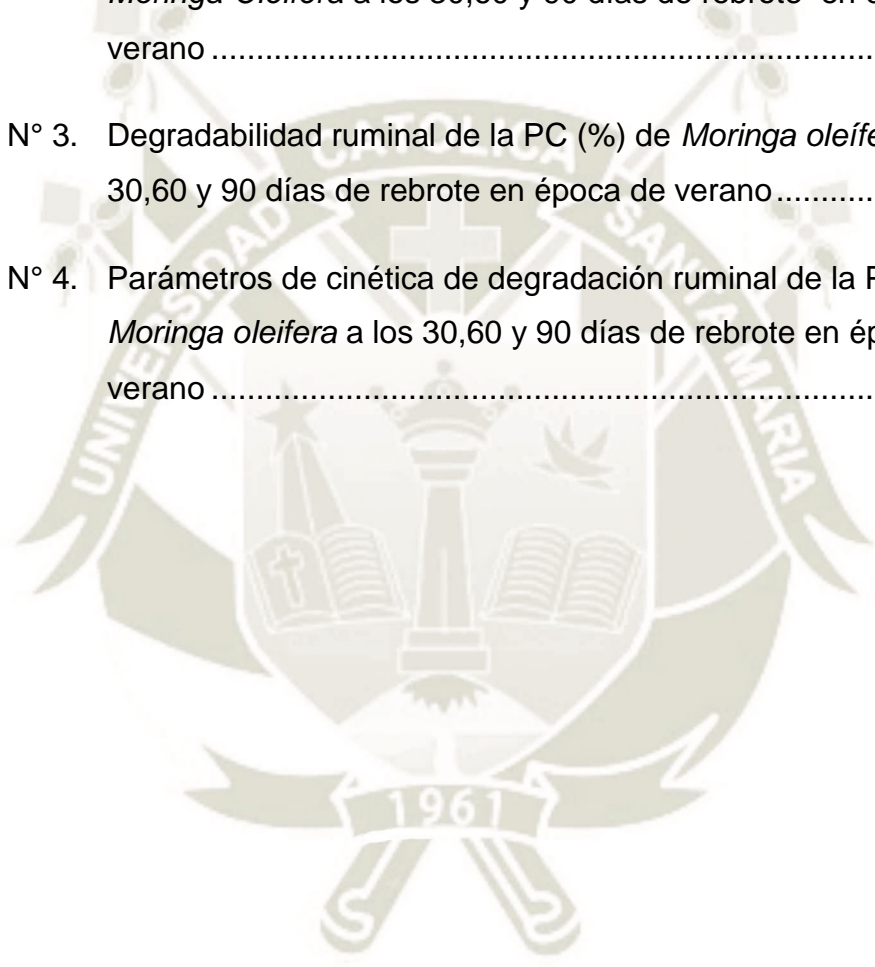
2.1.7.	Digestibilidad de los componentes de la pared celular	17
2.2.	Antecedentes de investigación.....	18
2.2.1.	Análisis de tesis.....	18
2.2.2.	Otros trabajos de investigación.....	22
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1.	Materiales.....	24
3.1.1.	Localización del trabajo	24
3.1.2.	Localización temporal.....	24
3.1.3.	Material biológico.....	24
3.1.4.	Material de laboratorio	24
3.1.5.	Material de campo	25
3.1.6.	Equipo y maquinaria.....	25
3.1.7.	Otros materiales	26
3.2.	Métodos	26
3.2.1.	Muestreo.....	26
3.2.2.	Formación de las unidades experimentales de estudio	27
3.2.3.	Métodos de evaluación.....	27
3.2.4.	Variables de respuesta	31
3.2.5.	Evaluación estadística.....	31
3.2.5.1.	Diseño experimental.....	31
3.2.5.2.	Unidades experimentales.....	31
3.2.5.3.	Análisis estadísticos.....	32
3.2.5.4.	Tratamientos	32
3.2.5.5.	Nivel de significancia.....	33
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1.	Determinación la curva de degradabilidad de la Materia seca a los 30, 60 y 90 días de rebrote.....	34
4.1.1.	Degradabilidad ruminal de la MS.....	34
4.2.	Determinación el porcentaje de degradabilidad efectiva de la materia seca, a los 30, 60 y 90 días de rebrote.	36
4.2.1.	Cinética de la degradación de la MS	36

4.3.	Determinación la curva de degradabilidad de la Proteína cruda a los 30, 60 y 90 días de rebrote.....	40
4.3.1.	Degradabilidad ruminal de la PC	40
4.4.	Determinación el porcentaje de degradabilidad efectiva de la proteína cruda, a los 30, 60 y 90 días de rebrote.	42
4.4.1.	Cinética de la degradación de la PC.....	42
5.	CONCLUSIONES.....	48
6.	RECOMENDACIONES	50
7.	REFERENCIAS.....	51
8.	ANEXOS	58



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Degradabilidad ruminal de la MS (%) de <i>Moringa oleífera</i> a los 30,60 y 90 días de rebrote en época de verano	34
Tabla N° 2. Parámetros de cinética de degradación ruminal de la MS de <i>Moringa Oleífera</i> a los 30,60 y 90 días de rebrote en época de verano	38
Tabla N° 3. Degradabilidad ruminal de la PC (%) de <i>Moringa oleífera</i> a los 30,60 y 90 días de rebrote en época de verano	40
Tabla N° 4. Parámetros de cinética de degradación ruminal de la PC de <i>Moringa oleífera</i> a los 30,60 y 90 días de rebrote en época de verano	44



ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica N° 1. Porcentaje de degradabilidad ruminal de la MS según estados de corte y tiempos de incubación ruminal	35
Gráfica N° 2. Curva de degradabilidad ruminal de la MS a los 30 días de rebrote en época de verano	36
Gráfica N° 3. Curva de degradabilidad ruminal de la MS a los 60 días de rebrote en época de verano	37
Gráfica N° 4. Curva de degradabilidad ruminal de la MS a los 90 días de rebrote en época de verano	37
Gráfica N° 5. Degradabilidad ruminal de la PC (%) de <i>Moringa oleífera</i> a los 30,60 y 90 días de rebrote en época de verano.....	41
Gráfica N° 6. Curva de degradabilidad ruminal de la PC a los 30 días de rebrote en época de verano	42
Gráfica N° 7 Curva de degradabilidad ruminal de la PC a los 60 días de rebrote en época de verano	43
Gráfica N° 8. Curva de degradabilidad ruminal de la PC a los 90 días de rebrote en época de verano	43
Gráfica N° 9. Porcentaje de Proteína Degradable y No Degradable de la <i>Moringa oleífera</i> en tres estados de corte	45

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1.	Vaca fistulada de la Universidad Católica de Santa María para realizar la investigación de la “determinación de la degradabilidad ruminal “ <i>in situ</i> ” de la materia seca y proteína cruda de la moringa (<i>moringa oleifera</i>). fundo la banda Huasacache Arequipa - 2019”	59
Foto 2.	Muestras molidas de la <i>Moringa Oleífera</i> en los días 30- 60- 90.....	59
Foto 3.	Días de rebrote de la moringa oleífera y horas para incubar in situ del rumen de vaca fistulada	60
Foto 4.	Pesando las muestras en la balanza analítica para luego incubar en el rumen de la vaca fistulada.....	61
Foto 5.	Pesando las muestras 5 gramos, en la balanza analítica para luego incubar en el rumen de la vaca fistulada.	62
Foto 6.	Muestras pesadas del rebrote día 30 para luego ser incubadas en el rumen de la vaca fistuladas.....	63
Foto 7.	Preparando las muestras en la cadena para luego ser incubadas en el rumen por 48 horas	63
Foto 8.	Las muestras de <i>Moringa oleifera</i> a punto de ser incubadas en el rumen	64
Foto 9.	Incubando las muestras de Moringa oleífera.....	64
Foto 10.	Retirando las muestras incubadas de la <i>Moringa oleifera</i> despues del tiempo indicado.	65
Foto 11.	Retirando las muestras incubadas de la <i>Moringa oleifera</i> despues del tiempo indicado	65
Foto 12.	Incubando las muestras de <i>Moringa oleifera</i>	66

Foto 13. Retirando las muestras de la <i>Moringa oleifera</i>	66
Foto 14. Muestras de la <i>Moringa oleifera</i> retiradas del rumen.....	67
Foto 15. Retiro de muestra	67
Foto 16. Muestras pesadas para luego ser incubadas en el rume de la vaca fistulada	68
Foto 17. Retirando las muestras de <i>Moringa Oleífera</i>	68
Foto 18. Retirando las muestras incubadas de la <i>Moringa oleifera</i> despues del tiempo indicado	69
Foto 19. Retirando las muestras incubadas de la <i>Moringa oleifera</i> despues del tiempo indicado	69
Foto 20. Muestras retiradas del rumen luego de ser incubada a las 2-4-8-16-32-48 horas.....	70
Foto 21. Una vez terminado el proceso de incubación en el rumen. Se hace el lavado de las muestras 0-2-4-8-16-32-48 horas para ser secadas en la estufa de aire forzado por 48 horas.....	70
Foto 22. Las muestras lavadas ya listas para poner a la estufa de aire forzado	71
Foto 23. Muestras lavadas y listas para poner a las estufa de aire forzado ...	71
Foto 24. Las muestras a punto de ser puestas a la estufa de aire forzado por 48 horas	72
Foto 25. Una vez sacada de la estufa se pesa en la balanza analítica para ver cuánto se ha degradado.....	72
Foto 26. Después de ser incubada en el rumen, despues de ser secada en la estufaen aire forzado por 48 horas , pesamos las muestras para ver la	

- cantidad que se ha degradado en los diferentes tiempos 0-2-4-8-16-32-48 horas..... 73
- Foto 27. Pesando las muestras para ver la degradabilidad del total de muestra que se puso a principio..... 73
- Foto 28. Pesando las muestras para ver la cantidad que se ha degradado 74
- Foto 29. Materia Seca; para sacar materia seca se realiza el siguiente procedimiento se lava los crisoles se coloca a la estufa de convección natural por 1 horas a 100°C ; se coloca al desecador luego se tara el crisol, se pesa la muestra 2 gramos; se lleva a la estufa de convección natural por 2 horas a una temperatura de 102 °C + - 5 °C finalmente se coloca al desecador por 20 minutos y se pesa 74
- Foto 30. Pesando 2 gramos de muestra de *Moringa oleífera* para sacar % de materia seca 75
- Foto 31. Los crisoles con 2 gramos de muestra en la estufa de convección natural que seran incubada por 2 horas a una temperatura de 102 °C +5 °C 75
- Foto 32. Para sacar el porcentaje de proteína primero se hace la digestión de proteína; se pesa 15 g de muestra, 1 gramo de catalizador, 4 ml de ácido sulfúrico todo esto se adiciona al tubo kjendahl 76
- Foto 33. Adicionando 4 ml de ácido sulfúrico a los tubos de Kjendahl, se pone 2 perlas de vidrio, se coloca los tubos en el bloque digestor..... 76
- Foto 34. Bloque digestor donde se hace la digestión de proteína a una temperatura de 400 °C por un tiempo de 3 horas y 30 minutos aproximadamente..... 77
- Foto 35. Tubos kjendahl retiradas del bloque digestor para hacer la destilacion de proteina..... 77

Foto 36. Destilador Kjendahl de Proteína es donde se realiza la destilacion de proteína procedimiento es lo siguiente 1)Los tubos Kjendahl es llevado al destilador 2)Se adicina 25 ml de hidroxido de sodio al 40% a cada tubo 3)Al adicionar se va a teñir de color azul 4)Al otro extremo del equipo se coloca 25 ml de acido borico al 4%en un matraz con3 gotas de indicador mixto 5) se espera por 8 minutos el alarma del equipo obsevando el cambio de color de de morado a turquesa	78
Foto 37. Agregando 25 ml de hidróxido de sodio a cada tubo para realizar la digestión de proteína	78
Foto 38. Pesando el catalizador para sacar proteína	79
Foto 39. Realizando la titulación de proteína en micropipetas con acido clorhidrico al 0.25 luego se el viraje de color turquesa a morado indica el gasto titulable.....	79
Foto 40. Observando el viraje del color del matraz cambiado de morado a turquesa.....	80
Foto 41. Agregando reactivo Hidróxido de sodio al 40%	80
Foto 42. Titulación de proteína	81
Foto 43. Titulación de proteína	81
Foto 44. Registro de materia seca total	82
Foto 45. Registró Análisis de proteína	82
Foto 46. Registro de análisis de proteína	83

1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. Enunciado del problema

Determinación de la degradabilidad ruminal “*In Situ*” de la materia seca y proteína cruda de la Moringa (*Moringa oleifera*).

1.2. Descripción del Problema

El problema principal de la ganadería lechera en diferentes partes del Perú es la baja disponibilidad y calidad del forraje en la alimentación y nutrición de los rumiantes, por lo que se debe buscar el estudio de nuevas especies forrajeras en cuanto a su disponibilidad y calidad nutricional para los animales.

La limitada disponibilidad y calidad de forraje es el factor aislado que más limita la producción de los rumiantes. Este problema se acentúa principalmente durante las épocas de escasez, donde resulta insuficiente cubrir los requerimientos alimenticios de los animales.

1.3. Justificación del Trabajo

1.3.1. Aspecto General

Se orientará a la evaluación de nuevas alternativas forrajeras para uso en la alimentación de ganado rumiante en función de su valor nutricional y digestibilidad bajo condiciones de producción y utilización a nivel local. Se contará con los datos de la degradabilidad ruminal de la MS y PC de la *Moringa oleifera*, como una alternativa forrajera importancia en los sistemas ganaderos de la costa de nuestra región, así como también con la aplicación de técnicas validadas internacionalmente, pero con muestras locales. Esto nos ayudaría a un desarrollo de los conocimientos en el ámbito de la nutrición y alimentación animal, con implicancia directa en mejores ganancias económicas.

1.3.2. Aspecto Tecnológico

El uso de los modelos matemáticos para estimar la degradabilidad ruminal de los nutrientes es una herramienta tecnológica que cada vez va tomando mayor importancia en la valoración de alimentos y forrajes destinados a animales rumiantes, y conjuntamente al avance de las ciencias computacionales resulta muy rápido y exacto estimar de manera razonable los proceso de digestión en este tipo de animales.

1.3.3. Aspecto Social

La ganadería lechera es una actividad productiva importante en nuestra región y de la cual viven miles de familias y las cuales requieren de alternativas para a la alimentación de sus animales pero con información correcta y adecuada sobre el valor nutricional de las mismas, así como del posible uso digestivo en los animales con rangos de precisión y exactitud suficientes para formular raciones costo-efectivas que cumplan con los requerimientos del animal pero que también sean de bajo costo.

1.3.4. Aspecto económico

El uso de alternativas forrajeras que puedan suplir el suministro de nutrientes en especial en épocas de escasez redundara en réditos económicos para las explotaciones ganaderas, que muchas veces tienen que pagar altos costos por forrajes tradicionales que son escasos en determinadas épocas del año afectado la rentabilidad de sus explotaciones ganaderas.

1.3.5. Importancia del trabajo

Se contará con los datos de la degradabilidad ruminal de la MS y PC de la Moringa oleífera, como una alternativa forrajera

importancia en los sistemas ganaderos de la costa de nuestra región, así como también con la aplicación de técnicas validadas internacionalmente, pero con muestras locales. Esto nos ayudaría a un desarrollo de los conocimientos en el ámbito de la nutrición y alimentación animal, con implicancia directa en mayores ganancias económicas para los productores.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la degradabilidad ruminal “In Situ” de la materia seca y proteína cruda de la Moringa (*Moringa oleifera*).

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la curva de degradabilidad de la Materia seca a los 30, 60 y 90 días de rebrote.
- Determinar el porcentaje de degradabilidad efectiva de la materia seca, a los 30, 60 y 90 días de rebrote y a los 0,2,4,8,16, 32 y 48 horas de incubación.
- Determinar la curva de degradabilidad de la Proteína cruda a los 30, 60 y 90 días de rebrote.
- Determinar el porcentaje de degradabilidad efectiva de la proteína cruda, a los 30, 60 y 90 días de rebrote y a los 0,2,4,8,16, 32 y 48 horas de incubación.

1.5. Planteamiento de la hipótesis

Debido que en los alimentos y forrajes la materia seca y la proteína cruda, sufren un proceso de degradación microbiana a nivel ruminal, es probable que; la metodología de degradabilidad *in situ* nos permita establecer la magnitud de dicha **degradación** y estimar con precisión la curva de degradación en el tiempo, de las muestras de *Moringa oleifera* según diferentes estados de corte y tiempos de incubación.



2. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL

2.1. Análisis bibliográfico

2.1.1. *Moringa Oleífera*

M. oleífera es la especie más conocida del género Moringa. Es un árbol originario del sur del Himalaya, el nordeste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán. Se encuentra diseminado en una gran parte del planeta, y en América Central fue introducida en los años 1920 como planta ornamental y para cercas vivas (Foidl et al., 1999). La conoce con el nombre común “marango”, pertenece a la familia Moringaceae y su nombre científico es Moringa oleífera Lam. García Roa, (2003)

Es un árbol de hasta 9 m de altura. Las hojas son compuestas y están dispuestas en grupos de folíolos, con cinco pares de éstos acomodados sobre el pecíolo principal y un folíolo en la parte terminal. Las hojas son alternas tripinadas, con una longitud de 30-70 cm. Se trata de un árbol perenne pero poco longevo, que a lo sumo puede vivir 20 años, aunque se han obtenido variedades en la India que son anuales. Es una especie de muy rápido crecimiento. Aporta una elevada cantidad de nutrientes al suelo, además de protegerlo de factores externos como la erosión, la desecación y las altas temperaturas (Jyothi et al., 1990; Morton, 1991).

En su hábitat natural crece hasta los 1 400 m de altitud, a lo largo de los ríos más grandes en suelos aluviales arenosos o guijosos. Ramachandran et al. (1980) plantearon que es muy resistente a la sequía y se cultiva en regiones áridas y semiáridas de la India, Paquistán, Afganistán, Arabia Saudita y África del Este, donde las precipitaciones alcanzan sólo los 300 mm anuales. Según Reyes (2006) la moringa es resistente a la sequía y tolera una precipitación anual de 500 a 1 500 mm. Además crece en un rango de pH de suelo

entre 4,5 y 8, excepto en arcillas pesadas, y prefiere suelos neutros o ligeramente ácidos. A su vez, García Roa (2003) explica que en Centroamérica se encuentra en zonas con temperaturas de 6 a 38°C. Es resistente al frío por corto tiempo, pero no menos de 2 a 3°C. En las temperaturas menores de 14°C no florece y solamente se puede reproducir vegetativamente (por estacas). Se localiza desde el nivel del mar hasta 1 800 msnm. Falasca y Bernabé (2008) plantearon que en su hábitat natural las temperaturas medias anuales presentan grandes fluctuaciones. Durante los meses más fríos soporta entre -1°C y 3°C; mientras que en los meses más cálidos de 38°C a 48°C.

