

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**Digestibilidad de materia seca, proteína cruda y
fibra detergente neutro del heno de *Avena sativa*
“avena” cultivado en comunidades de Huamanga y
Cangallo. Ayacucho 2010.**

**Tesis para optar el título de:
Bióloga**

Con mención en la especialidad de Microbiología

Presentado por:

Bach. LOAYZA SILVA, Elena Marisol

AYACUCHO – PERU

2011

*A Dios Todo poderoso, a
mis padres Luis Alberto y
Marina, a mis hermanas
Norma, Elva, Maruja, y a
la memoria de mi
hermana Sofía.*

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, segunda Universidad fundada en el país.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Biológicas, de la Escuela de Formación Profesional de Biología quienes me facilitaron los conocimientos necesarios para mi formación profesional.

Al Laboratorio de Bromatología y Nutrición - Área Académica de Ciencias Básicas de la Facultad de Ciencias Biológicas, al personal técnico y en forma especial a la Biga. Edna León Palomino por haberme permitido realizar este trabajo de investigación también por su asesoramiento.

Al Ing. Agrónomo Angelino Santana del Proyecto Pro Leche Ayacucho por los datos proporcionados y por la facilitación de las muestras.

A los trabajadores del camal de Carmen Alto por facilitarme el líquido ruminal.

A la fundación Eduardo y Mirtha Añaños por la prestación del centro de cómputo para elaborar el presente informe.

A todas las personas que de alguna forma me apoyaron en la ejecución y finalización de mi trabajo de tesis.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Condiciones agro ecológicas	3
2.2. Etapas y estados de desarrollo y crecimiento de las gramíneas... 4	
2.3. Factores que afectan a los forrajes.....	5
2.4. <i>Avena sativa</i> "avena".....	5
2.4.1. Clasificación Taxonómica	6
2.5. Heno.....	7
2.5.1. Pérdidas físicas y químicas.....	7
2.5.2. Calidad del buen heno.....	7
2.5.3. Heno de <i>Avena sativa</i> "avena".....	8
2.6. Digestibilidad.....	8
2.6.1. Factores que afectan la digestibilidad.....	9
2.6.2. Digestión en el rumiante.....	9
2.6.3. Estómago de los rumiantes	10
2.6.4. Microorganismos del rumen.....	10
2.7. Digestibilidad <i>in vitro</i> en dos fases.....	13
2.7.1. Factores que influyen la digestibilidad <i>in vitro</i>	13
2.8. Digestión de la materia seca.....	13
2.9. Digestión de la Proteína cruda.....	14
2.10. Fibra detergente neutro.....	15
2.11. Antecedentes.....	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
IV. RESULTADOS	32
V. DISCUSIÓN	38
VI. CONCLUSIONES	46
VII. RECOMENDACIONES	47
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS	54

Título: Digestibilidad de materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutro del heno de *Avena sativa* “avena” cultivado en comunidades de Huamanga y Cangallo. Ayacucho 2010.

Autor: Bach. Loayza Silva, Elena Marisol

Asesora: Biga. Edna León Palomino

RESUMEN

A la falta de estudios sobre digestibilidad *in vitro* y, por ser el heno de *Avena sativa* “avena” una importante fuente de alimentación para los rumiantes en época de sequía de las zonas altoandinas de nuestra región, se realizó la presente investigación con el objetivo de evaluar la digestibilidad *in vitro* de materia seca (DVTMS), digestibilidad *in vitro* de proteína cruda (DVTPC) y la digestibilidad *in vitro* de fibra detergente neutro (DVTFDN) del heno de *Avena sativa* “avena” cultivado en comunidades de las provincias de Huamanga y Cangallo. El presente trabajo de investigación básico - descriptivo se realizó en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición del Área Académica de Ciencias Básicas de la Facultad de Ciencias Biológicas. Se determinó el contenido de humedad (H), de materia seca (MS) por el método gravimétrico según la AOAC, 1980, de proteína cruda (PC) por el método de micro-Kjeldahl según la AOAC, 1980 y de fibra detergente neutro (FDN) por el método de Van Soest y Wine, 1967 antes y después de realizarse la digestibilidad *in vitro* según la técnica de Tilley y Terry, 1963. La DVTMS presentó valores de 48.46 a 50.49%, la DVTPC presentó valores de 35.26 a 62.81% con diferencias estadísticamente significativas para el heno elaborado en las comunidades de Cusibamba, Satica y Unión Paqchaq, la DVTFDN presentó valores de 24.98 a 32.12%. Estos resultados se pueden explicar principalmente por el estado fenológico de la *Avena sativa* “avena” al momento de corte, la forma de elaboración y almacenamiento del heno de *Avena sativa* “avena”, la composición microbiana del líquido ruminal y la alimentación del animal donante del líquido ruminal. Las muestras de heno de *Avena sativa* “avena” presentó valores de H de 6.85 a 10.58%, MS de 89.42 a 93.15%, la PC presentó valores de 6.86 a 10.08% y la FDN presentó valores de 63.34 a 66.45%; después de la digestibilidad *in vitro* el residuo menos el control presentó valores de PC de 3.75 a 4.81% y valores de FDN de 47.78 a 49.30%.

Palabras claves: digestibilidad *in vitro*, heno de *Avena sativa* “avena”.

Title: Dry matter digestibility, crude protein and neutral detergent fiber hay of *Avena sativa* "oats" cultivated in communities of Huamanga and Cangallo. Ayacucho 2010.

Author: Bach. Loayza Silva, Elena Marisol

Adviser: Biga. Edna León Palomino

ABSTRACT

A lack of studies on *in vitro* digestibility and, as the hay of *Avena sativa* "oats" an important source of food for ruminants in the dry season in the highlands of our region, this research was conducted with the aim of evaluate the *in vitro* digestibility of dry matter (DVTMS), *in vitro* digestibility of crude protein (DVTPC) and *in vitro* digestibility of neutral detergent fiber (DVTFDN) *Avena sativa* hay "oats" cultivated in communities in the provinces of Huamanga and Cangallo. This basic research - descriptive performed at the Laboratory of Food Science and Nutrition Academic Area of Basic Sciences, Faculty of Biological Sciences. We determined the moisture content (H), dry matter (DM) by the gravimetric method according to AOAC, 1980, crude protein (CP) by the micro-Kjeldahl method according to AOAC, 1980 and neutral detergent fiber (NDF) by the method of Van Soest and Wine, 1967 before and after *in vitro* digestibility by the technique of Tilley and Terry, 1963. The values presented DVTMS 48.46 to 50.49%, the values presented DVTPC 35.26 to 62.81% and statistically significant differences for hay produced in communities Cusibamba Satica and Paqchaq Union , the values presented DVTFDN 24.98 to 32.12%. These results can be explained mainly by the phenological stage of *Avena sativa* "oats" when cutting, processing and storage as hay of *Avena sativa* "oats", the microbial composition of rumen fluid and the donor animal ruminal fluid feed. The samples hay *Avena sativa* "oats" presented values 6.85 to 10.58% of H, 89.42 to 93.15% DM, PC presented the values of 6.86 to 10.08% and NDF values presented 63.34 to 66.45%. After *in vitro* digestibility less control of the waste, PC presented values 3.75 to 4.81% and NDF values presented 47.78 to 49.30%.

Keywords: digestibility *in vitro*, hay of *Avena sativa* "oats".

I. INTRODUCCIÓN

El problema básico de la explotación lechera en los andes es la estacionalidad de la producción forrajera. Los animales que llegan con buen peso y producción al final de la época de lluvias, pierden peso y bajan considerablemente su producción en época seca. Los forrajes conservados en forma de ensilaje o heno son los más apropiados para este fin (Tinoco, 1981).

El heno de *Avena sativa* "avena" es el principal forraje consumido en mayor cantidad en la época seca por el ganado bovino y representa este ganado la mayor producción láctea y derivados para el consumo de la población de Huamanga (Curi, 2008).

En la zona de Morochucos, Cangallo, Alpachaka con sus amplias mesetas a una altitud de 3500 a 4 200 m.s.n.m. a unos 80 km. de la capital de la región de Ayacucho, el cultivo de avena constituye una oferta forrajera indiscutible especialmente en las zonas en secano o sin riego. Más del 80 % de los cultivos de avena se utilizan como heno (Proleche, 2008 citado por Gonzales, 2010).

En esta zona más de 75% de los ganaderos utilizan la avena como alimento básico en la ganadería vacuna; con más de 180 has. de avena sembradas durante la campaña 2009 - 2010 (Gonzales, 2010).

El valor nutritivo del forraje es el resultado de la composición química y la digestibilidad de la planta (Ruiz y Tapia, 1987).

El único dato preciso sobre la digestibilidad de un alimento en particular, por un animal en particular, es aquel medido cuando el alimento es ofrecido a ese animal. En la práctica sin embargo, el número de alimentos que deben ser probados es mayor que la posibilidad de medirlos en experimentos con animales y en muchos casos, la cantidad de alimentos disponibles es muy pequeña para realizar esas pruebas (Paladines y Raymond, 1967).

Tilley y Terry, 1963 encontraron que se puede predecir los valores de digestibilidad *in vivo* utilizando la técnica de determinación de la digestibilidad *in vitro* (Estrada, 1991).

Después que Latorre, 1984 instaló la técnica de digestibilidad de materia seca *in vitro* según Tilley y Terry, 1963 no se realizaron investigaciones usando esta técnica, tampoco sobre los microorganismos ruminales aun siendo un caso de cooperación entre animal y microorganismo. Por estas razones se planteó la presente investigación básica - descriptiva con los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Evaluar la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutro del heno de *Avena sativa* "avena" cultivado en comunidades de las provincias de Huamanga y Cangallo.