Price (2000), plantea que la moringa puede sembrarse intensivamente. A este nivel de producción, los requisitos de nutrientes por hectárea por año son: 1,8 kg calcio; 0,5 kg cobre, 1,4 kg magnesio; 380 kg fósforo; 0,6 kg boro; 280 kg nitrógeno y 0,3 kg zinc. Es posible que los suelos en otras localidades proporcionen una parte de estos requisitos y los fertilizantes puedan ser distintos. La alta productividad implica una mayor extracción de nutrientes del suelo, por lo que en su cultivo intensivo debe ser considerada la fertilización (Foidl et al. 1999).

Foidl et al. (1999) informaron que contiene un 10% de azúcares y la energía metabolizable en las hojas es de 9,5 MJ/kg MS. Por otra parte, García et al. (2006) evaluaron la composición química de seis especies en el estado Trujillo (Venezuela), entre las que se encontraba *M. oleifera*. El contenido de proteína cruda en todas las plantas fue alto. Los niveles de P, Ca y Mg no presentaron variaciones importantes entre las arbóreas y las máximas concentraciones de K y Na se observaron en *M. oleifera* (2,65 y 0,24%, respectivamente). Esta especie, de forma individual, presentó uno de los mayores contenidos de carbohidratos solubles (24,1%) y ceniza (25,8%).

El contenido de PC sobrepasó el 20% en las hojas y los tallos, tanto jóvenes como desarrollados. La composición química varía en correspondencia con la fracción de la planta (Garavito, 2008); este autor encontró los mayores valores de proteína y energía metabolizable en las hojas y el más bajo valor de fibra cruda. García et al. (2009) evaluaron a *M. oleifera* en la fase de vivero y en la producción de biomasa para ofrecerlo a los animales como complemento alimentario, y señalaron que se debe considerar en los sistemas ganaderos en las condiciones de Venezuela.

Los rendimientos de materia seca pueden variar desde 2,6 hasta 34,0 t/ha/corte para densidades de 95 y 16 millones de plantas/hectárea. Pérez (2010) planteó que es una alternativa para la producción de forraje de alto contenido proteico para la alimentación de ovinos en la zona centro de Sinaloa, México debido a su adaptabilidad y bajo costo de producción. Además presenta un 70,5% de digestibilidad aparente de materia seca y 65,5% de digestibilidad aparente de proteína. Garavito (2008) le concede gran importancia a *M. oleifera* en la alimentación animal, ya que por los contenidos de proteína y vitaminas puede ser un suplemento de importancia en la ganadería de leche y engorde, así como en la dieta de aves, peces y cerdos, siempre que haya un balance nutricional.

2.1.1.1. Evaluación nutricional de los alimentos

Evaluar los forrajes es importante para caracterizar nutricionalmente para poder seleccionar mejor los suplementos a utilizar, de tal manera que se optimice la producción, es también importante para garantizar la calidad de productos formulados comercialmente (concentrados energéticos o proteicos). Otra función primordial del análisis de alimentos es detectar la posible presencia de sustancias indeseables que se encuentren presente en los alimentos, las cuales pueden ser dañinas para la salud animal o humana (Colombatto, 2003).

El mejor indicador de la calidad de un alimento dado es la performance animal. La evaluación de los alimentos se lleva a cabo mediante técnicas que predicen los parámetros que constituyen la performance animal: composición química, el consumo, la digestibilidad y la eficiencia de utilización (Cherney, 2000). Los análisis químicos pueden darnos información sobre los componentes químicos del forraje que influyen en la digestión del mismo. El método convencional que se usa para determinar el contenido de sustancias nutritivas de un alimento es llamado Análisis proximal o Análisis Weende. Este método es proximal, porque no determina el contenido de sustancias químicamente definibles, sino que asocia combinaciones orgánicas que responden a determinadas reacciones analíticas (Cañas, 1998).

2.1.1.2. Humedad y materia seca (MS)

La cantidad de agua presente en un forraje es altamente dependiente de factores externos y puede experimentar importantes variaciones a un mismo estado vegetativo del forraje: disminuye ante situaciones de alta intensidad lumínica y altas temperaturas y aumenta en situaciones opuestas. Los tenores más bajos de agua en el forraje son observados en verano y los más elevados en otoño e invierno. El agua intracelular contenida en los forrajes incrementa el valor de llenado que un forraje es capaz de producir en el animal que afecta negativamente el consumo (Gagliostro y Gaggiotti, 2004). El contenido de agua de un alimento depende del grado de madurez de la planta al momento de la cosecha, y del método y tiempo usado en el secado. La humedad indica el contenido de agua de un alimento y se mide como la pérdida de peso que sufre después de someterlo a algunas técnicas de secado, el residuo después de extraer el agua es la MS (Cañas, 1998).

La correcta determinación del contenido de MS de un alimento dado es fundamental, ya que un error en este paso se transfiere al resto de los componentes químicos, los cuales debieran ser expresados sobre base materia seca para permitir comparaciones con otros alimentos.

En el caso de forrajes frescos o heno, las opciones para una correcta determinación del contenido de materia seca son variadas, e incluyen el secado en horno a 65° C por 48 h, a 100° C por 24 h, o a 135° C por 3 h (Cherney, 2000).

2.1.1.3. Proteína cruda (PC)

La determinación de proteína se basa en el método Kjeldahl, el cual mide el contenido total de nitrógeno de un alimento. Con este método, se asume que todo el Nitrógeno (N) está en forma de proteína, sin considerar que existe una proporción de Nitrógeno y proteína bruta asociada a otros compuestos como las amidias, urea, lignina y otros. Para calcular el contenido de proteína cruda (PC), se multiplica el contenido de N obtenido por el factor 6.25, este factor se basa en el supuesto que las proteínas contienen un 16% de N (100/16). Aunque esto es cierto para algunos tipos de proteínas hay variaciones en ellos dependiendo al contenido de aminoácidos (Cañas, 1998; Colombatto, 2003; San Miguel, 2006). Esta medida se llama proteína cruda. La proteína cruda se refiere a que no todo el nitrógeno del alimento está en forma de proteína verdadera y/o compuestos nitrogenados no proteicos (NNP). Normalmente la cifra para proteína cruda da un sobrestimado del porcentaje verdadero de proteína en un alimento. La proteína cruda en forrajes va desde 5% (residuos de cosechas) hasta más de 20% (leguminosas de buena calidad) (Wattiaux, 2000).

2.1.1.4. Extracto etéreo (EE)

Las cantidades de lípidos y otras sustancias grasosas se determinan por un método que se llama extracción con disolventes orgánicos (éter, hexano, acetona, etc.). Los lípidos normalmente rinden 2.25 veces más de la energía que los carbohidratos. Sin embargo, la mayor parte de energía en forrajes y muchos concentrados provienen principalmente de los carbohidratos (Wattiaux, 2000).

2.1.1.5. Cenizas (CZS)

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica. El análisis de las cenizas se lleva a cabo por incineración total de una muestra seca (2 a 3 g) que se obtiene a 550°C por 24 h. En las plantas, el contenido de minerales varía entre 1 a 12%. Los forrajes normalmente contienen más minerales que las semillas o granos (Wattiaux, 2000).

2.1.1.6. Extracto libre de nitrógeno (ELN)

El ELN representa aproximadamente a los hidratos de carbono libres de celulosa, es decir, almidón, azúcares reductores y no reductores, hemicelulosa, gomas y parte de la lignina. Es, por tanto una aproximación al contenido en hidratos de carbono (monosacáridos, disacáridos, polisacáridos, pectinas y otros) y se determinan por diferencia entre la MO y los otros componentes determinados analíticamente (Cañas, 1998). Esta fracción son los denominados carbohidratos solubles.

2.1.2. Pared celular

Los forrajes contienen una proporción significativa de pared celular. Desde el punto de vista de su utilización, la cantidad y el tipo de esta pared es extremadamente importante, porque influye en la forma en que un forraje será empleado por el animal para producir leche o carne. La célula de una planta joven tiene una capa externa, conocida como pared celular primaria. Luego, conforme la planta madura, una segunda capa se forma dentro de ella, llamada pared celular secundaria. La pared celular secundaria es más gruesa y le da a la planta una mayor fortaleza y sostén. Los componentes estructurales principales de éstas son la celulosa y la hemicelulosa, que son carbohidratos estructurales. Juntos, la pared celular primaria y la secundaria, pueden llegar a representar una gran

proporción del sustrato forrajero (40-80%) (Elizondo, 2009).

2.1.3. Estructura química de la fibra

La fibra es una entidad heterogénea formada por varios componentes químicos de composición conocida, pero cuya estructura tridimensional es variable y poco conocida. Desde el punto de vista químico, la fibra se compone de un entramado de celulosa, hemicelulosa y lignina.

a) Celulosa

Tiene una estructura lineal de al menos 15 a 10,000 unidades de glucosa unidos por enlaces β (1-4) y es la molécula disponible más abundante en la naturaleza (Ángeles, 2003). En los rumiantes, la celulosa suele digerirse mejor que la hemicelulosa (Bach y Calsamiglia, 2006).

b) Hemicelulosa

Se encuentra en menor cantidad que la celulosa, de estructura lineal ramificada de menor tamaño que la celulosa. Está conformado por xilosa, arabinosa, galactosa, manosa, glucosa y ácidos urónicos (galacturónico y glucurónico) unidos por enlaces β (1-4), estos son capaces de unirse con la celulosa a través de puentes de hidrógeno (Ángeles, 2003; Bach y Calsamiglia, 2006).

c) Lignina

Es un polímero a base de alcoholes hidroxicinamil de alto peso molecular, adiciona rigidez a la estructura, es totalmente indigestible en el tubo digestivo de los rumiantes y limita la disponibilidad de carbohidratos estructurales para los microorganismos ruminales (Ángeles, 2003; Bach y Calsamiglia, 2006). La concentración de lignina depende de la especie de forraje, es mayor en las leguminosas que en las gramíneas, y del estado vegetativo, a mayor madurez más lignina (Bach y Calsamiglia, 2006).

2.1.4. Análisis de la fibra

A efectos prácticos, se ha definido en términos de Fibra Bruta (FB) o fibra cruda, Fibra detergente neutro (FDN) y detergente ácido (FDA), además de lignina detergente ácido (LDA) que se utilizan para la predicción de la calidad de los forrajes, la ingestión de la materia seca, la digestibilidad y el valor energético de los alimentos (Calsamiglia, 1997). En la mayoría de los sistemas de alimentación, la fibra se define con los siguientes parámetros (Van Soest, 1982):

a) Fibra bruta (FB)

Consiste en el residuo insoluble después de una incubación en una solución ácida, seguida por una alcalina. El residuo contiene celulosa, pero está contaminada con cantidades variables de hemicelulosa, lignina y compuestos nitrogenados, que representa los carbohidratos estructurales de las plantas (Alpizar, 2008). La magnitud de la contaminación de la FB depende mucho del tipo de vegetal y de su estado de desarrollo fisiológico, lo que conduce a errores que dificultan su interpretación, por lo que el uso de la FB en los sistemas actuales debe ser limitado (Van Soest, 1982).

b) Fibra detergente neutra (FDN)

Es el material insoluble en una solución detergente neutra, y se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina. Además, existen otros componentes minoritarios como residuos de almidón, cenizas y nitrógeno (Van Soest, 1982; Calsamiglia, 1997; Angeles, 2003; Elizondo, 2009).

Las concentraciones de FDN y de pared celular son similares, en el caso de las leguminosas la concentración de FDN es mucho menor, debido a que las pectinas (componentes de la pared celular) son solubilizadas por el detergente neutro y no aparecen en el residuo. De todas las fracciones fibrosas, la FDN es la que mejor se correlaciona con el consumo voluntario (Colombatto, 2003). Se ha demostrado que

la FDN está correlacionada negativamente con el consumo de materia seca. En otras palabras, conforme aumenta el contenido de FDN en los forrajes, debido a la edad y a la madurez de las plantas, los animales consumen menos (Elizondo, 2009).

c) Fibra detergente ácido (FDA)

Es el material insoluble en una solución detergente ácida, y está constituida fundamentalmente por celulosa y lignina, aunque suelen existir otros componentes minoritarios como nitrógeno y/o minerales. La diferencia entre FDN y FDA consiste fundamentalmente en hemicelulosa (Van Soest, 1982; Calsamiglia, 1997; Angeles, 2003; Elizondo, 2009). Es importante que la determinación de la FDA se realice sobre el residuo de la FDN, debe ser en forma secuencial (Van Soest et al., 1991), esto permite un cálculo más preciso del contenido de celulosa y hemicelulosa, pero el método no secuencial es más adecuado para la determinación de cenizas ácidas insolubles, taninos y nitrógeno insoluble en FDA (Calsamiglia, 1997).

La FDA está correlacionada negativamente con la digestibilidad de la materia seca. En otras palabras, conforme aumenta el contenido de FDA en los forrajes, éstos se vuelven menos digestibles (Elizondo, 2009).

d) Lignina detergente ácido (LDA)

El análisis de lignina puede realizarse de dos formas: la lignina detergente ácido en su variante oxidativa (con permanganato de potasio), o la lignina Klason, con una digestión en dos fases con ácido sulfúrico. La lignina determinada por el método Klason es 30% mayor en las leguminosas (Van Soest et al., 1991; Bach y Calsamiglia, 2006).

Conforme avanza el crecimiento y la madurez de la planta, las células desarrollan e insertan un material conocido como lignina entre la pared celular primaria y secundaria, que ofrece a la planta mayor fuerza y rigidez (Elizondo, 2009). Las especies arbustivas y arbóreas lignifican principalmente en los tallos y no tanto en las hojas, como sí ocurre en

la mayoría de las gramíneas tropicales utilizadas para el pastoreo; de allí la mayor estabilidad en la calidad nutricional del follaje de las especies leñosas a través del tiempo (Botero y Russo, 1997).

Desde el punto de vista de la nutrición de los rumiantes, la fibra puede definirse como el conjunto de componentes de los vegetales que tienen baja digestibilidad y promueven la rumia y el equilibrio ruminal. La fibra (y particularmente los forrajes) constituye el componente fundamental de las raciones en la mayor parte de los sistemas productivos de rumiantes (Calsamiglia, 1997).

También, el término fibra se refiere a los componentes dietarios derivados de plantas que no pueden ser digeridos por los sistemas enzimáticos de los mamíferos (Moore y Hatfield, 1994). En términos prácticos, el término fibra se circunscribe a la pared celular de los forrajes. Este componente, extraído en detergente neutro (FDN), representa entre el 30 y el 80% de la materia orgánica (MO) en los recursos forrajeros. La degradabilidad de la FDN es muy variable, principalmente debido a diferencias en composición y estructura (Barahona y Sánchez, 2005).

La lignina es un componente orgánico no nutricional, ya que ésta no es digestible y su presencia afecta la disponibilidad de la celulosa y hemicelulosa del forraje. Cuanta más lignina se forme o deposite entre las dos capas, más difícil es para los microorganismos ruminales digerir la celulosa y hemicelulosa, lo que afecta la cantidad de energía que pueden producir los animales (Angeles, 2003; Elizondo, 2009).

2.1.5. Digestibilidad

La digestión de los rumiantes es un proceso complejo que involucra múltiples interacciones entre la dieta, los microorganismos ruminales y el hospedero. Anatómicamente el tracto digestivo de los rumiantes puede ser dividido principalmente en tres compartimientos, cada uno con características propias y particulares: retículo-rumen, intestino delgado e intestino grueso. En el rumen y en el intestino grueso la digestión ocurre

por acción microbiana y en el intestino delgado diferentes complejos enzimáticos degradan los componentes del alimento. El contenido ruminal pueden ser distinguidos dos sub compartimentos con diferentes características de degradación y pasaje: una fase líquida y una fase sólida en la que se evidencia la presencia de partículas con rápidas tasas de pasaje y degradación (alimentos concentrados) y partículas que presentan prolongados tiempos de retención y lenta degradación (forrajes) (Rosero y Posada, 2006).

La digestibilidad se refiere a que no todo el alimento que consumen los animales es realmente asimilado; un determinado porcentaje se elimina por el mecanismo de la excreción y, por tanto, no resulta realmente útil. Por ello, en nutrición animal, se maneja el concepto de digestibilidad, que se define como la capacidad de un determinado principio inmediato de ser realmente asimilado por un animal. Una forma muy elemental de cuantificarla es el denominado coeficiente de digestibilidad, que se define como el porcentaje de un determinado principio inmediato que, después de ser consumido por un animal, no es eliminado en forma de heces (San Miguel, 2006).

El valor nutritivo de los alimentos está determinado por la biodisponibilidad de nutrientes y la dinámica de los procesos de solubilización e hidrólisis en el tracto gastrointestinal (Bruni y Chilbroste, 2001). La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición (Manríquez, 1994).

2.1.6. Degradabilidad *in situ*

La técnica *in situ* ofrece la posibilidad de estudiar la degradabilidad ruminal de los alimentos a través de la utilización de sacos de nylon suspendidos en el rumen. Esta técnica ha sido escogida debido a su gran aproximación a los resultados *in vivo*. Este método también puede ser usado para describir las características de degradación de los componentes estructurales del forraje (Rosero y Posada, 2006).

La degradabilidad *in situ* (método de la bolsa de nylon), también llamado *in sacco*, describe la cinética de degradación de los alimentos en el rumen (Colombatto, 2003). Esta técnica puede también predecir relativamente bien el consumo voluntario y la digestibilidad de un alimento (Orskov, 2000), y ha contribuido extensivamente a mejorar el entendimiento del aporte de nitrógeno (N) al rumiante y sus microorganismos. Según Rotger (2005), esta técnica consiste en incubar el substrato a estudiar en bolsas que se introducirán en el rumen de animales fistulados o canulados. Las bolsas con el suplemento se incuban durante un número creciente de horas y así se obtiene una descripción de la degradación. Tiene la ventaja ante los métodos *in vitro* que tiene en cuenta los procesos digestivos del rumen en funcionamiento pero más económico que los métodos *in vivo*. Muchos factores, además de la actividad microbiana, afectan a la desaparición del ingrediente incubado en las bolsas. Estos factores hacen referencia a:

- a. Animal, especie, dieta que recibe y nivel de alimentación.
- b. Procesado del substrato (molido), que simule al máximo las condiciones de masticación y rumia.
- c. Bolsa de incubación (tamaño de poro, relación muestra: superficie), tiene que asegurar las mismas condiciones de fermentación dentro de la bolsa que en el rumen, sin que se escapen partículas de substrato sin degradar.
- d. Condiciones de incubación, método de colocación de las bolsas en el rumen y localización.
- e. Tiempos de incubación, que describan correctamente la curva de degradación característica de cada substrato.
- f. Número de réplicas necesarias, incubar una misma muestra en tres animales, en dos periodos para obtener una buena repetibilidad.
- g. Tratamientos post incubación, método de lavado de las bolsas y corrección por contaminación microbiana.

2.1.7. Digestibilidad de los componentes de la pared celular

Entre los alimentos con mayor variación de la digestibilidad están los forrajes y el principal causante es el estado de madurez; a medida que aumenta la madurez de la planta, disminuye su contenido de proteína y de azúcares, y se eleva el de fibra, principalmente celulosa y lignina (Maynard et al., 1995; Shimada, 2003).

Las leguminosas son típicamente más digeribles puesto que tienen menor contenido de fibra; esto no se debe a que su fibra sea más digerible. Por el contrario, su degradabilidad es menor dado a su mayor grado de lignificación (Barahona y Sánchez, 2005). En el rumen, el tamaño y la forma de las partículas determinan la velocidad de su degradación por los microorganismos. En general, los rumiantes pasan menos tiempo regurgitando y masticando las leguminosas y más tiempo masticando forrajes maduros que inmaduros (Buxton y Redfearn, 1997).

Las partículas de leguminosas son a menudo cuboides en el rumen. Esto resulta en mayores tasas de pasaje para las partículas de leguminosas. Las leguminosas son potencialmente digeribles por tener una mayor proporción de FDN. Dependiendo de la madurez, los rumiantes digieren del 40 al 50% de FDN de las leguminosas de clima templado (Barahona y Sánchez, 2005).

La digestibilidad está relacionada con el grado de aprovechamiento del forraje por el ganado y depende de la madurez del forraje, por su mayor o menor contenido de fibra y el contenido de taninos. Cuando el nivel de taninos condensados es alto, se disminuye la digestibilidad de la fibra y de la proteína, además baja el consumo de forraje por parte de los animales. Cuando el nivel de taninos condensados es bajo, hay una mejor utilización de la proteína por los rumiantes (Barahona et al., 1998).

No toda la fibra vegetal es digerible en el rumen, aun cuando pueda permanecer en él por mucho tiempo. En tallos maduros, hasta dos tercios del FDN y más de la mitad de los polisacáridos estructurales pueden ser indigeribles (Buxton y Casler, 1993). En general, el contenido de lignina

de los forrajes ha sido asociado negativamente con la degradabilidad de la fibra y se cree que la lignina actúa como una barrera física a la degradación microbiana de la fibra en el rumen. La formación de puentes de ferulato entre la lignina y los polisacáridos es un factor adicional que limita la degradación de fibra en el rumen (Jung y Allen, 1995).

La fibra digerible procedente de forrajes de buena calidad permite altos niveles de inclusión de forrajes en la ración, favorece la salud del rumen y del animal y promueve elevados niveles de síntesis de microbiana. El objetivo es 30-32% de fibra detergente neutro y 19-20% de fibra detergente ácido para buscar el equilibrio entre la ingestión máxima de materia seca y el mantenimiento de las funciones y condiciones normales del rumen (Davis, 2008).

La fibra se fermenta en el rumen lentamente por la acción de las bacterias fibrolíticas. El proceso de degradación de la fibra se inicia con la adhesión de las bacterias a la pared vegetal, proceso que se realiza a una velocidad inversamente proporcional al grado de lignificación de dicha pared. Una vez adheridas, la degradación de los componentes de la pared celular progresa por la acción de las celulasas y hemicelulasas, y varía en función de la composición, el entramado tridimensional de los componentes y el grado de lignificación (Calsamiglia, 1997).

2.2. Antecedentes de investigación

2.2.1. Análisis de tesis

Degradabilidad proteica de los principales recursos forrajeros para vacunos lecheros en la Región Cusco. Abraham F. Machaca Mamani. Universidad Nacional del Altiplano Puno (2008)

Se realizó un estudio en la Estación Experimental de Huasacache, Laboratorio de Nutrición y Alimentación animal de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa, con el objeto de evaluar la cinética de la degradabilidad in situ de la materia seca (MS) y proteína cruda (PC) de dieciocho recursos forrajeros, agrupados en seis grupos: Forrajes Verdes

Gramíneas (FVG), Forrajes Verdes Leguminosas (FVL), Forrajes Verdes Asociados (FVA), Forrajes conservados (FCO), Residuos de cosecha (RCO) y Subproducto Agroindustrial (SAI), empleados en la alimentación de vacas lecheras del ámbito de la provincia de Anta del departamento del Cusco. Los tiempos de incubación evaluados fueron 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48, 72 y 96 horas. Para el efecto se utilizaron dos vacas de la raza Holstein con fístula ruminal. La cinética de la Degradabilidad de MS y PC, de los valores esperados y observados, fueron ajustados por función solver. Para MS, los resultados obtenidos mostraron un efecto significativo ($P < 0.05$) de las especies sobre la cinética de degradabilidad in situ. En FVG, el tiempo de mayor degradabilidad de MS está entre 48 y 72hrs y la mayor degradabilidad muestra el Raygrass italiano inmaduro; en FVL, el mayor tiempo de degradación se produce a las 24hrs y la especie más degradable es el trébol rojo prefloración; en FVA, los tiempos de mayor degradabilidad son a las 72, 48 y 24hrs siendo la Vicia 60% - Avena 40%, la asociación más degradable; en FCO, los tiempos de mayor degradabilidad están entre 72 y 48hrs, siendo el Heno de cebada el más degradable: en RCO, los tiempos de mayor degradabilidad son a las 72 y 96hrs, lo forrajes más degradables son Chala de maíz y Broza de kiwicha y el SAI, Sutuche, su mayor degradabilidad alcanza a las 72 de incubación. Para PC los resultados obtenidos mostraron un efecto significativo ($P < 0.05$) de las especies sobre la cinética de degradabilidad in situ. En FVG, los tiempos de mayor degradabilidad se produce a las 48, 24 y 16hrs y la mayor degradabilidad muestra el Raygrass italiano inmaduro; en FVL, las mayores degradabilidades de PC se producen a las 24, 16, 48 y 8 hrs de incubación y la especie más degradable es el trébol rojo prefloración; en FVA, el tiempo de mayor degradabilidad es a las 48hrs siendo la Vicia 60% - Avena 40%, la asociación más degradable; en FCO, el tiempo de mayor degradabilidad es a las 48hrs, siendo el Ensilado de chala de maíz el más degradable: en RCO, los tiempos de mayor degradabilidad son a las 72 y 48hrs; el residuo de cosecha más degradable es la Broza de kiwicha y finalmente, el SAI, Sutuche, indica

su mayor degradabilidad a las 48 hrs de incubación. Referente a los Parámetros de Degradabilidad Efectiva *in situ* de MS (DEMS) y PC (DEPC), con una tasa de pasaje ruminal de 6.0%/h, para FVG los valores de DEMS fluctúan entre 42.07% para Avena lechosa y 65.53% para Raygrass italiano inmaduro y para DEPC entre 44.19% para Kikuyo inmaduro y 68.23% para Raygrass italiano inmaduro; para FVL los valores de DEMS fluctúan entre 63.63% para alfalfa 10% floración y 76.76% para trébol rojo prefloración; para FVA los valores de DEMS fluctúan entre 59.37% para Alfalfa-RG italiano y 69.28% para Vicia-Avena y para DEPC, la asociación Vicia-Avena es más degradable con 75.33%; para FCO la DEMS son mayores para Ensilado de chala de maíz con 54.08% pero para DEPC, el heno de cebada es más degradable con 51.76%; para RCO tanto para DEMS y DEPC, la broza de kiwicha es más degradable con 54.92% y 54.81% respectivamente.

Determinación de la degradabilidad ruminal *in situ* de los granos secos de destilería con solubles (GSDS) de maíz en vacunos, Arequipa – 2014. Chavez Condori Sadith Ericka

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Fundo La Banda -Huasacache, Distrito de Hunter, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa, durante los meses de diciembre 2013, enero, marzo y abril 2014. El objetivo fue determinar la Degradabilidad ruminal *in situ* de los Granos Secos de Destilería con Solubles (GSDS) en vacunos lecheros. El muestreo se encuentra constituido por los granos secos de destilería con solubles (GSDS) de maíz importados por la empresa Gloria S.A y almacenados en su Planta Majes. Las muestras se colocaron en las bolsistas secas a peso constante en la estufa de aire forzado, se utilizaron 02 bolsistas por cada animal para los diferentes tiempos de incubación, dando un total de 04 repeticiones por muestra y tiempo de incubación fue 0, 2, 4, 8, 16, 32 y 48 horas. Llegando a determinar la curva de degradación ruminal de la materia seca de los GSDS encontrándose un valor promedio de 29.24 % de la MS de alta degradabilidad o solubilidad

en el T0, así como también la degradabilidad final a las 48 horas de incubación de 76.79 %, es decir hasta las 48h de incubación en el rumen se logró degradar poco más de las tres cuartas partes de la MS de los GSDS evaluados. Se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los promedios de degradabilidad de todas las horas de incubación. Se determinó la curva de degradación ruminal de la proteína cruda de los GSDS encontrándose un valor promedio de 17.13 % de la PC de alta degradabilidad o solubilidad en el T0, así como también la degradabilidad final a las 48 horas de incubación de 69.43 %, es decir hasta las 48h de incubación en el rumen se logró degradar poco menos de las tres cuartas partes de la PC de los GSDS evaluados. Se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los promedios de degradabilidad de todas las horas de incubación. Se estableció la cinética de degradación ruminal de la MS de los GSDS con 33.53 % de fracción soluble rápidamente degradable, 41.41 % de fracción lentamente degradable en el rumen y una fracción potencialmente degradable total de 74.94 %, es decir casi las tres cuartas partes de la MS de los GSDS pudieron ser degradadas a nivel ruminal durante el periodo de incubación establecido en el estudio. Se estableció también una tasa de degradación de la MS de 9 %/h y un porcentaje de degradabilidad efectiva (DE) de 59.66 % durante el periodo de evaluación del estudio. Se estableció la cinética de degradación ruminal de la PC de los GSDS con un 22.42 % de fracción soluble rápidamente degradable, 53.38 % de fracción lentamente degradable en el rumen, y una fracción potencialmente degradable total de 75.80 %, es decir poco más las tres cuartas partes de la PC de los GSDS pudieron ser degradadas a nivel ruminal durante el periodo de incubación establecido en el estudio. Se estableció también una tasa promedio de degradación de la PC de 7 %/h. y un porcentaje de proteína degradable ruminal (PDR) o degradabilidad efectiva (DE) de 48.88 % y un el porcentaje de proteína no degradable en el rumen (PND) de 51.12 %, es decir en el presente estudio poco más de la mitad de la proteína de los GSDS fue “by pass” y no se degradó en el rumen. Finalmente se determinó el porcentaje de

proteína no degradable potencialmente digestible (PNDDP) el cual alcanzo un 53.26 %, indicándonos que poco más de la mitad de la PND en el rumen podría ser degradada a nivel del intestino delgado.

2.2.2. Otros trabajos de investigación

Degradabilidad Ruminal del Forraje Disponible en la Pradera y del Aparentemente Consumido por las Vacas Lecheras. Pulido y Leaver (1999)

Se evaluó la dinámica de degradación de forrajes, en muestras de una pradera permanente (*Lolium perenne* L.) manejada en dos alturas de praderas, alta y baja. Las muestras consistieron en forrajes disponibles a ras de suelo (FD) y en forrajes aparentemente consumidos por vacas lecheras en pastores continuos (FS). La degradabilidad ruminal se estudió utilizando la técnica de bolsas de dacrón y los datos fueron ajustados a una ecuación exponencial. La fracción soluble (g/kg MS), de la materia seca (MS) (229 v/s 351, s.e.d.= 5,4) de la materia orgánica (MO) (304 v/s 376, s.e.d.= 3,3) y del nitrógeno (250 v/s 301, s.e.d.= 6,4), fueron significativamente mayores ($P<0,005$) en muestras de FS que en muestras de FD. La degradabilidad potencial (g/kg MS) de MS, MO y de nitrógeno, fue significativamente mayor ($p<0.05$) en las muestras de FS, que en las muestras de FD. La degradabilidad efectiva fue mayor en las muestras de FS, que en las muestras de FD, tanto para la MS (474 v/s 508, s.e.d.= 13.0), MO (490 v/s 529, s.e.d.= 11.6) y de nitrógeno (351 v/s 419, s.e.d.= 10.0). Respecto del factor altura, solo se encontró un efecto significativo en la degradabilidad efectiva en el nitrógeno, a favor de la altura baja (365 v/s 406, s.e.d.= 10.0).

Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. Rosero y Posada (2006)

La técnica de degradación *in situ* ha sido ampliamente adoptada para evaluar la tasa y la extensión de la degradación de los alimentos en el rumen. Numerosas son las fuentes de variación relacionadas con la técnica que pueden alterar las estimativas de la tasa y la extensión de la

degradación, entre ellas podemos citar: el tamaño de los sacos de nylon, el tamaño de los poros del saco, la posición de los sacos dentro del rumen, el tamaño de partícula del alimento y el procesamiento matemático de la información. Diferentes modelos matemáticos han sido propuestos para estudiar la cinética de degradación. En la construcción de estos modelos han sido tenidas en cuenta las características particulares del sustrato en estudio, aspectos anatómicos y fisiológicos del animal y procesos relacionados con la hidratación y colonización del sustrato por parte de los microorganismos ruminales. El objetivo de este trabajo fue discutir algunos modelos utilizados en el estudio de la cinética de degradación del alimento mediante su descripción matemática y aplicación práctica.



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Localización del trabajo

El trabajo de campo se realizó en el Fundo La Banda - Huasacache, Distrito de Hunter, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa.

Localidades	Latitud Sur	Longitud Este
C. Arequipa	16° 23'	71° 31'
Fundo La Banda	16° 27'	71° 33'

SENAMHI (2005)

Las muestras fueron obtenidas en el fundo la católica parcela II irrigación Majes- Pedregal y fueron analizadas en el Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación Animal de la Universidad Católica de Santa María, localizado en el Fundo La Banda - Huasacache, Distrito de Hunter, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa.

3.1.2. Localización temporal.

El presente trabajo de investigación se realizó entre los meses de octubre, noviembre, diciembre del 2018 y enero del 2019.

3.1.3. Material biológico

- 01 Vaca fistulada.
- Muestras de *Moringa oleifera*.

3.1.4. Material de laboratorio

- Frascos estériles de 100 ml. y 500 ml de vidrio.
- Pipetas de 1 ml y 10 ml.

- Tubos de ensayo.
- Gradilla.
- Agua destilada.
- Beakers de 100 ml, 400 ml y 1000 ml.
- Frascos de plástico de 100 ml.
- Barrillas de vidrio.
- Mandil.
- Barbijo.

3.1.5. Material de campo

- 01 cánula ruminal Bar Diamond®.
- Bolsas de cierre hermético tipo Ziploc®
- 28 bolsitas de dacrón de 6 x12 cm y 50 µm de porosidad.
- Guantes de látex.
- Frascos de 1000 ml estériles.
- Pabilo.
- 01 carrete de nylon.
- Papel toalla.

3.1.6. Equipo y maquinaria

- Estufa de aire forzado a 55 °C.
- Balanza electrónica, sensibilidad 0.01 gr.
- Equipo Ankom®.
- Equipo analizador de proteínas microkjheldal
- Equipo destilador de agua.
- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg.

- 01 molino tipo sifón, con mallas de 1.0 mm y 2.0 mm.
- 01 Equipo sellador de bolsas de dacrón.

3.1.7. Otros materiales

Material digital y de escritorio

- 01 equipo Laptop.
- Cámara digital.
- Memoria USB.

Otros materiales.

- Computadora con software Word, Excel y SAS V8.0.
- Fichas para el registro de los animales muestreados.
- Cronograma de muestro.
- Bolsas de papel 20 x 30 cm.

3.2. Métodos

3.2.1. Muestreo

▪ Universo

Estuvo compuesto por el forraje de *Moringa oleífera var Lam* recolectado de la parcela experimental de 1.2 Ha sembrada en el Fundo La Católica Sección B Zona Especializada Irrigación de Majes.

▪ Tamaño de la muestra

Para decidir el tamaño de muestra que se recolectó, se tomó en cuenta dos aspectos, uno es la necesidad de muestra para el análisis de MS y PC y el otro la cantidad suficiente para colocar dentro de las bolsitas de dacrón considerando las replicaciones y los tiempos.

Se utilizaron 04 bolsitas para los diferentes tiempos de incubación, dando un total de 04 repeticiones por muestra en cada uno de los tiempos de incubación (Pinos-Rodríguez, et al; 2009).

▪ **Procedimiento de muestreo**

Se realizó un muestreo completamente aleatorio de las plantas enteras dentro de las subparcelas con los tratamientos de 30, 60 y 90 días de rebrote, totalizando 4 repeticiones o muestras por cada estado fenológico.

3.2.2. Formación de las unidades experimentales de estudio

La unidad de estudio, estuvo conformada por la especie forrajera en evaluación en sus 03 estados fenológicos.

Nombre común	Nombre científico	Estado fenológico (días de rebrote).
Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 30 d • 60 d • 90 d

3.2.3. Métodos de evaluación

A). Metodología de la experimentación.

- **Metodología para la elección de las unidades de experimentación y su alimentación.**

Se utilizó 01 vaca Holstein, sin preñez, en seca, con fístula ruminal permanente.

La dieta elegida se ajustó a las recomendaciones de Ørskov et al. (1980), y estuvo compuesta por heno de alfalfa (*Medicago sativa*) en un 100 % y suplementación mineral.

El alimento fue suministrado en dos porciones iguales cada 12 horas, además de agua, a fin de mantener relativamente estable el ambiente ruminal (Calsamiglia, 1997). Las raciones fueron calculadas con el objetivo de permitir un consumo diario de 1.0 vez el nivel de mantenimiento.