Objetivos específicos

- Determinar el contenido de humedad y materia seca (método gravimétrico AOAC, 1980), de proteína cruda (método de micro-Kjeldahl AOAC, 1980) y el contenido de la fibra detergente neutro (método de Van Soest y Wine, 1967); antes y después de realizarse la digestibilidad *in vitro*.
- Determinar la digestibilidad por el método de digestibilidad *in vitro* por la técnica descrita por Tilley y Terry, 1963.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Condiciones agro ecológicas

El clima en la sierra presenta dos estaciones: una época de lluvias que dura entre 5 y 6 meses (entre Noviembre y Abril), con 400 a 1.000 mm. de precipitaciones y una temperatura entre 6 y 12°C; y una época seca (entre Mayo y Octubre) con alta evaporación y heladas con temperaturas por debajo de los 10°C y altas variaciones (de +/- 30°C). La ganadería en la región de Ayacucho es extensiva y semiextensiva, la base de la alimentación son los pastos naturales y cultivados; se desarrolla desde los 2 500 m.s.n.m., predominando el ganado criollo y hasta los 4 500 m.s.n.m., donde se desarrollan razas criollas cruzadas con Brown Swiss y Shorton; las razas cruzadas de Holstein prosperan hasta los 3 000 m.s.n.m pues a mayor altura tienen menor producción. Las zonas altoandinas de Ayacucho tienen terrenos profundos, ricos en materia orgánica y con pH entre 4.5 y 6. El pasto en la región Ayacucho tiene dos periodos: i) etapa de crecimiento, con alta producción durante seis a siete meses y, ii) etapa de descanso y producción mínima. Los factores que afectan la producción de pastos son las heladas, granizadas y el ataque de plagas y enfermedades (Solid Perú, 2007).

2.2. Etapas y estados de desarrollo y crecimiento de las gramíneas

Cada especie posee su propio comportamiento y una serie de transformaciones que constituyen su desarrollo. La composición y organización de sus células se modifican; su valor nutritivo y sus posibilidades de rebrote tampoco son iguales de un extremo a otro del año, para estudios fenológicos, es indispensable conocer las etapas y estados de desarrollo y crecimiento de las gramíneas (Ruiz y Tapia, 1987).

Tabla Nº 01: Etapas y estados de desarrollo y crecimiento de las gramíneas

Etapas	Estados
Vegetativa	<ul style="list-style-type: none"> Brote o emergencia de plántulas Una hoja Dos hojas Tres hojas Inicio de macollaje o ahije Pleno macollaje o ahijamiento Inicio de elongación
Reproductiva	<ul style="list-style-type: none"> Un nudo Dos nudos Aparición de la última hoja Aparición de la panícula o espiga Plena panícula, panoja o espiga
Maduración (granos o semillas)	<ul style="list-style-type: none"> Formación de granos Estado lechoso del grano Estado pastoso del grano Estado semiduro del grano

Fuente: (Ruiz y Tapia, 1987)

2.3. Factores que afectan a los forrajes

Los principales factores que afectan el contenido en nutrientes y el valor alimenticio de los forrajes son los siguientes:

- La especie, variedad y estirpe de la planta
- Las partes de la planta como hojas y tallos
- El grado de madurez en el momento de recolección
- El abonado y las características del suelo
- El tiempo, el clima y la época del año
- Los cambios que tienen lugar durante la conservación, el procesado y/o el almacenamiento

La fertilización y las características del suelo afectan la composición de las gramíneas. Con una fertilización rica en nitrógeno el contenido en proteína bruta de algunas gramíneas inmaduras puede superar el 20%. Por el contrario, el abonado con escasa cantidad de nitrógeno puede dar lugar a cifras inferiores al 5% en las plantas más maduras. El contenido mineral de los forrajes, especialmente de las gramíneas, se ve notablemente afectado por el contenido mineral del suelo y de los fertilizantes empleados (Miller, 1989).

La composición química de las gramíneas varía mucho, no solo entre especies, sino también según la madurez, condiciones climáticas y suelo. Esto vale especialmente al contenido mineral que en gran parte reflejan la composición del suelo (FAO, 1988).

2.4. *Avena sativa* “avena”

Es forrajera propia para el cultivo de las zonas frías y templado frías. Crece bien en los suelos más variados, pero alcanza su mayor producción en los suelos livianos y humíferos (Flores, 1975).

La avena fue introducida al Perú hace aproximadamente medio siglo y por ser excelente forrajera se ha convertido en uno de los cultivos anuales más

adaptados en nuestro medio. Las fases de crecimiento pueden dividirse en los siguientes períodos:

- De la siembra a la emergencia
- De la emergencia al macollamiento
- Del macollamiento a la espigación
- De la espigación a la maduración completa
- Maduración del grano o endurecimiento (Ruiz y Tapia, 1987)

La avena como gramínea tiene un buen valor nutritivo en carbohidratos, pero su nivel de proteína al momento de cosecha no es tan elevado como en las leguminosas (Tapia, citado por Arica, 2003).

Es especialmente sensible a la temperatura durante la floración y el período de formación de grano. Las necesidades hídricas de la avena son las más elevadas de todos los cereales de invierno, por ello se adapta muy bien a los climas frescos y húmedos. Es muy sensible a la sequía especialmente en el período de formación del grano. Está más adaptada que los demás cereales a los suelos ácidos. Su sistema radicular más profundo y desarrollado le permite aprovechar mejor los nutrientes del suelo (López, 1991).

2.4.1. Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica de la “avena” según Engler, A. es la siguiente:

División: Antophyta

Clase: Monocotyledoneae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: Avena

Especie: *Avena sativa* L. (Mostacero, 1993)

2.5. Heno

Es el alimento resultante de la deshidratación del forraje verde hasta bajar su contenido de humedad al 20 o 15% y aún menos, lo cual permite almacenar indefinidamente en condiciones adecuadas el forraje deshidratado. El heno contiene 40 a 70% de carbohidratos estructurales como celulosa y hemicelulosa que requieren fermentación bacteriana durante la digestión, por esta razón el 98% del heno producido se dedica a la alimentación de rumiantes y equinos; para estos animales es más importante el heno como fuente de energía que como fuente de proteína, minerales o vitaminas. El heno se emplea como complemento alimenticio en las épocas de escasez de pasto (durante el invierno en climas templado o fríos y durante la época seca en climas cálidos (Estrada, 1991).

Las gramíneas que se destinan a heno deben cortarse en una fase temprana de la floración (FAO, 1988).

2.5.1. Pérdidas físicas y químicas

Si el heno se enmohece, el valor alimenticio se reduce y, en los casos graves puede resultar carente de valor. El exceso de humedad da lugar al calentamiento, que determina una coloración parda o negra y reduce notablemente la digestibilidad de la proteína. Si el heno se seca demasiado, las hojas se hacen frágiles y se desprenden, lo que determina una pérdida considerable de nutrientes. El heno resultante tienen menos hojas y menor valor nutritivo (Miller, 1989).

Esta pérdida no conviene porque las hojas contienen 2 a 3 veces más proteínas que los tallos, además son ricas en minerales y vitaminas y contiene menos fibra que el tallo. Con la respiración el pasto cortado continúa perdiendo energía en forma de carbohidratos. El forraje en proceso de secado pierde entre 10 a 15 % de su riqueza en azúcares. El heno de color verde es siempre rico en

caroteno, mientras que el de color pajizo suele ser pobre en vitaminas. Esta pérdida puede ser por lo menos el 20% de las proteínas (Ruiz y Tapia, 1987).

A la vista de estas pérdidas es conveniente la desecación más rápida posible. Si llueve el agua puede arrastrar una buena cantidad de nutrientes especialmente en los forrajes secos (Miller, 1989).

2.5.2. Calidad del buen heno

El heno de buena calidad debe reunir los siguientes requisitos:

- Estar exento de malas hierbas y ser muy palatable
- Tener abundancia de hojas adheridas a los tallos porque en las hojas están aproximadamente el 70% de proteínas
- Los tallos deben ser flexibles
- El color debe ser verde (Ruiz y Tapia, 1987)

2.5.3. Heno de *Avena sativa* "avena"

La avena en forma de heno es usada en Huamanga y Cangallo para suministrar al ganado en época de déficit (Solid Perú, 2007).

Para conseguir una excelente calidad de heno de avena se recomienda efectuar el primer corte de la avena a más tardar en el estado de inicio de panoja, así se obtiene considerable volumen y una buena calidad proteica (Pro leche, 2010).

2.6. Digestibilidad

La digestibilidad de los alimentos puede definirse, con cierto grado de exactitud, como la cantidad que no se excreta en las heces y que, por tanto, se considera absorbida por el animal. Normalmente, se expresa en relación con la materia seca, como coeficiente o como porcentaje. La digestibilidad puede expresarse de distintas formas; hay que diferenciar la digestibilidad de la materia seca de un alimento de la digestibilidad de la materia orgánica (o de los distintos componentes de la materia orgánica); entre la digestibilidad aparente y la

digestibilidad real, y entre la digestibilidad en todo el tracto digestivo y en alguna parte del tracto digestivo (por ejemplo digestibilidad en el íleon). Además, la digestibilidad puede determinarse directamente en los animales (digestibilidad *in vivo*), o indirectamente, tanto en el laboratorio (*in vitro*) como mediante el empleo de bolsas de poliéster (*in sacco*) (McDonald y Col., 1999).

2.6.1. Factores que afectan la digestibilidad

- Composición de los alimentos
- Composición de la ración
- Preparación de los alimentos
- Factores dependientes de los animales
- Nivel de alimentación (MacDonald y Col., 1999)

2.6.2. Estómago de los rumiantes

Los rumiantes se diferencian de los demás mamíferos por tener un estómago de gran tamaño dividido en cuatro cámaras: rumen, retículo, omaso y abomaso. El estómago de los rumiantes no solo digiere los alimentos, sino que también absorbe sus metabolitos (Bondi, 1989).

2.6.3. Digestión en el rumiante

En la saliva se encuentran abundantes cantidades de compuestos tampón principalmente bicarbonatos y fosfatos, que son factores clave para el mantenimiento del pH del rumen dentro del intervalo adecuado entre 5.5 y 7.2 para el funcionamiento eficaz de los microorganismos. Al mismo tiempo, proporciona diversos nutrientes necesarios para los microbios (Miller, 1989).

Los alimentos se mezclan con abundantes cantidades de saliva, durante la ingestión y posteriormente, durante la rumia. El contenido del rumen se mezcla continuamente gracias a las contracciones rítmicas de sus paredes durante la rumia. Los alimentos que se encuentran en el extremo anterior penetran en el esófago y son devueltos a la boca merced a una contracción antiperistáltica. La

porción líquida es deglutida rápidamente, en tanto que la parte más grosera es masticada intensamente antes de regresar al rumen. El tiempo empleado en la rumia por los animales, depende del contenido de fibra de la ración. Los alimentos y el agua llegan al rumen donde aquellos son parcialmente fermentados, dando lugar principalmente a ácidos grasos volátiles, células microbianas, y los gases metano y dióxido de carbono. Las células microbianas pasan al abomaso e intestino delgado, acompañando a los componentes de los alimentos no degradados; allí son digeridas por las enzimas segregadas por el animal hospedador, absorbiéndose los productos de la digestión. En el intestino grueso existe una segunda fase de digestión microbiana. Los ácidos grasos volátiles producidos en el intestino grueso también se absorben, pero las células microbianas se excretan, con los componentes no digeridos de los alimentos, en las heces (MacDonald y Col., 1999).

2.6.4. Microorganismos del rumen

La actividad microbiana en el retículo-rumen se logra, fundamentalmente, por las bacterias y protozoos anaerobios estrictos, y en menor grado por ciertos hongos. El contenido ruminal de los animales adultos mantenidos en condiciones normales de alimentación, incluye 10^{11} bacterias por mL, y una cantidad mucho menor de protozoos (10^6 por mL). Los protozoos cumplen importantes funciones en el metabolismo proteico. Los oligótricos engloban partículas de alimentos y células, y utilizan la celulosa. La mayoría de los tipos de bacterias del rumen se adhieren a la superficie de las partículas del alimento, y algunas lo hacen sobre el epitelio del rumen (Bondi, 1989).

Las bacterias dominantes son anaerobias, diferentes bacterias del rumen hidrolizan polímeros, como la celulosa, convirtiéndolos en azúcares, de los cuales por fermentación, se producen ácidos grasos. *Fibrobacter succinogenes* y *Ruminococcus albus* son los anaerobios celulolíticos más abundantes en el

rumen. Aunque ambos organismos producen celulasas, *Fibrobacter*, una bacteria Gram negativa, contiene celulasa periplasmática para romper la celulosa por tanto debe estar adherido a la fibrilla de celulosa mientras la digiere. *Ruminococcus*, por otra parte, produce una celulosa que es secretada al rumen, donde degrada la celulosa fuera de la célula bacteriana (Madigan y Col., 2004).

Los hongos del rumen en fase vegetativa se fijan a partículas de alimentos por medio de los rizoides, que pueden atravesar las paredes celulares; pueden utilizar la mayoría de los polisacáridos y muchos azúcares solubles; algunos de los carbohidratos no utilizados por dichos hongos son las pectinas, ácido poligalacturónico, arabinosa, fucosa, manosa y galactosa (McDonald y Col., 1999).

La proporción relativa de los distintos microbios cambia sustancialmente con los diferentes tipos de alimentos consumidos. Las funciones más importantes de los microbios del rumen son:

- La digestión de los alimentos fibrosos
- La síntesis de nutrientes esenciales , como las vitaminas del grupo B y los aminoácidos esenciales
- La utilización de compuestos nitrogenados no proteicos, que de otra forma apenas serian utilizables (Miller, 1989)

Tabla N°02: Características de algunas procariontas del rumen

Organismo	Tinción de Gram	Dominio Filogenético	Morfología	Movilidad	Productos de fermentación
Degradadores de celulosa					
<i>Fibrobacter succinogenes</i>	Negativo	B	Bacilo	-	Succinato, acetato, formiato
<i>Butirivibrio fibrisolvens</i>	Negativo	B	Bacilo curvado	+	Acetato, formiato, lactato, butirato, H ₂ , C O ₂
<i>Ruminococcus albus</i>	Positivo	B	Coco	-	Acetato, formiato, H ₂ , CO ₂
<i>Clostridium lochheadii</i>	Positivo	B	Bacilo(esporas)	+	Acetato, formiato, butirato, H ₂ , CO ₂
Degradadores de almidón					
<i>Prevotella ruminicola</i>	Negativo	B	Bacilo	-	Formiato acetato, succinato,
<i>Ruminobacter amylophilus</i>	Negativo	B	Bacilo	-	Formiato acetato, succinato,
<i>Selenomonas ruminantium</i>	Negativo	B	Bacilo curvado	+	Acetato, propionato, lactato
<i>Succinomonas amylolytica</i>	Negativo	B	Ovalado	+	Acetato, propionato, succinato
<i>Streptococcus bovis</i>	Positivo	B	Coco	-	Lactato
Degradadores de lactato					
<i>Selenomonas lactilytica</i>	Negativo	B	Bacilo curvado	+	Acetato, succinato
<i>Megasphaera elsdenii</i>	Positivo	B	Coco	-	Acetato, propionato, butirato, valerato, corpoato, H ₂ , CO ₂
Degradadores de succinato					
<i>Schwartzia succinovorans</i>	Negativo	B	Bacilo	-	Propionato, CO ₂
Degradadores de pectina					
<i>Lachnospira multiparus</i>	Positivo	B	Bacilo curvado	+	Acetato, formiato, lactato, H ₂ , CO ₂
Metanógenos					
<i>Methanobrevibacter ruminantium</i>	Positivo	A	Bacilo	-	CH ₄ (a partir de H ₂ + CO ₂ o de formiato)
<i>Methanomicrobium mobile</i>	Negativo	A	Bacilo	-	CH ₄ (a partir de H ₂ + CO ₂ o de formiato)

B, Bacteria; A, Archaea

Fuente: Madigan y Col., 2004.

2.7. Digestibilidad *in vitro* en dos fases

La digestibilidad de los alimentos de los rumiantes puede determinarse con cierta exactitud, sometiéndoles, en primer lugar a la acción de líquido ruminal y seguidamente a la acción de la pepsina. Durante la primera fase se incuba en condiciones anaerobias durante 48 horas, una muestra de alimento, finamente molido, en un tubo que contiene líquido ruminal tamponado. En la segunda fase se matan las bacterias acidificando el medio en ácido clorhídrico, hasta alcanzar un pH 2, y se digieren incubándolos con pepsina durante otras 48 horas. La digestibilidad determinada *in vitro* suele ser ligeramente inferior a la determinada *in vivo* (MacDonald y Col., 1999).

2.7.1. Factores que influyen la digestibilidad *in vitro*

- Concentración del sustrato
- Tiempo de almacenaje del forraje
- Fineza del molido del forraje
- Composición y capacidad tampón del medio nutritivo
- Cantidad y preparación del licor ruminal
- Temperatura y pH de la digestión
- Preparación del animal para la prueba
- Tipo de digestión (Latorre, 1984)

2.8. Digestión de la materia seca

Todos los alimentos están constituidos por dos componentes fundamentales que son el agua y, la materia seca que es la muestra a la que se ha extraído el agua por acción del calor (Flores, 1975).

La importancia de la digestión microbiana que tiene lugar en el rumen viene indicada por el hecho de que el 70-85% de la materia seca digestible es degradada por los microorganismos con producción de ácidos grasos volátiles, dióxido de carbono, metano, amoníaco y células microbianas. Los principales

carbohidratos de la ración de los rumiantes, como la celulosa y el almidón y la mayor parte de las proteínas son degradadas por la actividad microbiana (Bondi, 1989).

2.9. Digestión de la Proteína cruda

La proteína cruda incluye dos grupos, el nitrógeno proteico y el no proteico (Ruiz y Tapia, 1987).

Afortunadamente los rumiantes son capaces también de hacer uso de nitrógeno procedente de fuentes no proteicas (NNP) tales como urea o amoniaco. Al igual que los mamíferos las vacas lecheras pueden ingerir una amplia variedad de proteínas procedentes tanto de fuentes animales como vegetales. La proteína sintetizada por los microbios es de una calidad muy elevada ya que el equilibrio entre sus aminoácidos es muy próximo al que precisa la vaca lechera. Las deficiencias de aminoácidos específicos se limitan generalmente a dietas pobres en proteínas. El animal rumiante debe disponer de una fuente de azufre para sintetizar la metionina y la cisteína (Chamberlain y Wilkinson, 2002).

Una excepción lo constituye el rumiante joven cuyo rumen y capacidad de síntesis no están bien desarrollados y por lo tanto requieren de proteínas de alta calidad para su normal crecimiento (Rojas, 1979).

Los microbios del rumen asimilan el nitrógeno procedente de fuentes no proteicas formando proteína microbiana y el resto de los microbios muertos prosiguen por el tracto digestivo donde su proteína es descompuesta en aminoácidos que son absorbidos. Parte del amoniaco liberado por la proteína degradable en el rumen puede ser absorbida por los microorganismos y asimilada en forma de proteína microbiana. La proteína no degradable pasa intacta al abomaso. En el abomaso la pepsina segregada por las glándulas gástricas inicia la digestión del flujo de proteína procedente del rumen,

descomponiéndola en cadenas de péptidos y eventualmente en aminoácidos individuales. La descomposición de aminoácidos individuales prosigue en el intestino delgado donde son absorbidos pasando a la corriente sanguínea (Chamberlain y Wilkinson, 2002).

Durante el paso de los alimentos por el rumen, gran parte de la proteína se degrada hasta péptidos por acción de las proteasas. Los péptidos son catabolizados hasta aminoácidos libres, y estos hasta amoníaco, ácidos grasos y dióxido de carbono (Bondi, 1989).

La actividad microbiana en el rumen da como resultado la degradación de la proteína con formación de amoníaco (NH_3) y aminoácidos; y el metano (AFRC, 2000).

El amoníaco resultante es transformado en úrea por el hígado y puede volver al rumen bien con la saliva o atravesando la pared del rumen, también puede ser eliminada con la orina. La cuantía que alcanza la degradación proteica del rumen parece depender de su solubilidad (Wilkins, 1970).

El calentamiento excesivo, la caramelización u otros procesos semejantes reducen sustancialmente la digestibilidad de la proteína de los alimentos (Miller, 1989).

2.10. Fibra detergente neutro

Van Soest propuso en 1964 un nuevo sistema de análisis químico. Este sistema divide la materia orgánica de las plantas en pared celular y contenido celular por medio del uso de detergentes (Chamberlain y Wilkinson, 2002).

Este detergente extrae lípidos, ácidos orgánicos y otros materiales hidrosolubles, pectina, compuestos nitrogenados no proteínicos, proteínas solubles, sílice y taninos. Al material insoluble se le denomina residuo detergente neutro o, más comúnmente, fibra detergente neutro. Este material contiene los principales componentes de la pared celular como la celulosa, hemicelulosa y

lignina. También es posible que contenga componentes secundarios de la pared celular, entre otros algunas proteínas, nitrógeno ligado, minerales y cutina. La fibra detergente neutro es solo parcialmente digerible por cualquier especie pero puede ser utilizada en mayor grado por animales como los rumiantes, los cuales dependen de la digestión microbiana para aprovechar la mayoría de los componentes fibrosos de los vegetales (Pond y Col., 2007).