- **Metodología para la recolección y preparación de las muestras.**

Las muestras de *Moringa oleifera* estuvieron constituidas por material comestible (hojas y tallos) con tamaño lo más cercano a lo proporcionado a los animales comúnmente.

Las muestras recolectadas se pesaron y trasladaron al laboratorio en refrigeración. Una vez en el laboratorio se colocaron en una estufa de aire forzado a 65 °C durante 48 horas y posteriormente se moleieron en un molino Cyclotec (Foss, Hillerød - Dinamarca), utilizando una malla de 2.0 mm, para su posterior análisis.

- **Procesamiento para el análisis de degradabilidad *in situ* de las muestras.**

Para la incubación de las muestras desecadas y molidas dentro del rumen de la vaca fistulada, se usaron bolsitas de dacrón con un tamaño estándar de 6 cm de ancho por 12 cm de largo y con un tamaño de poro de 50 µm. Cada bolsita estuvo identificada y se colocó dentro de ella 5 g de muestra. Todas las bolsitas fueron lavadas, secadas y pesadas antes de cada incubación (Pinos-Rodríguez, et al; 2009).

Las muestras que se colocaron en las bolsistas, estuvieron secas a peso constante en una estufa de aire forzado y molidas a 2.0 mm, se utilizaron 04 bolsitas para los diferentes tiempos de incubación, dando un total de 04 repeticiones por muestra (Pinos-Rodríguez, et al; 2009). Los tiempos de incubación fueron de 0, 2, 4, 8, 16, 32 y 48 horas (Oba y Allen, 1997).

Las bolsitas fueron atadas a dos cadenas de metal de 60 cm, donde se colocaron 02 bolsitas por cadena en su extremo, permitiendo su libre desplazamiento por el rumen, el otro extremo se fijó en la cánula de fistulación para su rápida remoción.

Culminadas las horas de incubación, las bolsitas fueron retiradas del rumen y lavadas con agua corriente hasta que ésta salga clara, aparentemente limpia. Posteriormente, se secaron en la estufa de aire forzado a una temperatura de 65 °C por 48 horas para su posterior análisis (Pinos-Rodríguez, et al; 2009).

La degradabilidad al tiempo cero (fracción soluble) fue medida con dos muestras, en bolsas colocadas en agua tibia a 37 °C por 30 minutos, luego fueron secadas y pesadas para su posterior análisis junto con las demás.(Pinos-Rodríguez, et al; 2009).

- **Procesamiento para el análisis de proteína cruda de las muestras.**

A estas muestras se les determino proteína cruda (PC) por el método de Micro-Kjeldahl (Ørskov, *et al.*, 1980) el cual determina el contenido de Nitrógeno Total: El valor de NT de una muestra multiplicado por 6.25 es el contenido de proteína cruda (PC), esta incluye tanto el N proteico como el no proteico. Su método consiste en la digestión de las proteínas en ácido y álcali y posterior titulación del amoniaco liberado; método de micro-Kjeldahl descrito por Bateman (1970).

- **Metodología para determinar la curva de degradabilidad de la proteína cruda y materia seca.**

Los porcentajes de degradación de la MS y PC se calcularon mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ Degradabilidad }_{MS/PC} = \frac{(\text{cantidad inicial (g)} - \text{cantidad residual (g)})}{\text{cantidad inicial (g)}} * 100$$

La degradabilidad de la materia seca y proteína cruda se ajustó por el modelo descrito por Ørskov y McDonald (1979). La curva debe mostrar la degradación de la muestra en el tiempo; se asume que desaparición es sinónimo de degradación (Ørskov, 1992). Aunque se han informado algunas ecuaciones para describir la curva de degradación ruminal, la primera y más utilizada es la planteada por Ørskov y McDonald (1979).

$$p = a + b (1 - e^{-ct})$$

Donde:

- ✓ p: porcentaje de degradación al tiempo t.
- ✓ a: es la fracción soluble o degradable al tiempo 0 (intercepto de la curva con el eje y).
- ✓ b: es la fracción insoluble pero potencialmente degradable si el tiempo no es limitante (diferencia entre a y la asíntota de la curva).
- ✓ a + b: es el potencial de degradabilidad del material. Todos se expresan en porcentaje.
- ✓ c: es la velocidad o tasa de degradación y se expresa en porcentaje por hora.
- ✓ e: base de los logaritmos naturales.
- ✓ t: tiempo de incubación en el rumen por horas.

Para la estimación de los parámetros de la cinética de degradación y linealización de las curvas de degradación ruminal de la MS y la PC se utilizó la función SOLVER de Excel según metodología descrita por Correa (2004).

B). Recopilación de la información.

- En el campo.
 - Entrevista a los ganaderos, solicitando información de los forrajes que emplean en sus raciones.

- En el laboratorio.
 - Mediante el análisis químico e *in situ* de las muestras.
- En la biblioteca.
 - Libros relacionados al tema.
 - Revistas científicas especializadas.
- En otros ambientes generadores de la información científica.
 - Internet páginas Web relacionadas al tema.
 - Intercambio de información con profesionales de campo.
 - Eventos científicos relacionados nacionales e internacionales.

3.2.4. Variables de respuesta

a. Variables independientes

- Días de rebrote (30, 60 y 90 días)
- Tiempos de incubación (0,2,4,8,16,32,48 horas)

b. Variables dependientes

- Degradabilidad ruminal de la Materia seca. (%)
- Parámetros de la cinética de degradación de la MS
- Degradabilidad ruminal de la Proteína cruda. (%)
- Parámetros de la cinética de degradación de la PC

3.2.5. Evaluación estadística.

3.2.5.1. Diseño experimental.

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (3x7) tres estados fenológicos y siete periodos de incubación para cada variable de respuesta (Rodríguez del Ángel, 2000)

3.2.5.2. Unidades experimentales.

Las unidades experimentales se encuentran constituidas por las muestras de *Moringa oleifera* procedentes del campo experimental, incubadas en el rumen de la vaca fistulada.

3.2.5.3. Análisis estadísticos.

Se ajustaron los valores a una ecuación exponencial propuesta por Ørskov y McDonald (1979). El análisis estadístico consistió en evaluar los datos obtenidos mediante estadística descriptiva que consideró medidas de tendencia central (promedios) y variabilidad (coeficiente de variación y desviación estándar) por cada muestra analizada (Calzada, 1970) utilizando el programa SAS V8.0 (SAS, 1999).

En la interpretación de los resultados de la degradabilidad *in situ* se empleó el análisis factorial (3x7) (Rodríguez del Ángel, 2000): tres estados fenológicos y siete periodos de incubación para cada variable de respuesta, cuyo modelo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + T_{ij} + FT_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : medida de la cantidad (g/Kg de MS) de la muestra k dentro del periodo de incubación j dentro del estado fenológico i

μ : promedio general o efecto común a todas las muestras

F_i : efecto del estado fenológico a los 30, 60 y 90 días de crecimiento y desarrollo

T_{ij} : efecto del tiempo de incubación en el rumen: 0, 2, 4, 8, 16, 32, 48 horas

FT_{ij} : interacción del efecto del estado fenológico y tiempo de incubación

e_{ijk} : error experimental o desvío aleatorio

3.2.5.4. Tratamientos

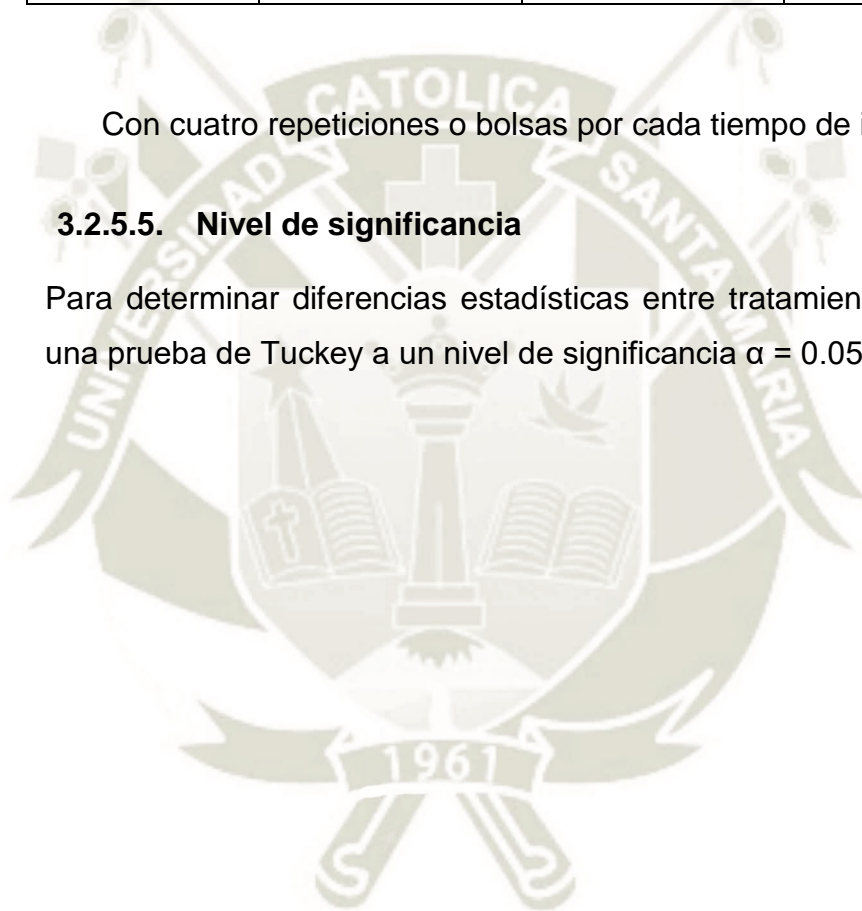
Los tratamientos experimentales fueron los siguientes:

Fuentes de variación	Moringa oleífera (30 días de corte)	Moringa oleífera (60 días de corte)	Moringa oleífera (90 días de corte)
Tiempo de incubación (horas)	0	0	0
	2	2	2
	4	4	4
	8	8	8
	16	16	16
	32	32	32
	48	48	48

Con cuatro repeticiones o bolsas por cada tiempo de incubación

3.2.5.5. Nivel de significancia

Para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos se utilizó una prueba de Tuckey a un nivel de significancia $\alpha = 0.05$



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación la curva de degradabilidad de la Materia seca a los 30, 60 y 90 días de rebrote

4.1.1. Degradabilidad ruminal de la MS

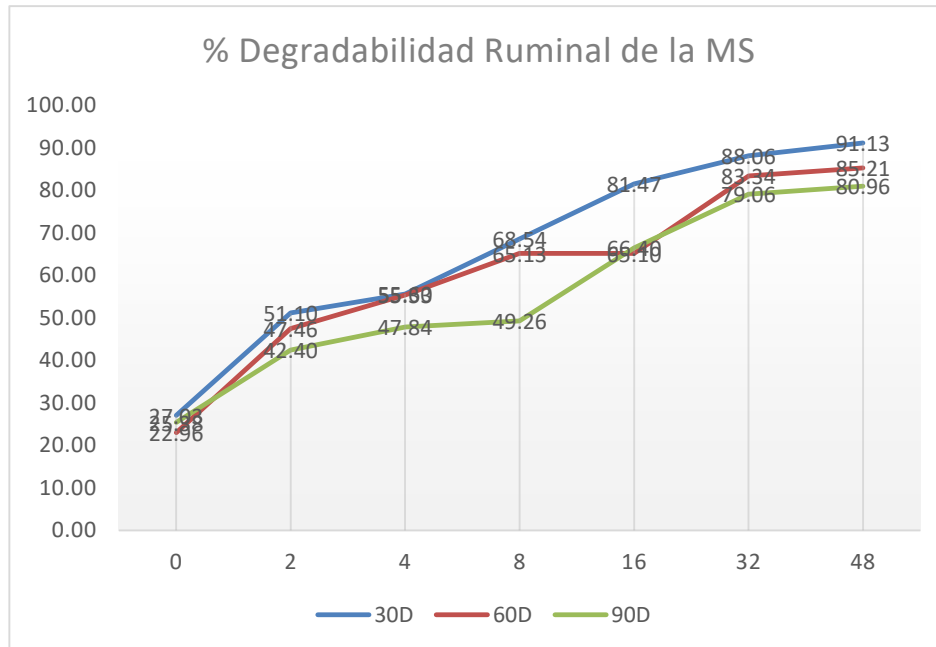
Se determinó el porcentaje de degradabilidad ruminal de la MS de *Moringa oleifera* a los 30,60 y 90 días de rebrote en la época de verano a los tiempos de incubación de 0,2,4,8,16,32 y 48 horas mediante la técnica de degradabilidad ruminal *in situ* obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 1 y el Gráfico 1

Tabla N° 1. Degradabilidad ruminal de la MS (%) de Moringa oleífera a los 30,60 y 90 días de rebrote en época de verano

Tiempos de incubación	30D	60D	90D	Promedio
0	27.0	23.0	25.4	25.1 ^a
2	51.1	47.5	42.4	47.0 ^b
4	55.6	55.3	47.8	52.9 ^b
8	68.5	65.1	49.3	61.0 ^c
16	81.5	65.1	66.4	71.0 ^d
32	88.1	83.3	79.1	83.5 ^e
48	91.1	85.2	81.0	85.8 ^e
Promedio	66.1^a	60.6^b	55.9^c	

Promedios con letras distintas en filas y columnas son diferentes estadísticamente a un nivel de $p < 0.05$

Gráfica N° 1. Porcentaje de degradabilidad ruminal de la MS según estados de corte y tiempos de incubación ruminal



Los resultados se evaluaron mediante un análisis de varianza encontrándose diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) tanto entre días de rebrote como entre tiempos de incubación. Se encontró diferencias altamente significativas entre todos días de rebrote, 66.1% a los 30 días, 60.6% a los 60 días y 55.9% a los 90 días de rebrote, concluyéndose que la degradabilidad ruminal de la MS disminuyó significativamente conforme se incrementó el momento de corte y en consecuencia el estado fenológico.

La digestibilidad es un indicador del valor nutritivo de los componentes de una ración (Beever y Mould, 2000). La digestibilidad del forraje es una medida simple de la disponibilidad de nutrientes a nivel ruminal, expresado usualmente en términos de % de desaparición de la MS o de la MO en el tiempo. La *Moringa oleifera* es una planta con una muy buena digestibilidad, en condiciones *in vitro* el rango de degradabilidad de su MS ha sido reportada entre 64.8 y 79.0% (Makkar y Becker, 1996, 1997; Foidl, et al., 1999; Aregheore, 2002; Al-Masri, 2003; Manh et al.,

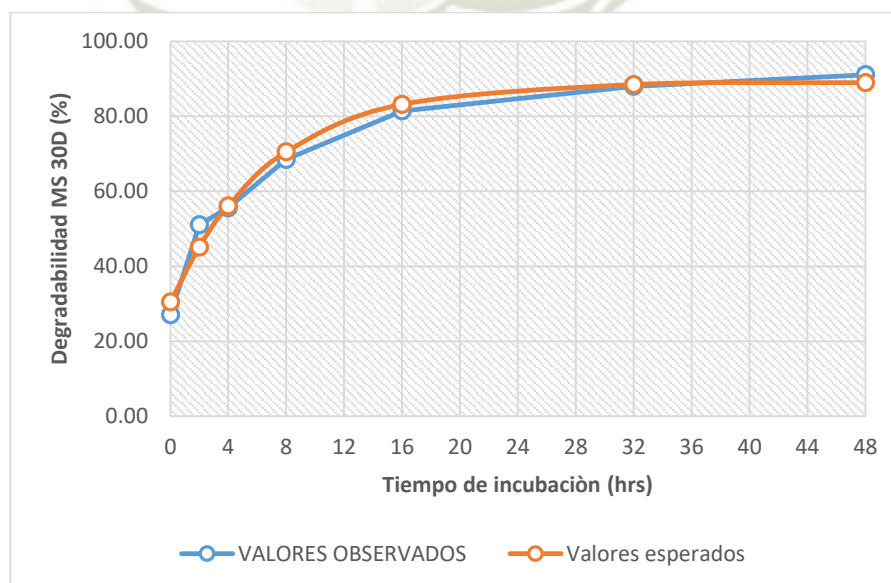
2003). En un estudio reciente realizado en Indonesia (Huque et al., 2017) evaluaron tres cultivares de Moringa encontrando un promedio de degradabilidad *in situ* de la MS de 63.5% en muestras de *Moringa oleifera* cosechadas a los 60 días de rebrote ligeramente superior al valor encontrado en nuestro estudio, a ese mismo estado fenológico. Las diferencias podrían deberse a que en la mayoría de estudios se utilizó un tiempo adicional de incubación de hasta 72h el que podría haber incrementado el porcentaje de degradación efectiva del alimento debido a un mayor tiempo de retención para la acción enzimática de los microorganismos ruminales.