Una de las principales ventajas del método del análisis de Van Soest es la existencia de una relación positiva entre el contenido en componentes de la pared celular de un forraje y la ingestión voluntaria del mismo. Los procedimientos de Van Soest pueden utilizarse en conjunción con fórmulas adecuadas para estimar el contenido de energía digestible en alimentos (Miller, 1989).

Un exceso de fibra detergente neutro, provoca que el consumo sea inferior al óptimo; demasiado poca y existe un riesgo de que descienda el contenido de grasa de la leche y/o acidosis (Chamberlain y Wilkinson, 2002).

En el ganado vacuno la digestión de la mayor parte de la fibra se realiza por los microbios del rumen. Sin ellos, el ganado vacuno no podría utilizar la fibra como una importante fuente de energía. La fibra de las plantas jóvenes es mucho más digestible que la de las plantas más maduras. Este proceso supone, al mismo tiempo un aumento en la cantidad de lignina y/o sílice, lo que hace que otros nutrientes no puedan ser digeridos. Además en los forrajes otros componentes de la fibra cambian con la madurez (Miller, 1989).

2.11. Antecedentes

Ljubo y Harald, 1986 en la investigación "Evaluación de heno de avena, cebada y centeno cosechado en dos estados de madurez, bajo las condiciones de Aysen" tuvieron como objetivo evaluar con animales en invierno (36 terneros overo-colorados, usando seis terneros por tratamiento) los heno de avena, cebada y centeno, cosechados en dos estados de madurez. El suministro de heno fue *ad libitum*. Para la evaluación de ganancia de peso se usó un diseño de bloques al azar, utilizando el método de Scheffé para la comparación entre medias. Los controles de peso fueron cada 14 días, en un periodo experimental de 56 días. Los resultados obtenidos para el valor nutricional de avena en el estado de madurez de espigadura fue materia seca 86.5%, proteína 7.5%, digestibilidad *in vitro* 69.0%, consumo de heno 5.11 Kg m.s./día/animal; para la avena en estado de madures de grano lechoso fue materia seca 93.1%, proteína 5.0%, digestibilidad *in vitro* 71.3%, consumo de heno 6.91 Kg m.s./día/animal. Llegaron a la conclusión de que el consumo de de heno muestra una tendencia a ser mayor cuando es cosechado en grano lechoso.

Bochi-Brum y Col., 1999 en la investigación "Digestibilidad *in vitro* de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de Líquido ruminal" estudiaron el efecto de la relación forraje:concentrado en la ración de los animales donantes de líquido ruminal sobre la digestibilidad *in vitro* de varios alimentos. El método *in vitro* empleado consistió en una incubación de los alimentos con líquido ruminal durante 48 h, seguida del tratamiento del residuo con una solución neutro-detergente. Llegaron a las conclusiones de que los resultados obtenidos indican que el valor de la digestibilidad *in vitro* de forrajes determinada por el método de Goering y Van Soest (1970) puede verse afectado negativamente por una alta proporción de alimentos concentrados en la ración de los animales donantes de líquido ruminal. Este hecho podría ser atribuido al

menor número de microorganismos celulolíticos en el inóculo ruminal procedente de estos animales, como consecuencia del descenso del pH ruminal ocasionado por el consumo de altas cantidades de concentrado.

Ramírez, 2007 en la tesis "Efecto del sistema de siembra y estado de madurez sobre producción y calidad nutricional de siete variedades de avena (*Avena sativa*)", en sus resultados el contenido de fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, hemicelulosa y celulosa tuvieron una tendencia lineal negativa ($P < 0.05$), a través de los estados de madurez, la dilución en los componentes fibrosos se asoció con el incremento en la proporción de grano y la reducción en su contenido de fibra detergente neutro, debidos a la madurez de la planta. Llegó a las conclusiones de que el sistema de siembra en surcos con pileteo incrementó ligeramente la producción de forraje y no alteró la composición química del heno de avena, por otra parte la cosecha en madurez fisiológica permitió el mayor incremento en la producción de forraje y su valor nutricional, debido a la alta proporción de grano en la planta que diluyó el contenido de componentes fibrosos.

Fernández y Col., 2008 en la investigación "Evaluación de la calidad nutricional de los diferentes estados de madurez del cultivo de avena para la obtención de henos o silaje de planta entera" obtuvieron los valores de la Tabla N° 03. Recomiendan el corte en panoja embuchada para la alimentación de vacas lecheras de alta producción y para vacas de cría en lactancia recomienda el corte hasta grano pastoso para heno o silaje.

Tabla N°03: Evaluación de los cambios de calidad de un verdeo de avena en los diferentes estados fenológicos

ESTADOS FENOLOGICOS	MS (%)	PB (%)	DIVMS (%)	CNES (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIGNINA (%)
PANOJA EMBUCHADA	24.24	18.66	81.22	17.74	41.17	17.53	1.72
PANOJA RECIÉN EMERGIDA	25.4	11.65	77.05	20.31	45.36	19.46	2.06
ANTESIS(FLORACION)	32.65	8.84	78.18	24.64	48.10	24.75	2.47
GRANO LECHOSO	34.21	8.56	68.22	17.56	51.65	25.92	2.91
GRANO PASTOSO	48.57	8.31	64.25	14.09	53.49	28.03	3.32
GRANO DURO	78.99	6.94	58.25	12.05	53.75	28.31	3.39
PLANTA SECA	95.68	5.4	58.01	5.38	58.56	30.48	3.60
TALLO SECO (RASTROJO)	100	2.94	45.24	1.36	80.94	47.45	5.87

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

Fuente: Fernández, 2008.

Flores y Col., 2008 en la investigación "Composición química, digestibilidad y cinética de digestión de paja de avena tratada con *Pleurotus ostreatus*", con el objetivo de evaluar la cinética de digestión y digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, proteína total, fibra insoluble en detergente neutro, y fibra insoluble en detergente ácido de la paja de avena (*Avena sativa*) (PA) y residuo de paja de avena del cultivo de hongo *Pleurotus ostreatus* (PAP), secaron las muestras en una estufa de aire forzado a 65°C durante 48 h, posteriormente el tamaño de partícula fue reducido en un molino Willey con una criba de 2 mm de diámetro, para determinar: materia seca, materia orgánica, proteína total, fibra insoluble en detergente neutro y fibra insoluble en detergente ácido. La digestibilidad ruminal de los nutrientes y la cinética de digestión se obtuvo mediante la técnica de la bolsa. Las variables de respuesta fueron la

digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, proteína total, fibra insoluble en detergente neutro y fibra insoluble en detergente ácido, las cuáles se analizaron mediante un modelo para un diseño experimental con bloques completos al azar, usando el procedimiento GLM de SAS, sorteando el tiempo de incubación en cada análisis. El cálculo de los parámetros de cinética de digestión se obtuvo mediante regresión lineal simple por el procedimiento REG de SAS. Obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla N°04: Composición química de paja de avena inoculada con micelio de *Pleurotus ostreatus* (PAP) y de paja de avena sin inocular.

Sustrato	MS	MO	FIDN	PT
PA	898	925	785	47
PAP	900	930	789	51

MS=materia seca, MO=materia orgánica, FIDN=fibra insoluble en detergente neutro, PT=proteína total, (g kg⁻¹ de MS)

Fuente: Flores, 2008.

Tabla N°05: Medias de mínimos cuadrados de la digestibilidad de materia seca(%) en paja de avena con y sin *Pleurotus ostreatus* (PAP y PA).

Hora	DMS	
	PA	PAP
0	22.94	27.38
8	29.90	44.22
16	37.58	46.40
24	45.50	51.68
32	54.78	56.90
40	59.94	60.39
48	63.48	61.59
56	67.90	62.53

Fuente: Flores, 2008.

Tabla N°06: Medias de mínimos cuadrados de la digestibilidad de la fibra insoluble en detergente neutro (%) en paja de avena con y sin *Pleurotus ostreatus* (PAP y PA).

Hora	DFIDN	
	PA	PAP
0	28.59	24.05
8	34.78	32.62
16	39.84	41.32
24	44.68	47.79
32	52.52	52.72
40	58.10	56.66
48	56.57	57.14
56	60.37	57.72

Fuente: Flores, 2008.

Concluyeron que el heno de avena tratado con el hongo de *Pleurotus ostreatus* presentó mayor digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y fibra insoluble en detergente ácido, pero no existió efecto para la digestibilidad de la fibra insoluble en detergente neutro y de la proteína.

Leyva y Col., 2001 en el investigación "Prueba de digestibilidad in vitro con diferentes proporciones de saliva artificial y flora microbiana en alpacas", la técnica para la digestibilidad *in vitro* de la materia seca utilizada fue la descrita por Tilley y Terry, 1963. Concluyeron que de las diferentes relaciones saliva: licor para el desarrollo de la técnica de digestibilidad in vitro de alpacas en forrajes de diferentes calidades, sólo la relación 8:1 afectó la digestibilidad del forraje de más baja calidad, pudiéndose usar 2:1 a 6:1 sin que se afecte la estimación de la digestibilidad de la materia seca usando la técnica de digestibilidad in vitro de dos fases.

Torres y Col., 2009 en el trabajo de investigación "Comparación de la técnica *in situ*, *in vitro* y enzimática (celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos". La técnica de digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) mostro mayores tasa de digestibilidad que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), y la digestibilidad a la celulasa de la materia seca (DCMS) en todos los tipos de forrajes, mientras que la DCMS fue superior a la DIVMS en el Rye grass de 4 semanas (76.5 vs 73.9 %) y en la paja de avena (31.7 vs 29.3%). Explican que los mayores valores en la DISMS se deberían a que esta técnica aseguraría una mezcla constante de las fases solida y liquida de la digesta, dando lugar a que el forraje contenido en las bolsas se encuentre expuesto al ataque continuo de bacterias celulolíticas, resultando en una mayor degradación de las paredes celulares. Otra ventaja seria la estabilidad del pH ruminal, gracias a la secreción de sustancias tampón (saliva) que mantiene el rumen en un pH dentro de 6 y 7. Llegaron a las conclusiones de que existen diferencias entre las técnicas *in situ*, *in vitro* y celulasa para estimar la digestibilidad de la materia seca del forraje en ovinos y estas diferencias dependen de la calidad del forraje.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características de la zona

Las muestras de heno de avena elaborados a partir del cultivo de *Avena sativa* "avena" de la temporada 2009 – 2010, cultivados alrededor de 3 550 a 3 733 m.s.n.m. Las características del suelo son: pH 4.4 a 4.5, limo de 17.5%, arcilla 25.8% y arena 56.7% tipo de suelo franco arcilloso, materia orgánica de 4.75%, nitrógeno de 0.23 % y uso de abonos naturales como el guano de isla y la gallinaza (Proleche, 2010).