4.2. Determinación el porcentaje de degradabilidad efectiva de la materia seca, a los 30, 60 y 90 días de rebrote.

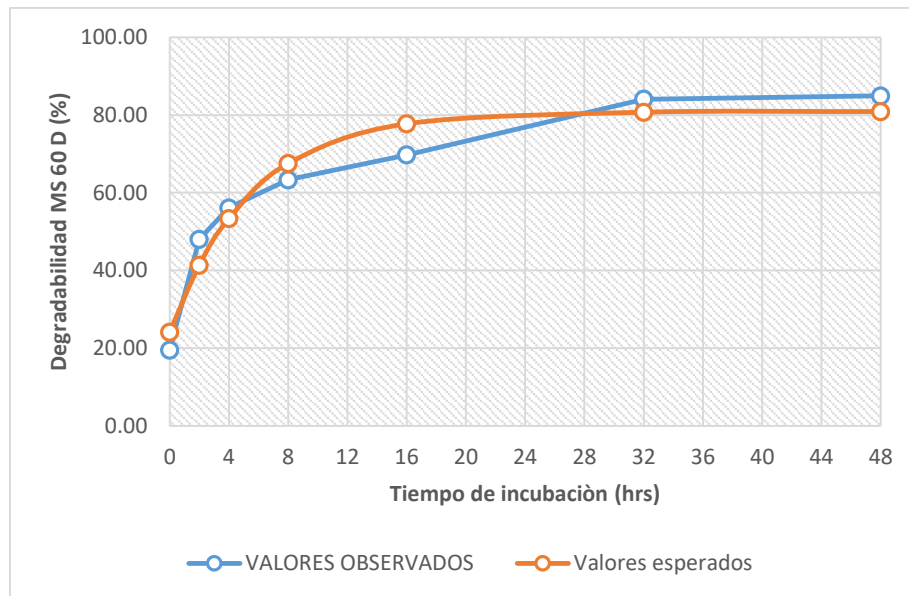
4.2.1. Cinética de la degradación de la MS

Se logró estimar los parámetros de la cinética de degradación ruminal de la MS y linealizar las curvas de degradación mediante el modelo descrito por Orskov y McDonald (1979)

Gráfica N° 2. Curva de degradabilidad ruminal de la MS a los 30 días de rebrote en época de verano



Gráfica N° 3. Curva de degradabilidad ruminal de la MS a los 60 días de rebrote en época de verano



Gráfica N° 4. Curva de degradabilidad ruminal de la MS a los 90 días de rebrote en época de verano

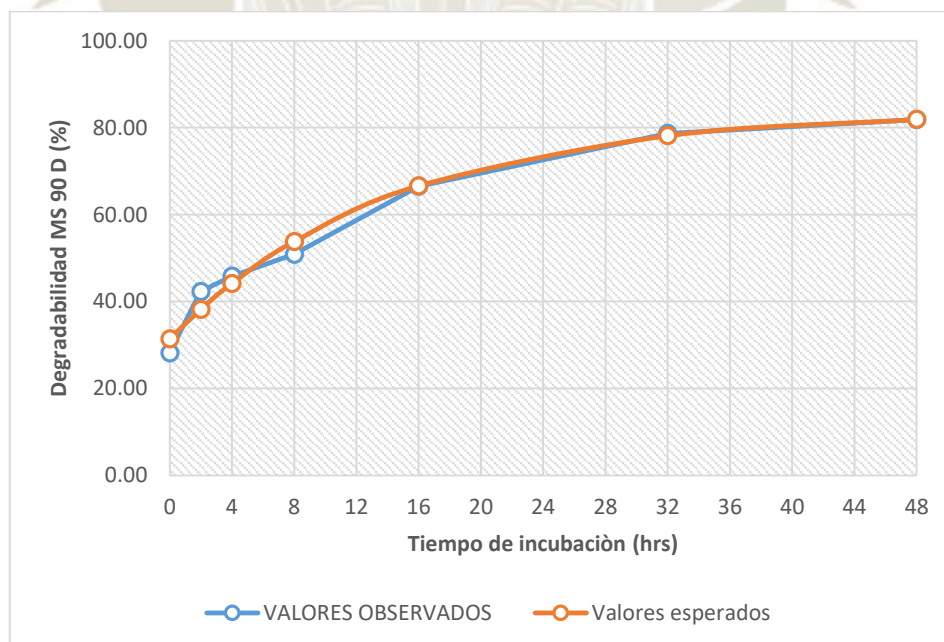


Tabla N° 2. Parámetros de cinética de degradación ruminal de la MS de *Moringa Oleifera* a los 30,60 y 90 días de rebrote en época de verano

Parámetros	Días de rebrote			Significancia	
	30 Días	60 Días	90 Días	Promedio	Valor de p
A (%)	30.50 ^a	27.77 ^a	30.00 ^a	29.42	$p > 0.05$
B (%)	58.69 ^a	53.16 ^b	52.70 ^b	54.85	$p < 0.01$
Kd (h⁻¹)	0.14 ^a	0.16 ^a	0.08 ^b	0.13	$p < 0.01$
Degradabilidad efectiva DE (%)	71.81 ^a	65.88 ^b	59.38 ^c	65.69	$p < 0.001$
DP (%)	89.19 ^a	80.93 ^b	82.70 ^c	84.27	$p < 0.001$

Literales diferentes por fila denotan diferencias significativas (Prueba de Tukey: $p < 0.05$). A = Fracción soluble; B = Fracción insoluble potencialmente digestible; Kd= Tasa de digestibilidad de la fracción B; DP = A+B; Fracción potencialmente digestible; DE = Degradabilidad efectiva para $K_p = 6\%/hora$; $DE = A + [(B \cdot kd)/(kd + kp)]$

La Tabla N° 2 muestra los parámetros de cinética de degradación ruminal de la MS de *Moringa oleifera* a los 30 60 y 90 días de rebrote en época de verano. La fracción soluble "A" varió desde 27.77 a 30.50% no habiendo diferencias significativas entre días de rebrote ($p>0.05$). La fracción insoluble potencialmente digestible "B" varió desde 52.70% a los 90 días hasta 58.69% a los 30 días de rebrote con diferencias altamente significativas entre los 30 días y los 60 y 90 días ($p<0.01$) pero sin diferencias entre los 60 y 90 días ($p>0.05$). La tasa de digestión de la fracción "B" (K_d) fluctuó desde 0.08 hasta 0.16 h^{-1} con diferencias altamente significativas entre los 90 días y los demás días de rebrote ($p<0.01$) pero sin diferencias entre 30 y 60 días de rebrote ($p>0.05$).

La degradabilidad efectiva (DE) para una tasa de pasaje constante (K_p) de 6%/h varió desde 59.38% a los 90 días de rebrote hasta un máximo de 71.81% a los 30 días con diferencias altamente significativas entre todos días, ($p<0.001$) demostrando una disminución significativa de la degradabilidad efectiva de la *Moringa oleifera* conforme se incrementan los días de corte del forraje en la época de verano. Se determinó un promedio de 65.69% de degradabilidad efectiva entre todos los tiempos de corte. Finalmente la fracción potencialmente digestible (DP) varió desde 80.93% a los 60 días hasta 89.19% a los 30 días de rebrote con diferencias altamente significativas entre todos los tiempos de corte ($p<0.001$).

La *Moringa oleifera* es una planta con una muy buena digestibilidad, en condiciones *in vitro* el rango de degradabilidad de su MS ha sido reportada entre 64.8 y 79.0% (Makkar y Becker, 1996, 1997; Foidl, et al., 1999; Aregheore, 2002; Al-Masri, 2003; Manh et al., 2003).

En un estudio reciente realizado en Indonesia (Huque et al., 2017) donde se evaluaron tres cultivares de *Moringa* encontraron un promedio de degradabilidad efectiva *in situ* de la MS de 63.5% en

muestras de *Moringa oleifera* cosechadas a los 60 días de rebrote, porcentaje ligeramente inferior al encontrado en nuestro estudio.

En este mismo trabajo de investigación la fracción soluble “A” tuvo un promedio de 21.81% inferior a la encontrada en el presente estudio (29.42%), la fracción insoluble potencialmente digestible “B” alcanzó un promedio de 46.1% bastante inferior a la obtenida en nuestro estudio que promedió un 54.85%, la tasa de degradación (Kd) tuvo un promedio de 0.11 h⁻¹ muy similar a la obtenida en el presente trabajo que promedió 0.13 h⁻¹

4.3. Determinación la curva de degradabilidad de la Proteína cruda a los 30, 60 y 90 días de rebrote.

4.3.1. Degradabilidad ruminal de la PC

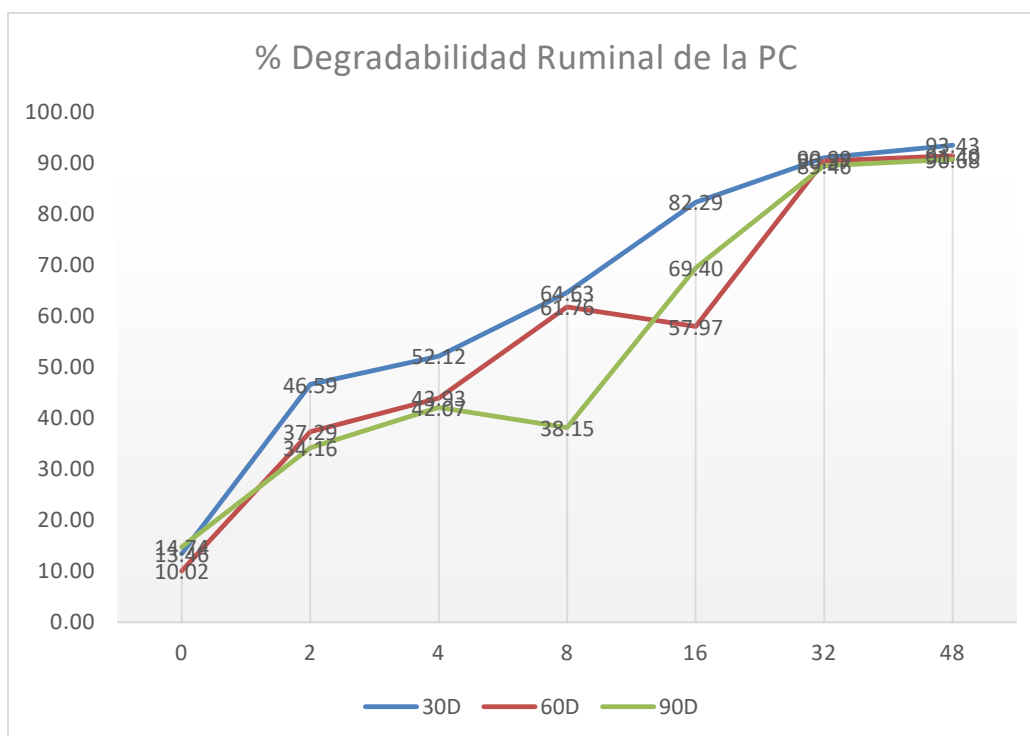
Se determinó el porcentaje de degradabilidad ruminal de la PC de *Moringa oleifera* a los 30, 60 y 90 días de rebrote en la época de verano a los tiempos de incubación de 0,2,4,8,16,32 y 48 horas mediante la técnica de degradabilidad ruminal *in situ* obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla N°3 y el Gráfico N°5.

Tabla N° 3. Degradabilidad ruminal de la PC (%) de *Moringa oleifera* a los 30,60 y 90 días de rebrote en época de verano

	30D	60D	90D	Promedio
0	13.46	10.02	14.74	12.7 ^a
2	46.59	37.29	34.16	39.3 ^b
4	52.12	43.93	42.07	46.0 ^c
8	64.63	61.76	38.15	54.8 ^d
16	82.29	57.97	69.40	69.9 ^e
32	90.99	90.37	89.46	90.3 ^f
48	93.43	91.40	90.68	91.8 ^f
Promedio	63.36^a	56.11^b	54.09^b	

Promedios con letras distintas en filas y columnas son diferentes estadísticamente a un nivel de $p < 0.05$

Gráfica N° 5. Degradabilidad ruminal de la PC (%) de *Moringa oleífera* a los 30,60 y 90 días de rebrote en época de verano



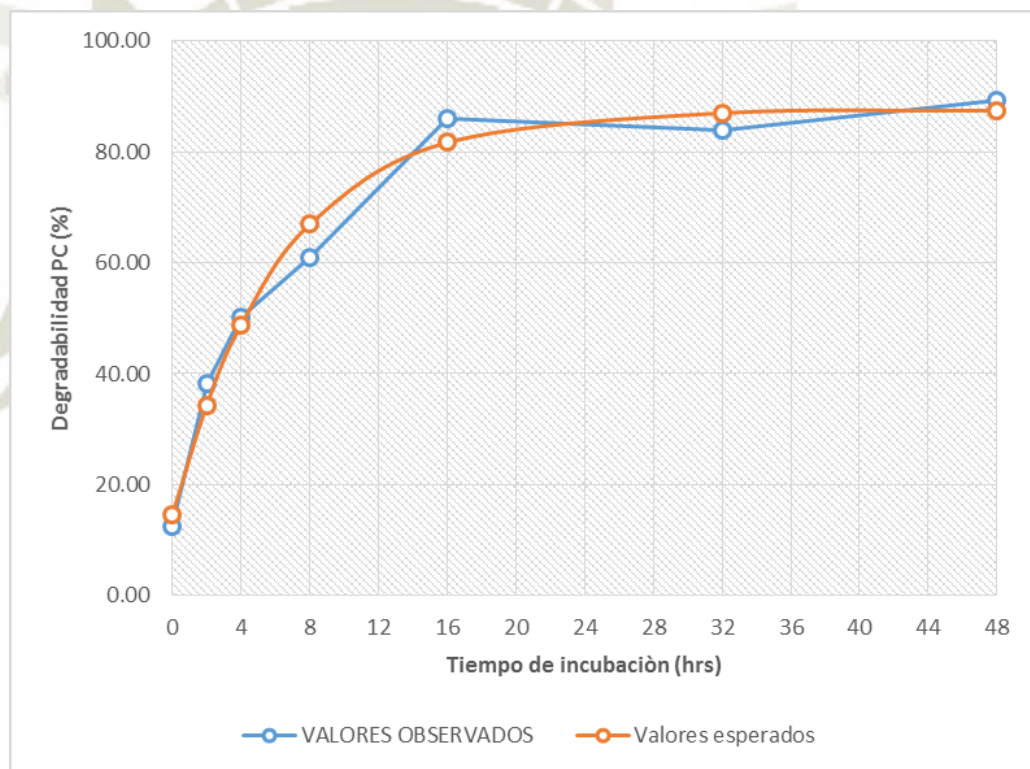
Los resultados se evaluaron mediante un análisis de varianza encontrándose diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) tanto entre días de rebrote como entre tiempos de incubación. Se encontró diferencias altamente significativas entre los 30 días de rebrote con un porcentaje de 63.36% con respecto a los demás, aunque no hubo diferencias entre los 60 días (56.11%) y los 90 días de rebrote (54.09%), concluyéndose que la degradabilidad ruminal de la PC disminuyó significativamente entre los 30 y 60 días conforme se incrementó el momento de corte y en consecuencia el estado fenológico, pero después tendió a asintotizarse.

4.4. Determinación del porcentaje de degradabilidad efectiva de la proteína cruda, a los 30, 60 y 90 días de rebrote.

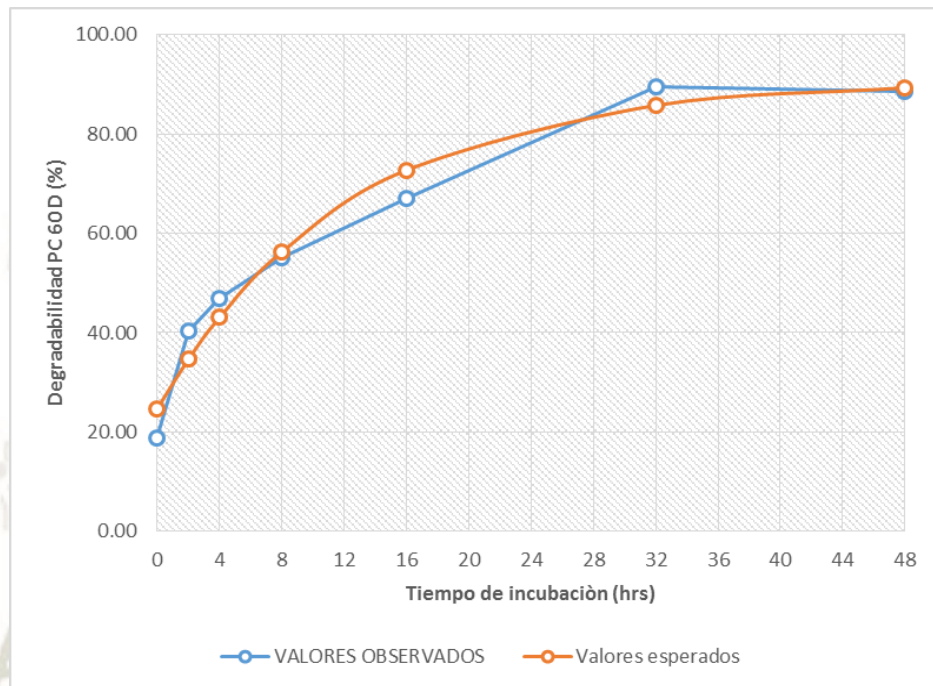
4.4.1. Cinética de la degradación de la PC

Se logró estimar los parámetros de la cinética de degradación ruminal de la MS y ajustar las curvas de degradación mediante el modelo descrito por Orskov y McDonald (1979).

Gráfica N° 6. Curva de degradabilidad ruminal de la PC a los 30 días de rebrote en época de verano



Gráfica N° 7 Curva de degradabilidad ruminal de la PC a los 60 días de rebrote en época de verano



Gráfica N° 8. Curva de degradabilidad ruminal de la PC a los 90 días de rebrote en época de verano

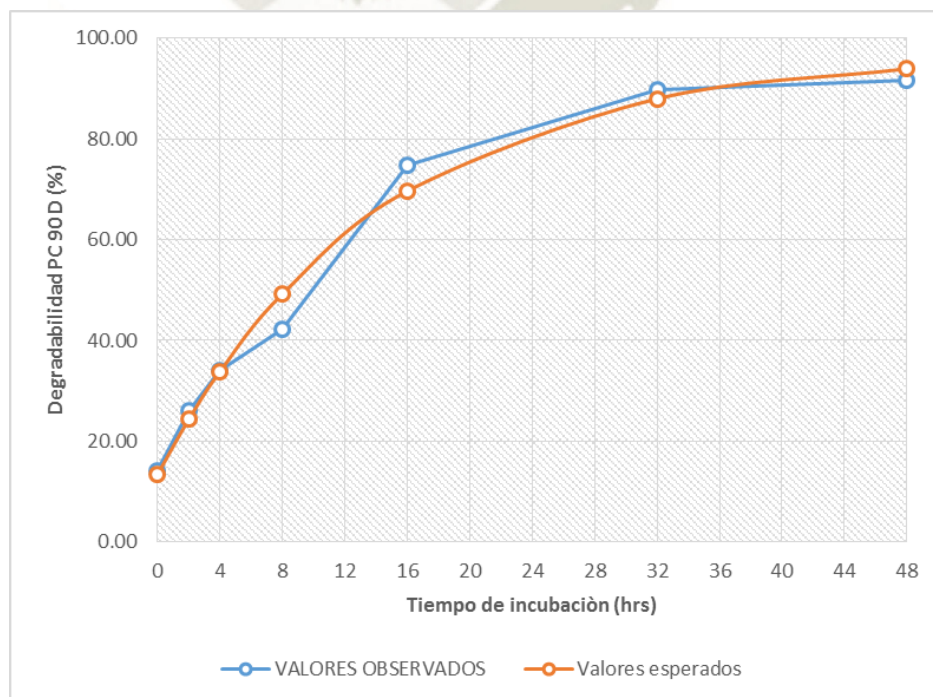
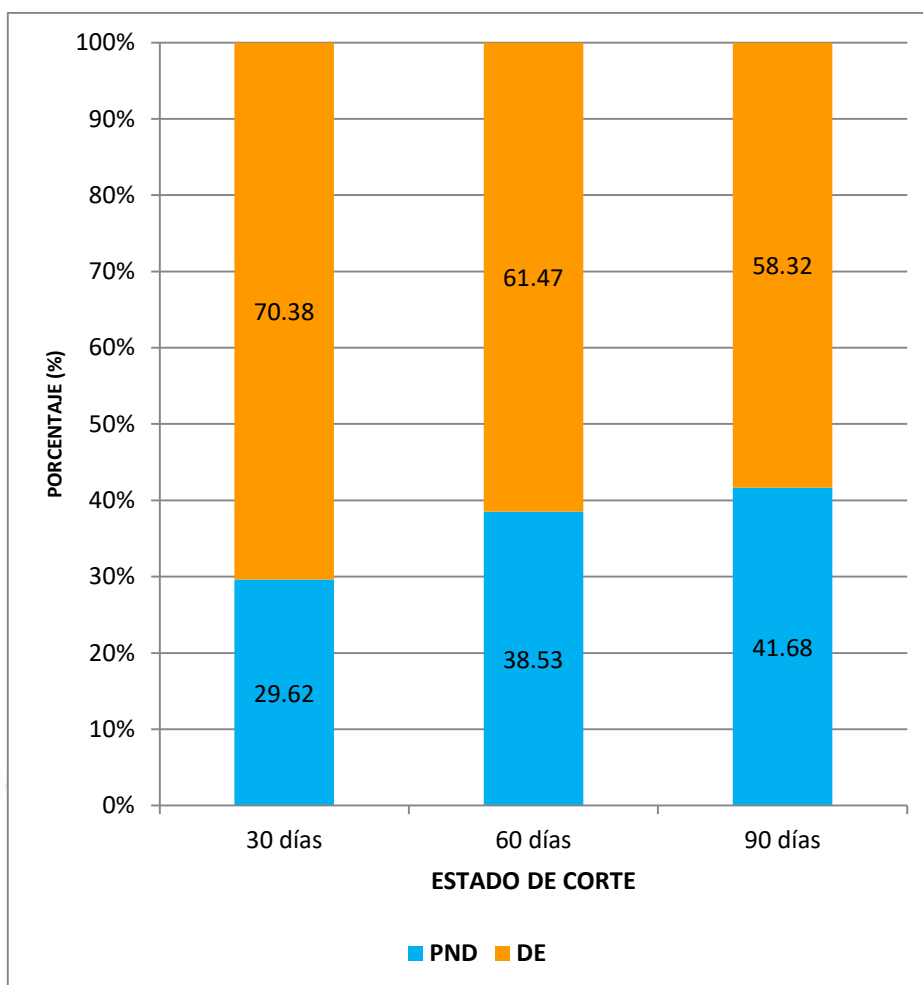


Tabla N° 4. Parámetros de cinética de degradación ruminal de la PC de *Moringa Oleifera* a los 30,60 y 90 días de rebrote en época de verano

Parámetros	Días de rebrote			Significancia	
	30 Días	60 Días	90 Días	Promedio	Valor de p
A (%)	19.07 ^a	18.47 ^a	19.10 ^a	18.88	$p > 0.05$
B (%)	72.58 ^a	72.04 ^a	78.46 ^a	74.36	$p > 0.05$
Kd (h⁻¹)	0.15 ^a	0.09 ^b	0.06 ^b	0.10	$p < 0.001$
DE (%)	70.38 ^a	61.47 ^b	58.32 ^b	63.39	$p < 0.001$
PND (%)	29.62 ^a	38.53 ^b	41.68 ^b	36.61	$p < 0.001$
PNDPD (%)	71.70 ^a	75.41 ^b	94.07 ^c	80.40	$p < 0.01$
DP (%)	90.14 ^a	90.51 ^a	97.56 ^b	92.74	$p < 0.01$

Literales diferentes por fila denotan diferencias significativas (Prueba de Tukey: $p < 0.05$). A = Fracción soluble; B = Fracción insoluble potencialmente digestible; Kd= Tasa de digestibilidad de la fracción B; DP = A+B: Fracción potencialmente digestible; DE = Degradabilidad efectiva para $K_p = 6\%/hora$; $DE = A + [(B \cdot kd)/(kd + k_p)]$; PND = Proteína No Degradable en el Rumen; PNDPD = Proteína No Degradable Potencialmente Digestible;

Gráfica N° 9. Porcentaje de Proteína Degradable y No degradable de la *Moringa oleifera* en tres estados de corte



La Tabla N° 4 muestra los parámetros de cinética de degradación ruminal de la PC de *Moringa oleifera* a los 30, 60 y 90 días de rebrote en época de verano. La fracción soluble "A" varió desde 18.47 a 19.10% no habiendo diferencias significativas entre todos los días de rebrote ($p > 0.05$). La fracción insoluble potencialmente digestible "B" varió desde 72.04% a los 60 días hasta 78.46% a los 90 días de rebrote sin diferencias estadísticas significativas entre todos los estados de corte ($p > 0.05$). La tasa de digestión de la fracción "B" (Kd) fluctuó desde 0.06 hasta 0.15 h^{-1} con diferencias altamente significativas entre los 30 días y los demás días de rebrote ($p < 0.01$) pero sin diferencias entre 60 y 90 días de rebrote ($p > 0.05$).

La degradabilidad efectiva de la proteína (DE) para una tasa de pasaje constante (Kp) de 6%/h varió desde 58.32% a los 90 días de rebrote hasta un máximo de 73.38% a los 30 días con diferencias altamente significativas entre todos los días de corte, ($p < 0.001$) demostrando una disminución significativa de la degradabilidad efectiva de la PC de la *Moringa oleifera* conforme se incrementan los días de corte del forraje en la época de verano. Se determinó un promedio de 63.39% de degradabilidad efectiva de la PC entre todos los tiempos de corte. Grafico N° 9.

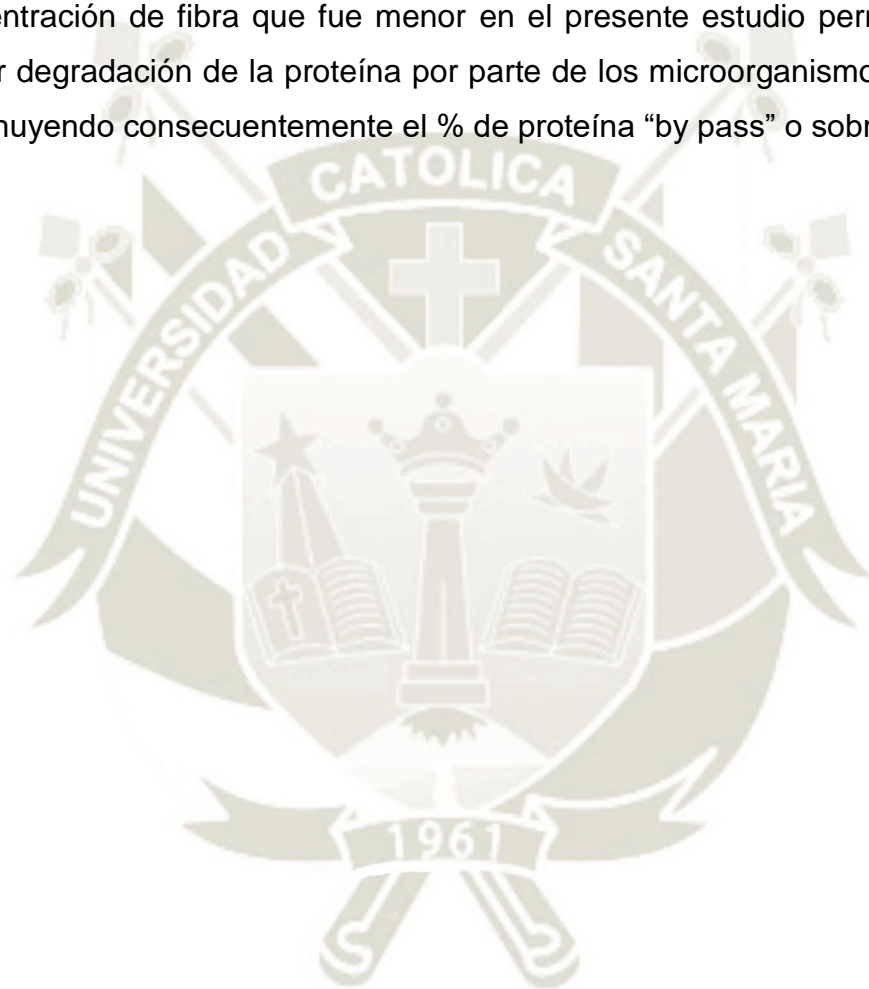
El porcentaje de Proteína No Degradable Ruminal para una tasa de pasaje constante (Kp) de 6%/h varió desde 29.62% a los 30 días de rebrote hasta 41.68% a los 90 días, con diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) comparando 30 días con respecto a los demás, sin diferencias entre los 60 y 90 días de rebrote. Los resultados demostraron un aumento significativo del % de proteína no degradable o “by pass” conforme se incrementaron los días de rebrote.

La fracción de Proteína No Degradable Potencialmente Digestible; (PNDPD) varió desde 71.79% a los 30 días hasta 94.07% a los 90 días de rebrote con diferencias altamente significativas entre todos los tiempos de corte ($p < 0.01$).

Rodríguez et al; (2014) observó que la degradabilidad del N de la Moringa (43%) fue más baja que la observada para *Morus alba* y *Leucaena leucocephala* (53 y 80%, respectivamente). Khalel et al., (2014) en un estudio realizado en Egipto, encontró un porcentaje de degradabilidad efectiva de la PC de 55.1%. En ambos casos la degradabilidad efectiva de la PC fue menor a la encontrada en los tres estados de corte evaluados en nuestro estudio.

Se ha mencionado en los estudios un menor porcentaje de degradabilidad de la proteína de la *Moringa oleifera* en el rumen, razón por la que es considerada como de mejor calidad para los rumiantes, con respecto a las leguminosas más ampliamente utilizadas como suplementos en los sistemas productivos de Latinoamérica y el Caribe, tales como *G. sepium* y *L. leucocephala*. Esto debido su mayor porcentaje de proteína sobrepasante (47% vs 30 y 41%,

respectivamente de acuerdo a Becker, (1995). A su vez, García et al. (2008) reportó que la Moringa mostró una mayor digestibilidad post ruminal de la PC que *Morus alba*. El porcentaje de proteína no degradable en el presente estudio fue menor (rango entre 29.62% a 41.68%) a los valores reportados por la literatura. Estas diferencias podrían deberse a diversos factores pero fundamentalmente a los estados de corte evaluados, niveles de fertilización y concentración de fibra que fue menor en el presente estudio permitiendo una mayor degradación de la proteína por parte de los microorganismos ruminales, disminuyendo consecuentemente el % de proteína “by pass” o sobrepasante.



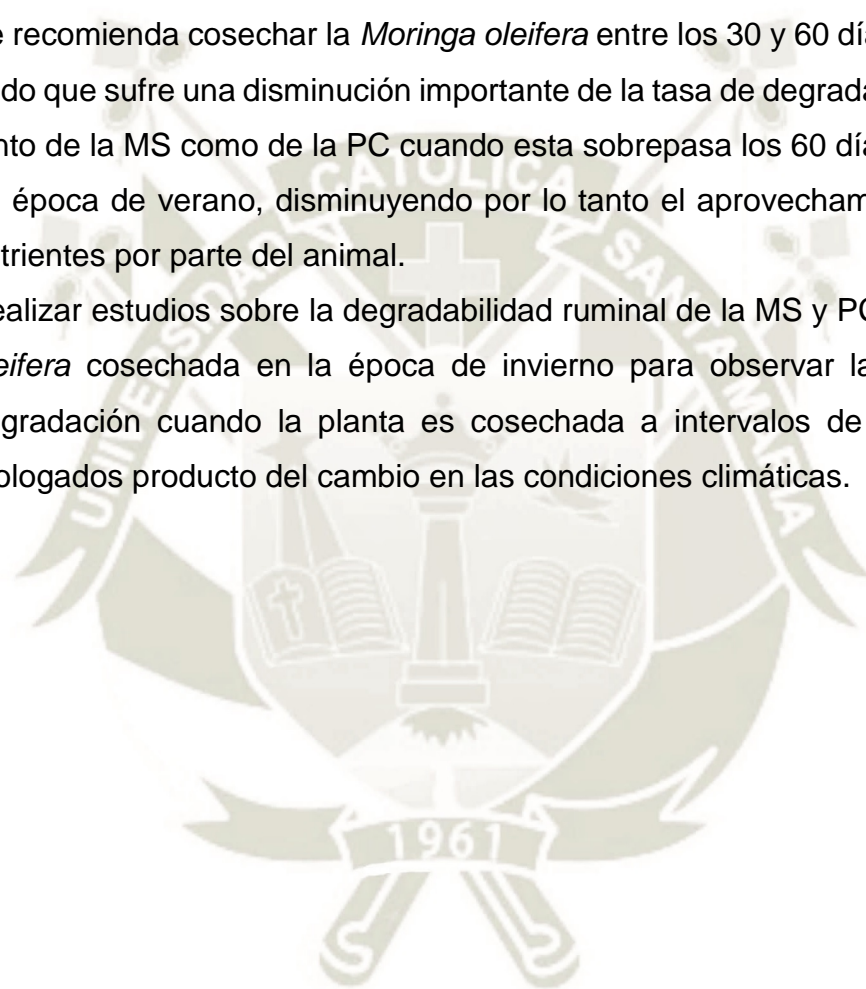
5. CONCLUSIONES

1. Se determinó el porcentaje de degradabilidad ruminal de la MS de *Moringa oleifera* a los 30,60 y 90 días de rebrote en la época de verano encontrándose diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) tanto entre días de rebrote como entre tiempos de incubación. Se encontró diferencias altamente significativas entre todos días de rebrote, 66.1% a los 30 días, 60.6% a los 60 días y 55.9% a los 90 días de rebrote, concluyéndose que la degradabilidad ruminal de la MS disminuyó significativamente conforme se incrementó el momento de corte y en consecuencia el estado fenológico.
2. En la cinética de degradación de la MS la fracción soluble "A" varió desde 27.77 a 30.50% no habiendo diferencias significativas entre días de rebrote ($p > 0.05$). La fracción insoluble potencialmente digestible "B" varió desde 52.70% a los 90 días hasta 58.69% a los 30 días de rebrote con diferencias altamente significativas entre los 30 días y los 60 y 90 días ($p < 0.01$). La tasa de digestión de la fracción "B" (K_d) fluctuó desde 0.08 hasta 0.16 h^{-1} con diferencias altamente significativas entre los 90 días y los demás días de rebrote ($p < 0.01$) pero sin diferencias entre 30 y 60 días de rebrote ($p > 0.05$). La degradabilidad efectiva (DE) varió desde 59.38% a los 90 días de rebrote hasta un máximo de 71.81% a los 30 días con diferencias altamente significativas entre todos días, ($p < 0.001$) demostrando una disminución significativa de la degradabilidad efectiva de la *Moringa oleifera* conforme se incrementan los días de corte del forraje en la época de verano. Se determinó un promedio de 65.69% de degradabilidad efectiva entre todos los tiempos de corte. Finalmente la fracción potencialmente digestible (DP) varió desde 80.93% a los 60 días hasta 89.19% a los 30 días de rebrote con diferencias altamente significativas entre todos los tiempos de corte ($p < 0.001$).
3. Se determinó el porcentaje de degradabilidad ruminal de la PC de *Moringa oleifera* a los 30,60 y 90 días de rebrote en la época de verano, donde se encontró diferencias altamente significativas, tanto entre días de rebrote como entre tiempos de incubación ($p < 0.01$). Hubo diferencias entre los 30 días con 63.36% con respecto a los demás, sin diferencias entre los 60 días

- (56.11%) y los 90 días de rebrote (54.09%), concluyéndose que la degradabilidad ruminal de la PC disminuyó significativamente entre los 30 y 60 días conforme se incrementó el estado de corte y en consecuencia el estado fenológico, pero después tendió a sintetizarse a partir de los 60 días
4. En la cinética de degradación de la PC la fracción soluble "A" varió desde 18.47 a 19.10% no habiendo diferencias significativas entre todos los días de rebrote ($p > 0.05$). La fracción insoluble potencialmente digestible "B" varió desde 72.04% a los 60 días hasta 78.46% a los 90 días de rebrote sin diferencias estadísticas significativas entre todos los estados de corte ($p > 0.05$). La tasa de digestión de la fracción "B" (K_d) fluctuó desde 0.06 hasta 0.15 h^{-1} con diferencias altamente significativas entre los 30 días y los demás días de rebrote ($p < 0.01$) pero sin diferencias entre 60 y 90 días de rebrote ($p > 0.05$). La degradabilidad efectiva de la proteína (DE) varió desde 58.32% a los 90 días de rebrote hasta un máximo de 73.38% a los 30 días con diferencias altamente significativas entre todos los días de corte, ($p < 0.001$) demostrando una disminución significativa de la degradabilidad efectiva de la PC de la *Moringa oleifera* conforme se incrementan los días de corte del forraje en la época de verano. Se determinó un promedio de 63.39% de degradabilidad efectiva de la PC entre todos los tiempos de corte.
 5. La Proteína No Degradable Ruminal para una tasa de pasaje constante (K_p) varió desde 29.62% a los 30 días de rebrote hasta 41.68% a los 90 días, con diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) comparando 30 días con respecto a los demás, sin diferencias entre los 60 y 90 días de rebrote. Los resultados demostraron un aumento significativo del % de proteína no degradable o "by pass" conforme se incrementaron los días de rebrote. La fracción de Proteína No Degradable Potencialmente Digestible; (PNDPD) varió desde 71.79% a los 30 días hasta 94.07% a los 90 días de rebrote con diferencias altamente significativas entre todos los tiempos de corte ($p < 0.01$).

6. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar el rendimiento de forraje conjuntamente con los parámetros de degradabilidad ruminal de la MS de *Moringa oleifera* para determinar el momento óptimo de corte que conjugue los aspectos de calidad y cantidad de forraje.
2. Se recomienda cosechar la *Moringa oleifera* entre los 30 y 60 días de rebrote dado que sufre una disminución importante de la tasa de degradación ruminal tanto de la MS como de la PC cuando esta sobrepasa los 60 días de rebrote en época de verano, disminuyendo por lo tanto el aprovechamiento de sus nutrientes por parte del animal.
3. Realizar estudios sobre la degradabilidad ruminal de la MS y PC de *Moringa oleifera* cosechada en la época de invierno para observar la cinética de degradación cuando la planta es cosechada a intervalos de tiempo más prologados producto del cambio en las condiciones climáticas.