Está situada en la parte sur de la provincia de Huamanga a 70Km de esta, presenta una latitud sur 13°13' y latitud oeste de 74°02', en la zona de vida Bosque húmedo montano subtropical (bh-Ms), las razas de ganado vacuno existente son el Brown Swiss, ganado mejorado (criollo) cruzado con razas Brons Swiss, Holstein y Cimental predominantes en la zona para la producción lechera (Curi, 2008).

3.2. Definición de la población

La población la constituye el heno de avena elaborado a partir de los cultivos de *Avena sativa* de las comunidades de Munaypata, Cusibamba, Satica, Alpachaka pertenecientes a la provincia de Cangallo y las comunidades de Unión Paqchaq y Manzanayocc pertenecientes a la provincia de Huamanga.

3.3. Muestreo

Las muestras de heno de *Avena sativa* "avena" fue abastecida al Laboratorio de Bromatología y Nutrición de la Facultad de Ciencias Biológicas por los mismos productores, de estas muestras se tomó los gramos respectivos dependiendo del análisis a realizarse por triplicado.

Se examinaron en total 6 muestras de heno de *Avena sativa* "avena" procedentes de las siguientes comunidades:

Provincia de Cangallo

Muestra 01: Comunidad Munaypata

Muestra 02: Comunidad Cusibamba

Muestra 03: Comunidad Satica

Muestra 04: Comunidad Allpachaka

Provincia de Huamanga

Muestra 05: Comunidad Manzanayocc

Muestra 06: Comunidad Unión Paqchaq

3.4. Lugar de ejecución de la investigación

Laboratorio de Bromatología y Nutrición - Área Académica de Ciencias Básicas de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga situado en la ciudad de Ayacucho a 2 750 m.s.n.m.

3.5. Procedimiento

A la muestra se dividió en dos una para la determinar materia seca y otra para determinar proteína cruda, fibra detergente neutro y la digestibilidad *in vitro* que se deseco a una temperatura de 60°C durante 48 horas se molió, se pasó por un tamiz de malla con diámetro de poro de 1mm y se sacó los gramos respectivos por triplicado, debidamente identificados.

3.5.1. Procedimiento para determinar porcentaje de materia seca: método gravimétrico de la AOAC, 1980

- a) Se pesó 3g. de la muestra heno de *Avena sativa* "avena" picada en una luna de reloj previamente pesado.
- b) Se colocó en la estufa a 105°C por 2 horas se sacó de la estufa, se colocó en el desecador y se pesó.
- c) Se repitió el procedimiento cada 1 hora hasta conseguir un peso constante; luego del cual se calculó el contenido de materia seca mediante las siguientes fórmulas:

$$\%H = \frac{P_{l+mi} - P_{l+mf}}{P_{l+mi} - P_l} \times 100$$

$$\%MS = 100 - \%H$$

Donde:

P_{l+mi} = peso de la luna de reloj más la muestra inicial

P_{l+mf} = peso de la luna de reloj más la muestra final

P_l = peso de la luna de reloj

%MS = porcentaje de materia seca

%H = porcentaje de humedad

3.5.2. Procedimiento para determinar porcentaje de proteína cruda: método de Micro-Kjeldahl de la AOAC, 1980

A. Digestión

- a) Se desengraso la muestra con acetona fría.
- b) Se pesó 100mg. de muestra en, papel copia previamente pesado, se envolvió cuidadosamente e introdujo en el matraz de Kjeldahl.
- c) Se agregó 4mL de solución digestora y se mezcló.
- d) Se llevó los balones a la cámara de digestión, la temperatura debió oscilar entre 360 – 410 °C.

- e) Se digirió un blanco, que tenía papel copia más la solución digestora, con el fin de corrección.
- f) Se dió por terminada la digestión cuando el líquido tomó una coloración azul verdoso. Esto ocurrió más o menos a las 4 horas, luego se apagó la fuente calorífica, se dejó enfriar el matraz de Kjeldahl.

B. Destilación por arrastre de vapor

- a) Se calentó el destilador semiautomático de proteínas se ubicó el matraz que contenía 20mL de solución de ácido bórico al 2% con el indicador Tashiro.
- b) Se llenó el matraz de Kjeldahl por 3 veces con agua destilada y se colocó la muestra digerida al recipiente. Inmediatamente se agregó una solución alcalina de NaOH al 40% hasta que se produjo cambio de color a terroso.
- c) La destilación culminó cuando hubo aproximadamente 100mL en el matraz que contenía solución de ácido bórico donde se recepcionó el destilado.

C. Titulación

- a) Al destilado (100mL) se tituló con H₂SO₄ 0.025 N hasta que la solución viró de un color verde a un color gris azulado.
- b) Se anotó el gasto de H₂SO₄ de la muestra y el blanco, por diferencia se halló el gasto real en la titulación de la muestra.

Cálculos:

$$\%N = \frac{\text{mL H}_2\text{SO}_4 \times N \times 14.007 \times 100}{\text{peso muestra en mg.}}$$

$\% PC = \%N \times 6.25$

Donde:

%N = porcentaje de nitrógeno

N= normalidad del H₂SO₄

mL H₂SO₄ = gasto real de H₂SO₄

14.007 = peso atómico del nitrógeno

%PC= porcentaje de proteína cruda

3.5.3. Procedimiento para determinar porcentaje de fibra detergente neutro: método de Van Soest y Wine, 1967

Se usó las modificaciones hechas en la investigación de Ríos, 1986 por Cook, F. en Ayacucho.

- a) Se pesó 0.5g. de muestra que se depositó en un vaso de precipitado de 500mL y se agregó 100mL de solución detergente neutro.
- b) Se agregó 0.5g. de sulfito de sodio.
- c) Luego se colocó en una fuente calorífica se sometió a hervor uniforme por 60 minutos, se registró el tiempo al inicio del hervor.
- d) Se agregó 3mL alcohol isoamílico como antiespumante.
- e) Se filtró en un papel de filtro previamente pesado, se lavó 4 veces con poca agua hirviendo y luego 2 veces con acetona fría.
- f) Los filtros con el residuo de la materia se llevaron a la estufa y se secaron por 48 horas a 60°C.
- g) Después de las 48 horas se enfrió en un desecador y se pesó.

Cálculo:

$$\% \text{FDN} = \frac{\text{peso del residuo}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

Donde:

% FDN = porcentaje de fibra detergente neutro

3.5.4. Procedimiento de colecta de líquido ruminal

Se colectó líquido ruminal del ganado vacuno beneficiado en el camal de Carmen Alto alimentados con pastos naturales, raza criolla, peso promedio de 295 kg.

- a) De la panza del animal beneficiado se realizó un corte y se introdujo un vaso limpio al interior del rumen, se extrajo líquido ruminal y se llenó un termo que

contenía agua caliente, se colocó la tapa inmediatamente para evitar el ingreso de aire.

- b) En un colador se colocó gasa y se coló el líquido ruminal a razón de 5g. en 15mL de agua destilada caliente (aproximadamente 40°C) en un frasco de 1L, se pasó dióxido de carbono por 30 segundos para conservar las condiciones anaeróbicas, cerrando el frasco en el menor tiempo posible.

3.5.5. Procedimiento para determinar la digestibilidad *in vitro*: método de Tilley y Terry, 1963

Se siguió la metodología de La Torre, 1984 pero se omitieron la centrifugación y la adición de mercurio al final de la primera fase. Se uso en la segunda fase la metodología descrita por Leyva, 2001.

- a) Se colocó 0.5g. la muestra desecada y molidad en un frasco de vidrio con tapa hermética.
- b) Se agregó después 10mL de saliva artificial (ver Anexo N°02).
- c) Luego se añadió 10mL de líquido ruminal al frasco que contenía la muestra, cerrando el frasco en el menor tiempo posible, se incubó en la estufa a 39°C por 48 horas con mezclado alterno, a las 24 horas se removió y ajustó el pH a 6.9 o 7 y se gaseó con CO₂ por 30 segundos cerrando el frasco en el menor tiempo posible.
- d) En cada corrida se colocó un frasco control sin muestra con el fin de corrección.
- e) Después de las 48 horas de incubación con el líquido ruminal, se agregó 6mL de HCl al 20 % a cada frasco con el objeto de descender el pH.
- f) Después se agregó 2mL de pepsina al 5% a cada frasco y se incubó los frascos por 24 horas más, a la temperatura de 39°C con mezclado alterno.
- g) Se retiró los frascos de la estufa y se filtró en un papel de filtro previamente pesado, lavando con 100mL de agua destilada caliente.

h) Los papeles de filtro con sus respectivas muestras se colocaron a la estufa a 60°C por 48 horas, se pesó y se calculó la digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

Cálculo:

$$DVTMS = \frac{\text{muestra(g)} - (\text{residuo(g)} - \text{control (g)})}{\text{muestra(g)}} \times 100$$

Donde:

DVTMS = Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

3.5.6. Procedimiento para determinar la digestibilidad *in vitro* de la proteína cruda

- a) Después del procedimiento de la sección 3.5.5. en el punto h) se tomó el residuo de la digestibilidad *in vitro* seco y se pesó 100mg el cual paso por el procedimiento de Micro-Kjeldahl.
- b) Se tomo un equivalente a 100mg. del líquido del frasco control (sin filtrar) previamente homogenizado el cual paso por el procedimiento de Micro-Kjeldahl.