7. REFERENCIAS

1. **AFRC. 1992.** Agricultural and Food Research Council: Technical Committee on Responses to Nutrients: Nutritive Requirements of Ruminant Animal Protein. *Nutr. Abs. Rev.*; 68:65-71.
2. **Alpízar, J.F. 2008.** Fibra Neutro Detergente (FND): Un fraccionamiento de la fibra bruta, que puede utilizarse como indicador de la calidad de los alimentos para el ganado. *Revista ECAG*, 45(3): 56-58.
3. **Angeles, S.C. 2003.** Fermentación ruminal, tamaño de partícula y efecto de la fibra en la alimentación de vacas lecheras. *Sitio Argentino de Producción Animal*. 8 p.
4. **Bach, A y Calsamiglia, S. 2006.** La fibra en los rumiantes: ¿química o física? XXII Curso de especialización FEDNA. 16 p.
5. **Barahona R.; Lascano, C.E.; Cocran, R. y Morrill, J. 1998.** Efecto del manejo postcosecha del forraje y la adición de polietilenglicol en la concentración y la astringencia de taninos condensados en leguminosas tropicales. *Pasturas tropicales* 18(1): 41-46.
6. **Barahona, R. y Sánchez, S. 2005.** Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Revista Corpoica*, 6(1): 22 p.
7. **Bruni M. De Los A. y Chilbroste, P. 2001.** Simulación de la digestión ruminal por el método de la producción de gas. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 9: 43-51.
8. **Botero, R. y Russo, R.O. 1997.** Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. In: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica. Cali, Colombia. pp. 121-143.
9. **Buxton, D.R. y Casler, M.D. 1993.** Environmental and genetic effects on cell wall composition and digestibility. En: *Forage Cell Wall*

- Structure and Digestibility (Jung, H. G., Buxton, D. R., Hatfield, R. D. & Ralph, J., eds.), pp. 685–714.
10. **Buxton, D.R. y Redfearn, D.D. 1997.** Plant limitations to fiber digestion and utilization. Conference: New Developments in Forage Science Contributing to Enhanced Fiber Utilization by Ruminants. Journal of Nutrition, 127: 814–818.
 11. **Cañas, R., 1998.** Alimentación y Nutrición Animal. 2da Edición. Facultad de Agronomía Colección en Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile.
 12. **Calsamiglia S. 1997.** Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. XIII Curso de especialización FEDNA. 16 p.
 13. **Calzada, J. 1970.** Métodos Estadísticos para la Investigación. Editorial Jurídica. Lima – Perú.
 14. **Cherney, D.J R. 2000.** Characterization of forages by chemical analysis. En: Forage evaluation in ruminant nutrition. (Givens, D.I.; Owen, E.; Axford, R.F.E. y Omed, H.M. (eds.)).CAB International. Wallingford, UK. pp 281-300.
 15. **Colombatto, D. 2003.** Análisis de alimentos: Aplicaciones prácticas. 3ª Jornada Abierta de Lechería. Universidad de Buenos Aires, Argentina. 10 p.
 16. **Correa, H. 2004.** RUMENAL: procedimiento para estimar los parámetros de cinética ruminal mediante la función Solver de Microsoft Excel®. Rev. Col de Ciencias Pecuarias Vol. 17:3.
 17. **Davis, L.D. 2008.** Sistemas de alimentación para optimizar la rentabilidad de rebaños lecheros de alta producción en EEUU. XXIV Curso de especialización FEDNA. 10 p.
 18. **Elizondo, J.A. 2009.** Los forrajes y su componente fibroso. Revista ECAG, 49(3).

19. **Falasca, S. y Bernabé, M. A. 2008.** Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de *Moringa oleifera* en Argentina. Revista Virtual de REDESMA. p. 1. [En línea]. <http://revistavirtual.redesma.org/vol3/pdf/investigacion/Moringa.pdf>. [Consultado en agosto de 2018].
20. **Foidl N, Mayorga L, y W. Vásquez. 1999.** Utilización del marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado. En: Agroforestería para la alimentación animal en Latinoamérica. (Eds. M.D. Sánchez y M. Rosales). Estudio FAO: Producción y Sanidad Animal No. 143, p. 341.
21. **Gagliostro, G.A. y Gaggiotti, M. 2004.** Evaluación de alimentos para rumiantes e implicancias productivas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Balcarce, Argentina. 23 p.
22. **Garavito, U. 2008.** *Moringa oleifera*, alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel. [En línea]. http://www.engormix.com/moringa_oleifera_alimento_ecologico_s_a_rticulos_1891_AGR.htm [Consultado en julio de 2018]
23. **García, D.E., M. G. Medina, C. Domínguez, A. Baldizán, J. Humbría y L. Covaet. 2006.** Evaluación química de especies no leguminosas con potencial forrajero en el estado Trujillo, Venezuela. Zootecnia Tropical. 24 (4):401
24. **García Roa, M. 2003.** Producción de semillas forestales de especies forrajeras enfatizadas en sistemas silvopastoriles. INAFOR. 37 p. [En línea]. <http://www.inafor.gob.ni/index.php/publicaciones>. [Consultado en Agosto de 2018]
25. **Jones, D. I. H. y Hayward, M. Y. 2001.** The effects of pepsin pre-treatment of herbage on the prediction of dry matter digestibility from solubility in fungal cellulase solution. J. Sci. Food Agric., 26: 711-718, 1975. Rev. Prod. Anim. Vol 13 No. 1 2001 5 0.

26. **Jung, H. G. y Allen, M. S. 1995.** Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science* 73: 2774–2790.
27. **Jyothi, P.V., C. Subba Reddi y J.B. Atluri. 1990.** Pollination ecology of *Moringa oleifera* (Moringaceae). *Proceedings of the Indian Academy of Sciences (Plant Sciences)*. 100:33
28. **Khalel, M. S., A. M. Shwerab, A. A. Hassan, M. H. Yacout, A. Y. El-badawi y M. S. Zaki, 2014.** Nutritional evaluation of *Moringa oleifera* fodder in comparison with trifolium alexandrinum (berseem) and impact of feeding on lactation performance of cows. *Life Science Journal*, 2014, 11(10), 1040-1054.
29. **Manríquez, J.A. 1994.** La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos. En: Control de calidad de insumos y dietas acuícolas. Editado por: Castro, E. I Curso Regional de Capacitación, FAO. Santiago de Chile.
30. **Maynard, L., Loosli, J., Hintz, H. y Warner, R. 1995.** Nutrición animal, Traducido por Alfonso Ortega Said. 4ª Ed. McGraw-Hill. México D.F. 641 p.
31. **Moore, K. J. y Hatfield, R. D. 1994.** Carbohydrates and forage quality. En: Forage Quality, Evaluation, and Utilization (Fahey, G. C., Jr., Collins, M. C., Mertens, D. R. y Moser, L. E., eds.), pp. 229–280.
32. **Morton, J.F. 1991.** The horseradish tree, *Moringa pterigosperma* (Moringaceae) A boon to arid lands? *Economic Botany*. 45 (3):318
33. **Ørskov, E.R. y McDonald, I. 1979** The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science Cambridge*, 92,499-503. doi:10.1017/S0021859600063048.

34. **Ørskov, E.R. 2000.** The *in situ* technique for the estimation of forage degradability in ruminants. En: Forage Evaluation in ruminant nutrition. CABI Publishing, Wallingford, UK. Pages 175-188.
35. **Ørskov, E.R, F. D. De Hovell y F Mould. 1980.** The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. Trop Anim Prod 1980 5:3.
36. **Pérez, R. 2010.** Avanza validación de moringa como alternativa forrajera para ovinos. Fundación Produce. Sinaloa, México. [En línea] [http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional .dtd](http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd). [Consultado en agosto de 2018].
37. **Pinos-Rodríguez J.M, González S, Mendoza G, García J, Miranda L, De La Cruz y Vidal De Lerma G. 2005.** Efecto de enzimas fibrolíticas exógenas en la degradación *in vitro* de ingredientes alimenticios, y en la producción de leche de vacas Holstein. Inci v.30 n.12 Caracas.
38. **Price, M.L. 2000.** The Moringa tree. Educational Concerns for Hunger Organization (ECHO). Technical Note. 1985 (revised 2000). [En línea]. <http://www.echotech.org/technical/technotes/moringabiomasa.pdf>. [Consultado en enero de 2010]
39. **Pulido, R. y Leaver, J, D. 1999.** Degradabilidad Ruminal del Forraje Disponible en la Pradera y del Aparentemente Consumido por Vacas Lecheras. Instituto de Zootecnia. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia - Chile.
40. **Ramanchandran, C., V. Peter y P. K. Gopalakrishnanet. 1980.** Drumstick (*Moringa oleifera*) a multipurpose Indian vegetable. Economic Botany. 34 (3):276
41. **Reyes, N. 2006.** *Moringa oleifera* and *Cratylia argentea*: potential fodder species for ruminants in Nicaragua. Faculty of Veterinary

- Medicine and Animal Science Department of Animal Nutrition and Management Uppsala. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala. [En línea]. http://dissepsilon.slu.se/archive/00001027/01/NRS_General_Discussion_Final_Version_Nov_05.pdf. [Consultado en agosto de 2018]
42. **Razz R, Clavero T y Vergara J. 2004.** Cinética de Degradación *in situ* de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*. INIA - Estación Local El Guayabo. Estado Zulia - Maracaibo, Venezuela.
 43. **Rodríguez del Ángel, J.M. 2000.** Métodos de investigación pecuaria. Edit. Trillas UAAAN. México 1ra Reimpresión. P. 186
 44. **Rosero, R. y Posada, S. 2006.** Modelación de la Cinética de Degradación de Alimentos para Rumiantes. Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias, GRICA, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín - Colombia.
 45. **Rotger, A. 2005.** Fermentación ruminal, degradación proteica y sincronización energía-proteína en terneras en cebo intensivo. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. 208 p.
 46. **San Miguel, A. 2006.** Fundamentos de Alimentación y Nutrición del ganado. Universidad. Politécnica de Madrid. 9 p.
 47. **SAS. 1999.** User's guide. Statistics. Version 8.01, edition 1999. Sas Inst., Inc., Cary, NC.
 48. **SENAMHI. 2005.** Delimitación de la Cuenca Atmosférica de Arequipa. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Arequipa, junio – 2005.
 49. **Shimada, A. 2003.** Nutrición Animal. Trillas S.A. México. 388 p.
 50. **Van Soest P J. 1982.** Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA.

51. **Van Soest, P.J., Roberston, J., Lewis, B. 1991.** Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74:3583-3597.
52. **Wattiaux, M.A. 2000.** Composición y análisis de alimentos. En: *Esenciales Lecheras, Nutrición y alimentación.* Institute Babcock, Universidad de Wisconsin, Madison, EEUU. pp. 5-8.



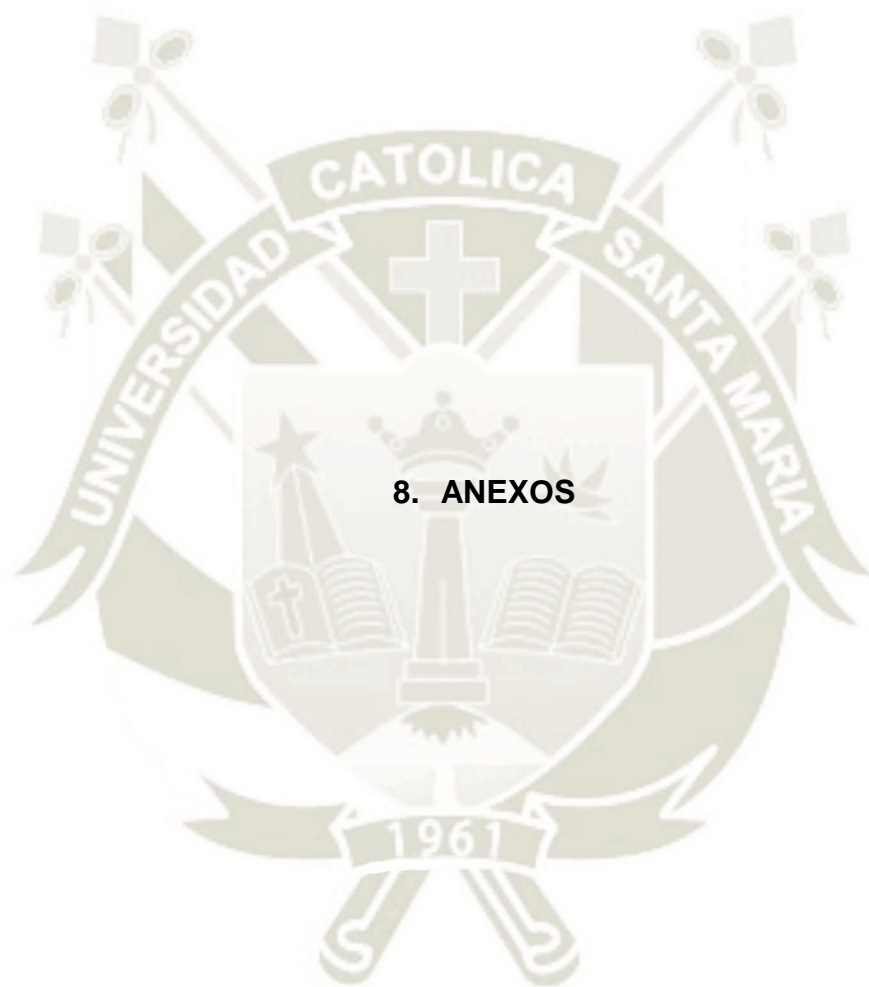


Foto 1. Vaca fistulada de la Universidad Católica de Santa María para realizar la investigación de la “determinación de la degradabilidad ruminal *in situ*” de la materia seca y proteína cruda de la moringa (*moringa oleifera*). fundo la banda Huasacache Arequipa - 2019”



Foto 2. Muestras molidas de la *Moringa Oleífera* en los días 30- 60- 90



Foto 3. Días de rebrote de la moringa oleífera y horas para incubar in situ del rumen de vaca fistulada

Rebrote día 30 de la planta moringa oleífera			Rebrote día 60 de la planta moringa oleífera			Rebrote día 90 de la planta moringa oleífera		
0 horas	1	5 gramos	0 horas	1	5 gramos	0 horas	1	5 gramos
	2	5 gramos		2	5 gramos		2	5 gramos
	3	5 gramos		3	5 gramos		3	5 gramos
2 horas	1	5 gramos	2 horas	1	5 gramos	2 horas	1	5 gramos
	2	5 gramos		2	5 gramos		2	5 gramos
	3	5 gramos		3	5 gramos		3	5 gramos
4 horas	1	5 gramos	4 horas	1	5 gramos	4 horas	1	5 gramos
	2	5 gramos		2	5 gramos		2	5 gramos
	3	5 gramos		3	5 gramos		3	5 gramos
8 horas	1	5 gramos	8 horas	1	5 gramos	8 horas	1	5 gramos
	2	5 gramos		2	5 gramos		2	5 gramos
	3	5 gramos		3	5 gramos		3	5 gramos
16 horas	1	5 gramos	16 horas	1	5 gramos	16 horas	1	5 gramos
	2	5 gramos		2	5 gramos		2	5 gramos
	3	5 gramos		3	5 gramos		3	5 gramos
32 horas	1	5 gramos	32 horas	1	5 gramos	32 horas	1	5 gramos
	2	5 gramos		2	5 gramos		2	5 gramos
	3	5 gramos		3	5 gramos		3	5 gramos
48 horas	1	5 gramos	48 horas	1	5 gramos	48 horas	1	5 gramos
	2	5 gramos		2	5 gramos		2	5 gramos
	3	5 gramos		3	5 gramos		3	5 gramos

Foto 4. Pesando las muestras en la balanza analítica para luego incubar en el rumen de la vaca fistulada.



Foto 5. Pesando las muestras 5 gramos, en la balanza analítica para luego incubar en el rumen de la vaca fistulada.

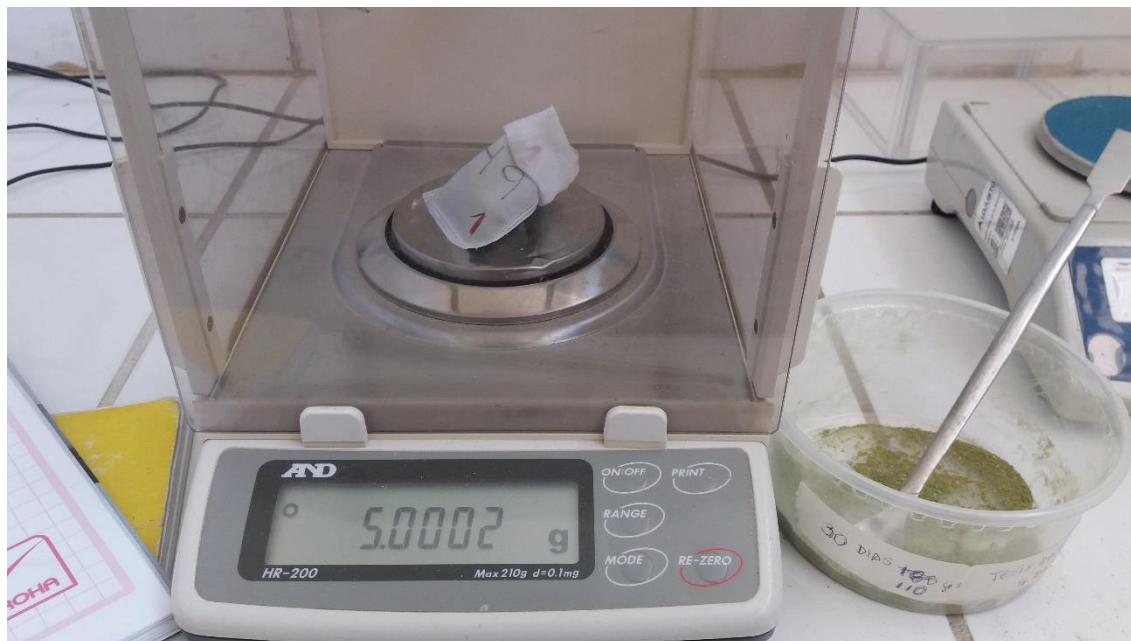


Foto 6. Muestras pesadas del rebrote día 30 para luego ser incubadas en el rumen de la vaca fistuladas.



Foto 7. Preparando las muestras en la cadena para luego ser incubadas en el rumen por 48 horas



Foto 8. Las muestras de *Moringa oleifera* a punto de ser incubadas en el rumen



Foto 9. Incubando las muestras de *Moringa oleifera*



Foto 10. Retirando las muestras incubadas de la *Moringa oleifera* después del tiempo indicado.



Foto 11. Retirando las muestras incubadas de la *Moringa oleifera* después del tiempo indicado



Foto 12. Incubando las muestras de *Moringa oleifera*

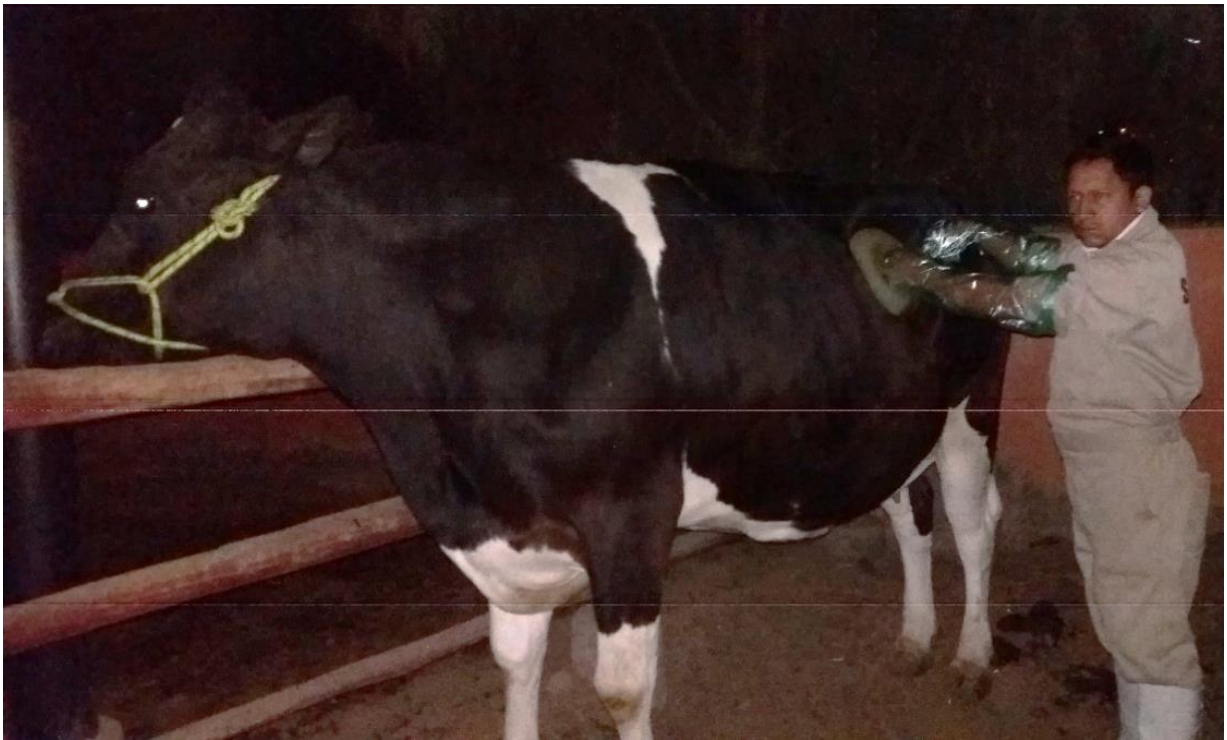


Foto 13. Retirando las muestras de la *Moringa oleifera*

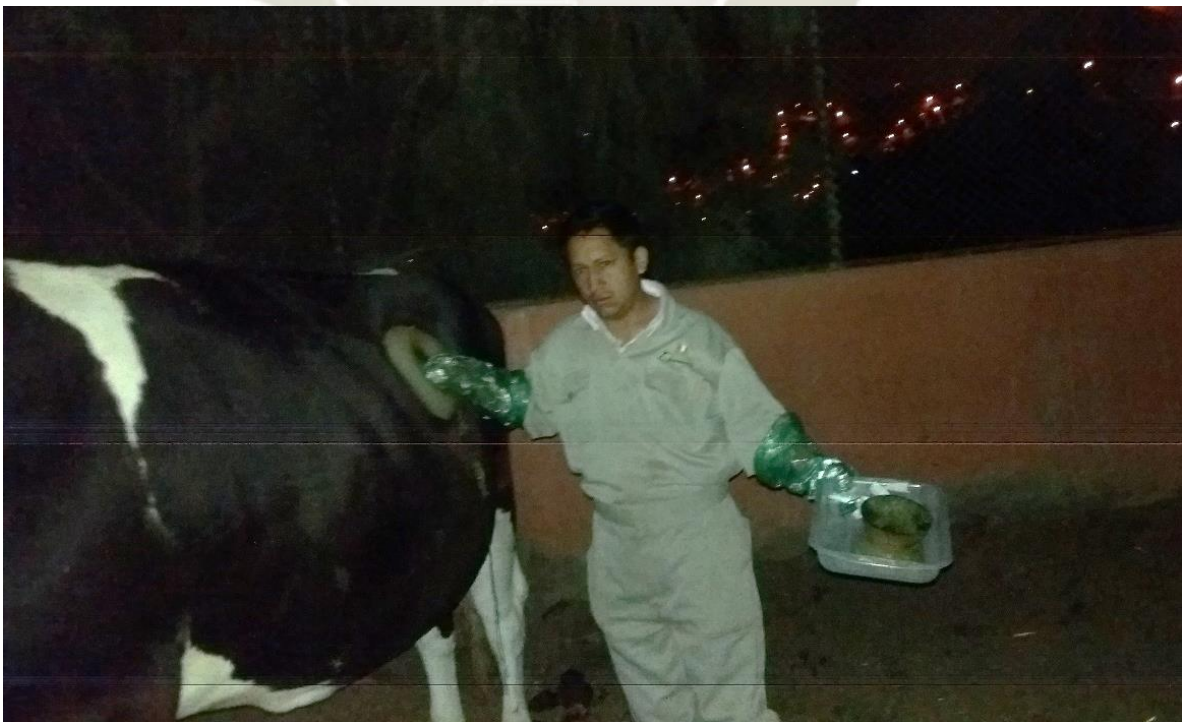


Foto 14. Muestras de la *Moringa oleifera* retiradas del rumen



Foto 15. Retiro de muestra



Foto 16. Muestras pesadas para luego ser incubadas en el rume de la vaca fistulada



Foto 17. Retirando las muestras de *Moringa Oleífera*



Foto 18. Retirando las muestras incubadas de la *Moringa oleifera* después del tiempo indicado



Foto 19. Retirando las muestras incubadas de la *Moringa oleifera* después del tiempo indicado



Foto 20. Muestras retiradas del rumen luego de ser incubada a las 2-4-8-16-32-48 horas



Foto 21. Una vez terminado el proceso de incubación en el rumen. Se hace el lavado de las muestras 0-2-4-8-16-32-48 horas para ser secadas en la estufa de aire forzado por 48 horas



Foto 22. Las muestras lavadas ya listas para poner a la estufa de aire forzado



Foto 23. Muestras lavadas y listas para poner a las estufa de aire forzado



Foto 24. Las muestras a punto de ser puestas a la estufa de aire forzado por 48 horas



Foto 25. Una vez sacada de la estufa se pesa en la balanza analítica para ver cuánto se ha degradado



Foto 26. Después de ser incubada en el rumen, después de ser secada en la estufa en aire forzado por 48 horas, pesamos las muestras para ver la cantidad que se ha degradado en los diferentes tiempos 0-2-4-8-16-32-48 horas.



Foto 27. Pesando las muestras para ver la degradabilidad del total de muestra que se puso a principio

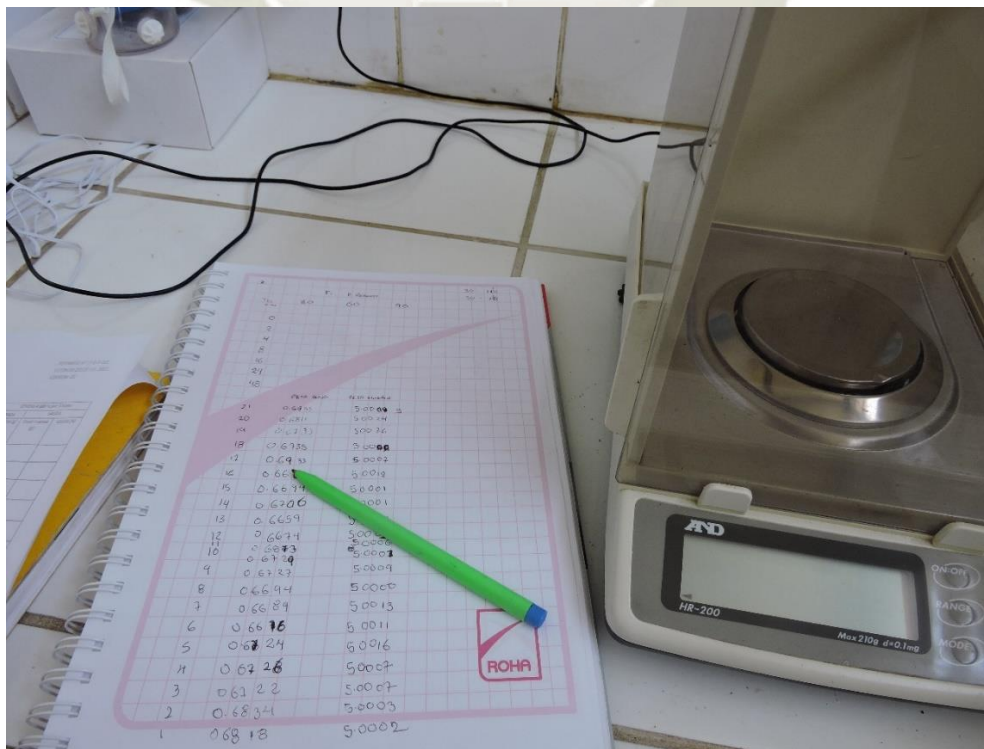


Foto 28. Pesando las muestras para ver la cantidad que se ha degradado

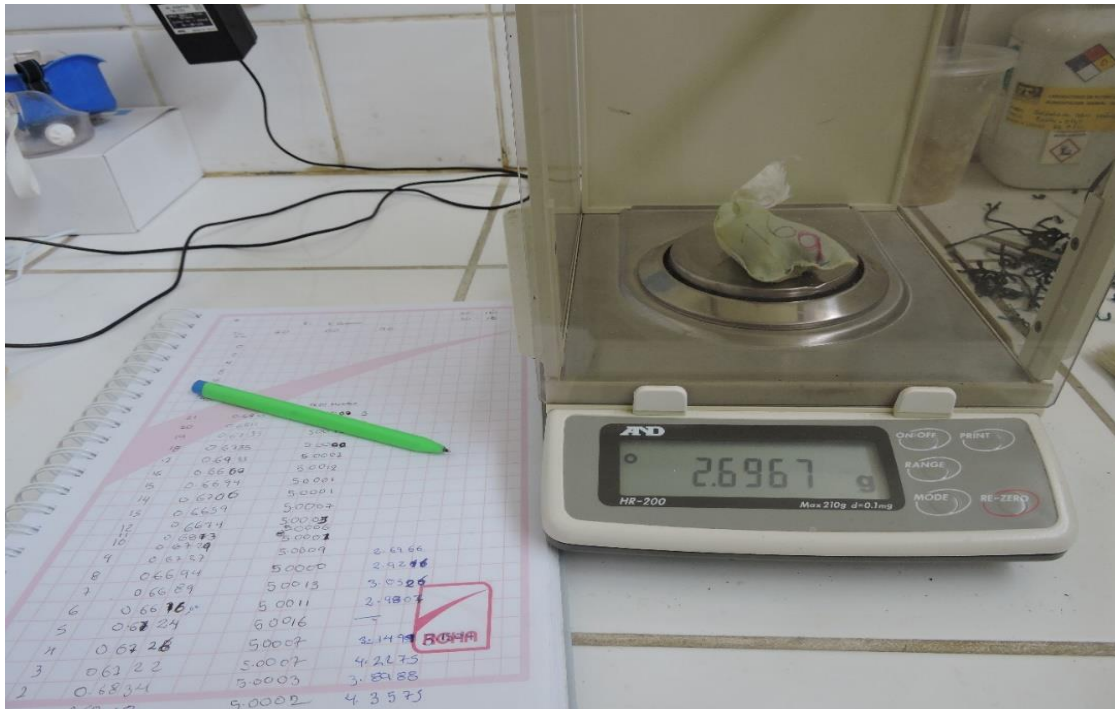


Foto 29. Materia Seca; para sacar materia seca se realiza el siguiente procedimiento se lava los crisoles se coloca a la estufa de convección natural por 1 hora a 100°C ; se coloca al desecador luego se tara el crisol, se pesa la muestra 2 gramos; se lleva a la estufa de convección natural por 2 horas a una temperatura de 102 °C + - 5 °C finalmente se coloca al desecador por 20 minutos y se pesa



Foto 30. Pesando 2 gramos de muestra de *Moringa oleifera* para sacar % de materia seca



Foto 31. Los crisoles con 2 gramos de muestra en la estufa de convección natural que serán incubada por 2 horas a una temperatura de $102\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



Estufa de conveccion natural y desecador



Foto 32. Para sacar el porcentaje de proteína primero se hace la digestión de proteína; se pesa 15 g de muestra, 1 gramo de catalizador, 4 ml de ácido sulfúrico todo esto se adiciona al tubo kjendahl



Foto 33. Adicionando 4 ml de ácido sulfúrico a los tubos de Kjendahl, se pone 2 perlas de vidrio, se coloca los tubos en el bloque digestor



Foto 34. Bloque digestor donde se hace la digestión de proteína a una temperatura de 400 °C por un tiempo de 3 horas y 30 minutos aproximadamente



Foto 35. Tubos kjendahl retiradas del bloque digestor para hacer la destilación de proteína



Foto 36. Destilador Kjendahl de Proteina es donde se realiza la destilacion de proteina procedimiento es lo siguiente 1)Los tubos Kjendahl es llevado al destilador 2)Se adicina 25 ml de hidroxido de sodio al 40% a cada tubo 3)Al adicionar se va a teñir de color azul 4)Al otro extremo del equipo se coloca 25 ml de acido borico al 4%en un matraz con3 gotas de indicador mixto 5) se espera por 8 minutos el alarma del equipo obsevando el cambio de color de de morado a turquesa



Foto 37. Agregando 25 ml de hidróxido de sodio a cada tubo para realizar la digestión de proteína



Foto 38. Pesando el catalizador para sacar proteína



Foto 39. Realizando la titulación de proteína en micropipetas con ácido clorhídrico al 0.25 luego se el viraje de color turquesa a morado indica el gasto titulable



Foto 40. Observando el viraje del color del matraz cambiado de morado a turquesa



Foto 41. Agregando reactivo Hidróxido de sodio al 40%



Foto 42. Titulación de proteína



Foto 43. Titulación de proteína



Foto 44. Registro de materia seca total

MATERIA SECA PARCIAL Y MATERIA SECA TOTAL

Realizada por: Fecha:

Nº Crisol	MUESTRA		MATERIA SECA PARCIAL A 65 °C POR 48 HORAS			MATERIA SECA TOTAL A 105 °C POR 2 HORAS		CENIZAS A 600 °C POR 2 HORAS	
			ENTRADA	SALIDA		ENTRADA	SALIDA	SALIDA	
	Código	Descripción	P. bandeja (g)	P. Muestra (g) + bandeja	P. bandeja+ muestra (g)	Crisol (g)	Muestra (g)	P. crisol + muestra (g)	Crisol + ceniza (g)
20	1		—	—	—	15.1111	2.0082		
6	2					14.4556	2.0051		
23	3					14.0070	2.0015		
1	4					14.3236	2.0012		
15	6					13.1048	2.0010		
23	7					15.6091	2.0029		
3	8					15.4230	1.9354		
18	9					13.8889	1.8947		
11	10					14.2364	1.3554		
7	11					14.3121	1.5162		
30	13					14.9559	0.6425		
9	14					15.1641	1.0455		

RP-04-FFQ-01-DMSPMST Versión 01 Fecha de emisión 15/03/19 Elaborado por DC / Revisado por DC / Aprobado por DE Página 1 de 1

Foto 45. Registró Análisis de proteína

Realizada por: _____ Fecha: _____

ANÁLISIS DE PROTEÍNAS

Nro.	Muestras			Peso catal. (g)	DIGESTIÓN H ₂ SO ₄ (ml)	DESTILACIÓN NaOH 40% (ml)	HCl 0.25 N		Observaciones
	Código	Descripción	P. muestra (g)				Factor de Corrección	Verdadera Normalidad	
1	15	0.1507	1 gramo				0.9709	1.30	
2	16	0.1529	1 gramo				0.9709	1.56	
3	17	0.1510	1 gramo				0.9709	0.65	
4	19	0.1517	1 gramo				0.9709	1.67	
5	20	0.1530	1 gramo				0.9709	0.58	
6	22	0.1553	1 gramo				0.9709	1.65	
7	23	0.1505	1 gramo				0.9709	1.65	
8	24	0.1528	1 gramo				0.9709	1.65	
9	25	0.1550	1 gramo				0.9709	1.69	
10	26	0.1547	1 gramo				0.9709	1.58	
11	27	0.1523	1 gramo				0.9709	1.53	
12	28	0.1557	1 gramo				0.9709	1.68	

Realizada por: _____ Fecha: _____

ANÁLISIS DE PROTEÍNAS

Nro.	Muestras			Peso catal. (g)	DIGESTIÓN H ₂ SO ₄ (ml)	DESTILACIÓN NaOH 40% (ml)	HCl 0.25 N		Observac.
	Código	Descripción	P. muestra (g)				Factor de Corrección	Verdadera Normalidad	
1	6	0.1530	1 gramo				1.0247	1.54	
2	7	0.1542	1 gramo				1.0243	1.43	
3	6	0.1509	2 gramo				1.0247	1.26	
4	4	0.1534	2 gramo				1.0247	1.58	
5	3	0.1543	2 gramo				1.0247	1.52	
6	2	0.1504	1 gramo				1.0247	1.60	
7	1	0.1585	1 gramo				1.0247	1.62	
8	9	0.1571	1 gramo				1.0247	1.40	
9	10	0.1552	1 gramo				0.9709	1.32	
10	11	0.1555	1 gramo				0.9709	1.71	
11	13	0.1521	1 gramo				0.9709	1.23	
12	14	0.1581	1 gramo				0.9709	1.61	

Foto 46. Registro de análisis de proteína