Cálculo:

$$DVTPC = \frac{PC_m - (PC_r - PC_c)}{PC_m} \times 100$$

Donde:

DVTPC = Digestibilidad *in vitro* de la proteína cruda

PC_m = Proteína cruda de la muestra

PC_r = Proteína cruda del residuo

PC_c = Proteína cruda del control

3.5.7. Procedimiento para determinar la digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro

- a) En el procedimiento de la sección 3.5.5. después del punto f) en lugar de filtrar se vertió el contenido del frasco en un matraz de Erlenmeyer, se enjuagó el frasco con 50mL de solución detergente neutro, se enjuagó de nuevo con 50mL de solución detergente neutro para completar 100mL en el matraz de Erlenmeyer.
- b) Se agregó 0.5g de sulfito de sodio al matraz de Erlenmeyer.
- c) Luego se colocó en una fuente calorífica y se sometió a ebullición por 60 minutos, con hervor uniforme se registró el tiempo al inicio del hervor.
- d) Se agregó 3mL alcohol isoamílico como antiespumante.
- e) Se filtró en un papel de filtro previamente pesado, se lavó 4 veces con poca agua hirviendo.
- f) Se lavó 2 veces con acetona fría.
- g) Los filtros con el residuo se llevaron a la estufa, se secaron por 48 horas a 60°C.
- h) Después de las 48 horas se enfrió en un desecador y se pesó.
- i) Se realizó el mismo procedimiento al frasco control sin muestra.

Cálculo:

$$DVTFDN = \frac{FDNm - (FDNr - FDNc)}{FDNm} \times 100$$

Donde:

DVTFDN = Digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro

FDNm = Fibra detergente neutro de la muestra

FDNr = Fibra detergente neutro del residuo

FDNc = Fibra detergente neutro del control

3.6. Análisis estadístico

Se evaluó los resultados obtenidos de la digestibilidad *in vitro* de materia seca, de proteína cruda y de fibra detergente neutro del heno de *Avena sativa* "avena" proveniente de cada comunidad mediante el paquete estadístico SPSS17, se realizaron la prueba de normalidad varianzas utilizando el test de Shapiro-Wilks y la prueba de homocedasticidad con la prueba de Levene, antes de realizar el análisis de varianza y Tukey al 95%. Se considera que existen diferencias significativas cuando sig. < 0.05.

IV. RESULTADOS

Tabla N°07: Porcentaje de humedad, materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro y cenizas del heno de *Avena sativa* “avena” de comunidades de Huamanga y Cangallo. Ayacucho, 2010.

Provincia	Comunidad	MS (%)	H (%)	PC (%)	FDN (%)	C (%)
Cangallo	Munaypata	93.15	6.85	9.47	66.40	5.00
	Cusibamba	89.42	10.58	10.08	66.45	3.99
	Satica	91.72	8.28	6.86	63.91	1.67
	Allpachaka	92.01	7.99	6.98	64.67	2.65
Huamanga	Manzanayocc	90.74	9.26	8.24	64.93	3.33
	Unión Paqchaq	92.97	7.03	6.99	63.34	2.65

Donde:

MS = materia seca

H = humedad

PC = proteína cruda

FDN = fibra detergente neutro

C = cenizas

Tabla N°08: Valores promedios de la digestibilidad *in vitro* de materia seca, de proteína cruda y de fibra detergente neutro del heno de *Avena sativa* “avena” de comunidades de Huamanga y Cangallo. Ayacucho, 2010.

Provincia	Comunidad	DVTMS (%)	DVTPC (%)	DVTFDN (%)
Cangallo	Munaypata	50.46	49.94	30.16
	Cusibamba	50.49	62.81	32.12
	Satica	48.46	35.26	25.75
	Allpachaka	49.08	47.21	28.63
Huamanga	Manzanayocc	49.80	49.53	29.67
	Unión Paqchaq	48.71	36.42	24.98

Donde:

DVTMS = Digestibilidad *in vitro* de materia seca

DVTPC = Digestibilidad *in vitro* de proteína cruda

DVTFDN = Digestibilidad *in vitro* de fibra detergente neutro

Tabla N°09: Análisis de varianza de la digestibilidad *in vitro* de materia seca del heno de Avena sativa “avena” según comunidades de Huamanga y Cangallo. Ayacucho, 2010.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Entre comunidades	11.602	5	2.3203	0.1098	3.10588
Dentro de las comunidades	253.48	12	21.124		
Total	265.09	17			

Tabla N°10: Análisis de varianza de la digestibilidad *in vitro* de proteína cruda del heno de *Avena sativa* “avena” según comunidades de Huamanga y Cangallo. Ayacucho, 2010.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Entre comunidades	1543.99	5	308.798	3.375	3.1059
Dentro de las comunidades	1098.097	12	91.50806		
Total	2642.087	17			

Tabla N°11: Análisis de varianza de la digestibilidad *in vitro* de fibra detergente neutro del heno de Avena sativa “avena” según comunidades de Huamanga y Cangallo. Ayacucho, 2010.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Entre comunidades	111.71176	5	22.34235	1.80623	3.10588
Dentro de las comunidades	148.435	12	12.36958		
Total	260.14676	17			

V. DISCUSIÓN

Los valores de materia seca (MS) en las muestras de heno de *Avena sativa* "avena" en la Tabla N°07 son desde 89.42%, para el corte en estado fenológico pleno panoja 80% (ver Anexo N°12) de la comunidad de Cusibamba hasta 93.15% para el corte en estado fenológico grano lechoso 10% de la comunidad de Munaypata. Gonzales y Claro, 2003 encontraron valores de 89.8% de MS para el estado fenológico de final de espigadura, 91% de MS para el estado fenológico de grano lechoso y 90.80% de MS para el estado fenológico de grano harinoso suave. Juan y Col., 1995 encontraron valores de 87.7% de MS en estado grano pastoso.

Los valores de proteína cruda (PC) en las muestras de heno de *Avena sativa* "avena" en la Tabla N°07 son desde 6.86% para el corte en estado fenológico grano lechoso 60% de la comunidad de Satica hasta 10.08% para el corte en estado fenológico pleno panoja 80% de la comunidad de Cusibamba. Gonzales y Claro, 2003 encontraron valores de PC de 5.90% para el estado fenológico de final de espigadura, 4.18% para el estado fenológico de grano lechoso y 3.85% para el estado fenológico de grano harinoso suave. Juan y Col., 1995 encontró el valor de PC de 7.2% para el estado grano pastoso. Ramírez, 2007 encontró valores de PC de 9.5% para el estado fenológico lechoso masoso y 9.2% para el estado fenológico de madurez fisiológica. Combellas y Col., 1971 encontraron un rango de PC para gramíneas de 3,4 a 13, 8%. Estos resultados demuestran que la avena tiene un nivel de proteína no

tan elevado al momento de cosecha, además la concentración de proteína cruda disminuye según avanza en madurez la planta lo cual se observa en la Tabla N°03 de antecedentes que coincide con la Tabla N°18 del Anexo N°12.

La fibra detergente neutro (FDN) en las muestras de heno de *Avena sativa* "avena" en la Tabla N°07 presentó como menor valor 63.34% para la comunidad de Unión Paqchaq y el mayor valor de 66.45% para la comunidad de Cusibamba; estos porcentajes de FDN mayores a 50% puede deberse como afirma Gonzales, 2010 por el gran error al momento de realizar las parvas o gavillas, almacenar inadecuadamente el heno, las precipitaciones pluviales y la demasiada insolación variando negativamente en la calidad del heno, esto hizo que se conserven como paja (más lignina). Además Estrada, 1991 afirma que uno de los factores más importantes en la henificación es la época en la cual se corta el pasto, cuando se corta el pasto demasiado maduro para obtener un rendimiento más alto y un secado más rápido, se obtiene forraje con mayor contenido de fibra y menor contenido de proteína por consiguiente de menor calidad; las muestras de heno de *Avena sativa* "avena" evaluadas se cortaron en estado fenológico grano lechoso principalmente (ver Anexo N°12) el cual es un estado maduro. El mayor valor de FDN es para la muestra de heno de *Avena sativa* "avena" cortado en estado fenológico pleno panoja 80% y el menor valor de FDN es para la muestra de heno de *Avena sativa* "avena" cortado en estado fenológico grano lechoso 60% estos resultados es contrario a que según avanza en madurez la cantidad de fibra aumenta en la planta como se observa en la Tabla N°03 de Fernández, 2008; sin embargo la FAO, 2004 explica que en la *Avena sativa* "avena" el desarrollo del grano y el aumento de su porcentaje en la masa total de la planta compensa el aumento de fibra en los tallos, provocando una disminución del contenido de fibra en toda la planta, también se observa una disminución de FDN en la investigación sobre heno de avena de Ramírez, 2007

quien encontró valores de 54.9% de FDN para el estado fenológico de lechoso masoso y 50.2% de FDN para el estado fenológico de madurez fisiológica. Juan y Col., 1995 encontraron el valor de 61.5% de FDN en estado grano pastoso.

Se recomienda realizar la determinación de FDN en el menor tiempo posible, cuidando de tener una temperatura ambiental mayor a 20°C porque la solución detergente neutro se solidifica a temperaturas inferiores, así se evita realizar más repeticiones. Se puede concluir la discusión sobre los valores observados en la Tabla N°07 señalando que lo primero que se necesita para obtener un buen heno, es un forraje nutritivo en ningún caso puede el heno ser mayor que el forraje del que procede (Miller, 1989).

Los resultados para la digestibilidad *in vitro* de materia seca (DVTMS) en la Tabla N°08 presentó como menor valor 48.46% para la comunidad de Satica y el mayor valor de 50.49% para la comunidad de Cusibamba. Estos bajos porcentajes de DVTMS se pueden explicar principalmente por el estado fenológico de la *Avena sativa* "avena" al momento de corte, también como afirma Colombatto, 2000 por los problemas en la variabilidad de la calidad del fluido ruminal, lo que está relacionado con el tipo de procesado al que se somete, tipo y dieta del animal donante, momento de recolección, condiciones de anaerobiosis, pH y temperatura, una opción para compensar estos problemas sería la inclusión de alimentos estándar en cada corrida como recomiendan Tilley y Terry, 1963; entonces para el mayor valor de DVTMS corresponde el menor estado fenológico pleno panoja 80% (ver Anexo N° 12). Ramírez, 2007 para distintas variedades de heno de avena calculo 65% de digestibilidad de la materia seca en estado fenológico lechoso- masoso y 67.3% para el estado fenológico de madurez fisiológica; Juan y Col., 1995 obtuvieron 58.2% en estado fenológico de grano pastoso determinado *in vivo* en novillos; Flores y Col., 2008 en paja de avena encontraron un valor de 63.48% para digestibilidad

de la materia seca mediante la técnica de la bolsa; Ljubo y Harald, 1986 en estado de madurez de espigadura encontraron el valor de digestibilidad *in vitro* de 69.0% y en grano lechoso de 71.3%; Leyva y Col., 2001 encontraron un valor promedio de digestibilidad *in vitro* para paja de avena de 50.3% utilizando líquido ruminal de alpaca; Jacome y Areque, 2005 encontraron como valor promedio 53.4% para la digestibilidad de la materia seca al aplicar el método de Tilley y Terry, 1963. Los valores obtenidos en la presente investigación para DVTMS son inferiores a los valores obtenidos por otros investigadores, pero se asemeja al valor encontrado para paja de avena por Leyva y Col., 2001. Torres y Col., 2009 señala que el inconveniente de la técnica de digestibilidad *in vitro* de la materia seca reside en la variabilidad de sus resultados, debido a que la microflora ruminal está influenciada por el tipo y cantidad de dieta proporcionada al animal. MacDonald y Col., 1999 afirma que el tipo de alimento consumido con mayor frecuencia por el animal hace que prevalezcan las bacterias más adaptadas para degradar este alimento; en nuestro caso los animales donantes del líquido ruminal se alimentaban de pastos naturales con mayor frecuencia. La Tabla N°09 de análisis de varianza muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas para DVTMS entre las comunidades donde se elaboró el heno de *Avena sativa* "avena".

En la Tabla N°08, el mayor valor obtenido para la digestibilidad *in vitro* de proteína cruda (DVTPC) es 62.81% que corresponde a la comunidad de Cusibamba de menor estado fenológico entre las muestras evaluadas (pleno panoja 80% al momento de corte ver Anexo N°12) este resultado puede ser explicado porque de acuerdo a Klitsch, 1964 el contenido en proteína es más activa si el forraje es tierno, el forraje viejo tiene proteína poco asimilable. Los demás bajos valores de DVTPC desde 35.26% hasta 62.81% se pueden explicar de acuerdo a Proleche, 2010 porque la práctica de henificación se realizó en un

corte en estado avanzado, secado en el suelo y atención deficiente al secado, heno expuesto a la lluvia con formación de hongos, el corte en estado lechoso del grano (corte muy tarde), se dejó la avena cortada por largo tiempo sin voltear; pues como afirma Miller, 1989 la desecación es el aspecto más crítico de la henificación, ya que el exceso de humedad conduce al enmohecimiento o al calentamiento que determina una coloración parda o negra y reduce notablemente la digestibilidad, cita como ejemplo el efecto del calentamiento excesivo sobre la digestibilidad de la proteína bruta de diversos forrajes para ensilaje y heno donde el valor obtenido fue de 51%, el esperado era de 71%. Chamberlain y Wilkinson, 2002 afirman que la disminución de la digestibilidad de la proteína es debida a que la proteína no digestible se comporta químicamente casi como la lignina. Los resultados de la presente investigación se asemejan al encontrado por Combellas y Col., 1971 quienes encontraron para gramíneas el valor de digestibilidad aparente para proteína cruda de 26,9 a 80, 2%; Jacome y Areque, 2005 encontraron una digestibilidad de proteína como máximo de 20.3% usando la metodología de Tilley y Terry, 1963 esta diferencia al resultado obtenido en la presente investigación se debe a las modificaciones realizadas en la metodología para determinar DVTPC y como en una primera determinación de 100mg. del residuo del frasco control de la digestibilidad *in vitro* se obtuvo un valor de proteína cruda mayor al valor de proteína cruda de la muestra lo cual indicaba la cantidad de proteína cruda de las bacterias ruminales principalmente, se optó por pesar un equivalente a 100mg del líquido del frasco control homogenizado obteniéndose como porcentaje de proteína cruda control 1.43% este valor se usó para calcular la DVTPC. Hristor y Broderick, 1994 indican que la desventaja de la determinación de la digestibilidad de la proteína por el método de dos fases es la acumulación de NH₃ y aminoácidos en la incubación *in vitro* que pueden ser indicadores engañosos de la degradación de proteína,

porque la proteína desglosable y la síntesis de proteína microbiana ocurren simultáneamente. Broderick y Cochran, 2000 afirman que la cuantificación de la tasa y el grado de degradación de la proteína usando incubaciones *in vitro* con una mezcla de microorganismos ruminales es complicado por la absorción microbiana de los productos de la degradación de proteínas, así como la degradación de las proteínas microbianas y de alimentación residual presente en el inóculo, el catabolismo de la proteína microbiana inóculo pueden ser tratados al menos teóricamente utilizando un blanco que contiene todos los componentes de la incubación excepto la proteína de prueba, sin embargo la incorporación microbiana de los productos de degradación de la proteína de prueba no puede ser "borradas". Villalobos y Col., 2000 afirman que las técnicas *in vivo* normalmente se han considerado un estándar con los que se comparan las otras técnicas, sin embargo este método requiere que se mantengan animales preparados quirúrgicamente, cuando se compara la degradabilidad de la proteína *in vivo* con las diferentes técnicas, la técnica *in situ* es la que ha proporcionado la mejor relación para determinar más correctamente la proteína degradable de la no degradable. La Tabla N°13 de comparación de promedios mediante Tukey del Anexo N°07 indica diferencias estadísticamente significativas entre las comunidades de Cusibamba, Satica y Unión Paqchaq.

En la Tabla N°08 el heno procedente de la comunidad de Cusibamba presentó el mayor valor de la digestibilidad *in vitro* de fibra detergente neutro (DVTFDN) con 32.12% y el heno procedente de la comunidad de Unión Paqchaq presentó el menor valor con 24.98%. Estos bajos valores obtenidos para DVTFDN (menores de 50%) se pueden explicar por la composición de microorganismos del líquido ruminal no adaptado a este tipo de alimento según Miller, 1989 sin los microorganismos del rumen el ganado no podría utilizar la fibra como una importante fuente de energía y que el tipo de fibra influye

notablemente sobre la cantidad digerida, además MacDonald y Col, 1999 afirman que las deficiencias de azufre o nitrógeno amoniacal en el líquido ruminal limitan el crecimiento microbiano, y como consecuencia, se reduce la digestibilidad de la fibra; también estos resultados se pueden explicar porque conforme el forraje madura la digestibilidad de la fibra detergente neutro puede declinar (Hoffman y Col., 2007) como se observa en el Anexo N°12 el mayor valor de DVTFDN es del heno procedente de la comunidad de Cusibamba del menor estado fenológico de pleno panoja 80% al momento de corte en comparación a las demás muestras de heno evaluadas, en este estado hay espigas formadas con abundante fibra asimilable, porque como explica Miller, 1989 en las plantas jóvenes incluso los tallos tienen paredes celulares delgadas que normalmente son muy digestibles, a medida que las plantas maduran, las paredes celulares del tallo se hacen más gruesas y más resistentes a la degradación microbiana este proceso supone al mismo tiempo un aumento de la cantidad de lignina y/o sílice que hace que otros nutrientes no puedan ser digeridos. Un ejemplo de lo anteriormente explicado es que la digestibilidad de la celulosa puede ir desde 90% en gramíneas tiernas hasta cerca de 0% en pastos demasiado viejos (Ayudelo, 2001). Sin embargo el análisis de varianza de la Tabla N°11 no muestra diferencias estadísticamente significativas entre las comunidades donde se elaboró el heno de *Avena sativa* "avena" aun al encontrarse una muestra en estado fenológico pleno panoja, esto quiere decir que la forma de elaboración y almacenamiento del heno puede haber influenciado en el bajo porcentaje de digestibilidad de la FDN. Combellas y Col., 1971 encontraron un rango de digestibilidad aparente de los constituyentes de la pared celular de 33,1 a 65,5% para gramíneas. Los resultados encontrados en la presente investigación se asemeja más al encontrado por Avellaneda y Col., 2007 donde la DVTFDN a las 48 horas de incubación con la primera fase de

Tilley y Terry, 1963 fue de 37.1 a 51.03% para un contenido de fibra detergente neutro de 71.3 a 74.28% en base seca y 91.59 a 92.77% de materia seca.

Finalmente como afirma Shimuda, 1983 citado por Bochi-Brum y Col., 1999 en forma general la digestibilidad de los forrajes es más variada siendo el estado de madurez el principal causante de dicha variabilidad, en general a medida que aumenta la madurez de la planta disminuye su contenido en proteína, azúcares y se eleva el contenido de fibra. Se conoce que la fibra es un factor limitante para la digestibilidad de los nutrientes del alimento, esto explicaría los bajos valores de DVTMS, DVTPC y DVTFDN porque las muestras de heno de *Avena sativa* "avena" presentan porcentajes de FDN mayores a 50%; asimismo Mac Donald y Col., 1999 también afirman que la fase de madurez de los forrajes influye sobre la digestibilidad, a medida que las plantas maduran aumenta el contenido en pared celular, disminuye el contenido celular soluble y la planta se hace menos digestible pues la digestibilidad de los alimentos está estrechamente relacionada con la composición química, los forrajes frescos y conservados son mucho menos constantes en su composición y su digestibilidad es más variable.

En cuanto al método de digestibilidad *in vitro* Tilley y Terry estudiaron algunos factores que pueden afectar la constancia del método sus resultados indican que el grado de molienda de la muestra y la temperatura del secado hasta 105°C tenían poco efecto. El control rígido del pH y la exclusión del aire, fueron importantes (Paladines y Raymond, 1967). Aunque el método de Tilley y Terry, 1963 ha sido ampliamente validado con los valores *in vivo* (Van Soest, 1994 citado por Makkar, 2003) el método parece tener varias desventajas y por tanto un gran número de repeticiones se necesitan (Makkar, 2003).

VI. CONCLUSIONES

1. La digestibilidad *in vitro* de materia seca presentó valores desde 48.46% hasta 50.49%. La digestibilidad *in vitro* de proteína cruda presentó valores desde 35.26% hasta 62.81%, encontrándose diferencias estadísticamente significativas para el heno elaborado en las comunidades de Cusibamba, Satica y Unión Paqchaq. La digestibilidad *in vitro* de fibra detergente neutro presentó valores desde 24.98% hasta 32.12%. Estos resultados se pueden explicar principalmente por el estado fenológico de la *Avena sativa* "avena" al momento de corte, la forma de elaboración y almacenamiento del heno de *Avena sativa* "avena", la composición microbiana del líquido ruminal y la alimentación del animal donante del líquido ruminal.
2. Las muestras de heno de *Avena sativa* "avena" presentó valores de humedad desde 6.85% hasta 10.58% y materia seca desde 89.42% hasta 93.15%, presentó valores de proteína cruda desde 6.86 hasta 10.08% y valores de fibra detergente neutro desde 63.34% hasta 66.45%. Después del procedimiento de digestibilidad *in vitro*, del residuo menos el control, la proteína cruda presentó valores desde 3.75% hasta 4.81% y valores de fibra detergente neutro desde 47.78% hasta 49.30%.

VI. RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a las investigaciones revisadas en la metodología descrita para determinar la digestibilidad *in vitro* se puede mejorar en el método de molido, en la temperatura, en el equipo y en el tiempo de incubación.
2. Realizar más investigaciones sobre digestibilidad *in vitro* de los componentes químicos de otros alimentos para animales domésticos y si fuese posible de alimentos destinados para la alimentación humana.
3. Investigar otras aplicaciones de los microorganismos componentes del líquido ruminal.

URL:http://agronica.udea.edu.co/talleres/Udenar/Feeding%20Systems%20and%20Feed%20Evaluation%20Models/346Xch4_OK.pdf

11. **Combellas, J.; Gonzales, E. y Parras, R.** 1971. Composición y valor nutritivo de forrajes producidos en el trópico digestibilidad aparente y verdadera de fracciones químicas. Facultad de Agronomía UCV, Maracay, Venezuela. *Agronomía tropical*.
12. **Colombatto, D.** 2000 *Análisis de alimentos aplicaciones prácticas*. FV. Universidad de Buenos Aires. Argentina.
URL:http://www.agro.uba.ar/agro/catedras/p_lechera/resumencolombatto.pdf
13. **Chamberlain, A.T. y Wilkinson, J.M.** 2002. *Alimentación de la vaca lechera*. Editorial Acribia S.A. España.
URL:<http://www.fao.org/docrep/008/y5765e/y5765e00.htm>
14. **Curi, L.E.** 2008. Prevalencia de Tuberculosis bobina en la micro cuenca Cachi- Ayacucho 2006. Tesis para obtener el título de Médico Veterinario. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Perú.
15. **Douglas, A.S. y Donald, N.W.** 1981. *Fundamentos de Química Analítica*. Editorial Reverte S.A: España.
16. **Díaz, H.L. y Rodríguez, A.A.** 2008. Consumo voluntario y digestibilidad de nutrientes de heno de gramíneas y leguminosas tropicales suplementadas con ensilaje de residuos de pescadería. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*; Vol. 92 (1-2) 2008. Puerto Rico.
URL:<http://136.145.83.33:8000/jspui/bitstream/10476/566/1/Vol.%2092%201-2%20p.%2027-38.pdf>
17. **Estrada, J.** 1991. *Pastos y Forrajes*. Primera edición. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. Universidad de Caldas Colombia. Colombia.
18. **FAO.** 2004. *Fodder Oats: a world overview*. Agriculture and Consumer Protection. Series No. 33. Roma.
URL:<http://www.fao.org/docrep/008/y5765e/y5765e00.htm>
19. **FAO.** 1988. *Piensos tropicales*. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y alimentación. Roma.
20. **Flores, J.** 1975. *Bromatología animal*. Ediciones Limusa. México.
21. **Flores, J., Rojo, R., López, D., Vázquez, J.F., Rebollar, S. y Colín, D.** 2008. Composición química, digestibilidad y cinética de digestión de paja de avena tratada con *Pleurotus ostreatus*. *Acervo*, III CONGRESO CLANA. México.

- URL:<http://amena.mx/wp-content/uploads/2010/11/14Flores.pdf>
22. **Fernández, A., Lagrange, S., Bolletta, A., Tulesi, M. y Larrea, D.** 2008. Evaluación de la calidad nutricional de los diferentes estados de madurez del cultivo de avena para la obtención de henos o silaje de planta entera. Estación experimental agropecuaria, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.
URL:http://www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autores/anibal/calidad_nutricional_avena.pdf
 23. **Gonzales, W.** 2010. Evaluación de la calidad del heno de avena en la cuenca alta del Cachi -Ayacucho. Investigación docente. UNSCH. Perú.
 24. **Gonzales, M. y Claro, D.** 2003. La avena como fuente de forraje conservado. Ganadería y praderas. Tierra adentro Nº 49. Chile.
 25. **Hristor, A. y Broderick G.A.** 1994. Determinación in vitro de la proteína de degradabilidad ruminal uso amoniaco para corregir nitrógeno microbiano. Centro de investigación de forrajes. USDA. EEUU.
URL:<http://jas.fass.org/content/72/5/1344.short>
 26. **Hoffman, P.C., Lundberg, K.M., Bauman L.M., Shaver, R. D. y Contreras, F.E.** 2007. El Efecto de la Madurez en la Digestibilidad del FDN (Fibra Detergente Noutro). Focus on Forage - Vol 5: No. 15
URL:<http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/30vs48esp-FOF.pdf>
 27. **Jácome, C. y Areque, M.** 2005. Determinación de la proteína digestible, materia orgánica digestible, de los componentes de las paredes celulares y contenido celular de los pastos en el Cadet. Tumbaco- Pichincha. Universidad Central del Ecuador.
URL:www.uce.edu.ec/upload/20090210123504.pdf
 28. **Juan, N., Jouli, R. y Pordomingo, A.** 1995. Suplementación con heno o grano para aumentar la ganancia de peso sobre alfalfas de otoño. Instituto Nacional de tecnología agropecuaria. Argentina.
URL:www.inta.gov.ar/anguil/info/pdfs/boletines/bol71/cap24.pdf
 29. **Klitsh.** 1964. Producción de forrajes. Segunda edición. Editorial Acribia S.A. España.
 30. **Latorre, Z.** 1984. Instalación de la técnica de digestibilidad de materia seca in vitro para el análisis de forrajes. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Perú.

31. **Ljubo, M. y Harald, E.** 1986. Evaluación de heno de avena, cebada y centeno cosechado en dos estados de madurez, bajo las condiciones de Aysen. Estación experimental Remhue. INIA – CORFO. Chile.
URL:<http://www.inia.cl/medios/biblioteca/agritec/NR04198.pdf>
32. **Lloyd, I.E.; McDonald, B.E.; Crampton, E.W.** 1982. Fundamentos de nutrición animal. Editorial Acribia S.A. España.
33. **León, E.** 2010. Guía de prácticas de Bromatología y Nutrición. Departamento Académico de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Perú.
34. **López, L.** 1991. Cultivos herbáceos: cereales. Ed. Mundi-Prensa. España.
35. **Leyva, L.; Arbaiza, T.; San Martín, F. y Carcelén, F.** 2001. Prueba De Digestibilidad *in vitro* con diferentes proporciones de saliva artificial y flora microbiana en alpacas. Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal, FMV-UNMSM. Perú.
URL:http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/veterinaria/v12_n1/prue_diges.htm
36. **Mac Donald, Edwards, Grunhalgh, Morgan** 1999. Nutrición Animal. Quinta edición. Editorial Acribia S.A. España.
37. **Mac Donald, D. Edwards, R. Grunhalgh, J.** 1975. Nutrición Animal. Segunda edición. Editorial Acribia S.A. España.
38. **Miller, W.J.** 1989. Nutrición y alimentación del Ganado vacuno lechero. . Editorial Acribia S.A. España.
39. **Madigan, M.T.; Martinko, J.M. y Parker, J.** 2004. Brock Biología de los microorganismos. Pearson Prentice Hall. Decima edición. EEUU.
40. **Makkar, H.** 2003. Los recientes avances en el método de gas *in vitro* para la evaluación de la calidad de los piensos. Animal Production and Health Section, Joint FAO/IAEA Division, International Atomic Energy Agency, P.O. Box 100, Wagramerstr5, A-1400 Vienna, Austria.
URL:http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/570_EN_toc.HTM
41. **Mostacero, J. y Mejía, F.** 1993. Taxonomía de Fanerógamas Peruanas. CONCYTEC. Perú.
42. **Pro leche Ayacucho, 2010.** Guía práctica: manejo de pasto anual, henificación y conservación del heno. Proyecto Lechero Cachi Alto, PLCA. Ayacucho, Perú.
43. **Palomino, S.** 2008. Producción de semillas de ocho variedades de avena forrajera (*Avena sativa L.*) Canaán 2753 m.s.n.m. Facultad de Ciencias

- Agrarias. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Perú.
43. **Pond, W.G., Church, D.C. y Pond, K.R.** 2007. Nutrición y alimentación animal. Segunda edición. Editorial Limusa S.A. México.
 44. **Pulido, R., Romery, C. y Escobar, A.** 2003. Digestibilidad de avena entera y laminada al vapor en yeguas. *Agrosur*, Vol 31 N°2. Chile.
URL:http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-88022003000200008&script=sci_abstract
 45. **Paladines, O. y Raymond, W.F.** 1967. Memorias del Simposio realizado en la Estanzuela. Aplicaciones de las técnicas de digestibilidad in vitro. Métodos in vitro para determinar el valor nutritivo de los forrajes. Uruguay.
 46. **Ríos, F.** 1986. Valor nutritivo de la alfalfa verde, ensilado de "ichu" y aserrín, usando ovinos mejorados. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Perú.
 47. **Ramírez, S.** 2007. Efecto del sistema de siembra y estado de madurez sobre producción y calidad nutricional de siete variedades de avena (*Avena sativa*). Master thesis, Universidad Autónoma de Chihuahua. México.
URL:eprints.uach.mx/96/1/ZOO-TP-00029.pdf
 48. **Ruiz, C. y Tapia, M.** 1987. Producción y manejo de forrajes en los andes del Perú. Proyecto investigación de los sistemas agropecuarios andinos (PISA). (INIPA-CIID-ACDI) UNSCH. Servicios Editoriales: Adolfo Astete. Ayacucho, Perú.
 49. **Ruiz, C.** 1968. Influencia del número y frecuencia de corte sobre rendimiento y valor nutritivo de la *Avena sativa* variedad Mantaro 15 abonado y sin abonar. Producción intelectual. UNSCH. Ayacucho, Perú.
 50. **Rojas, S.W.** 1979. Nutrición animal aplicada: aves, porcinos y vacunos. Departamento de nutrición y programa académico de graduados. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
 51. **Robles, E.** 1976. Rendimiento de la *Avena sativa L.* variedad Mantaro 15 a tres niveles NPK. Programa académico de Agronomía. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Perú.
 52. **Solid Perú,** 2007. Conociendo la cadena productiva de lácteos en Ayacucho. Perú.

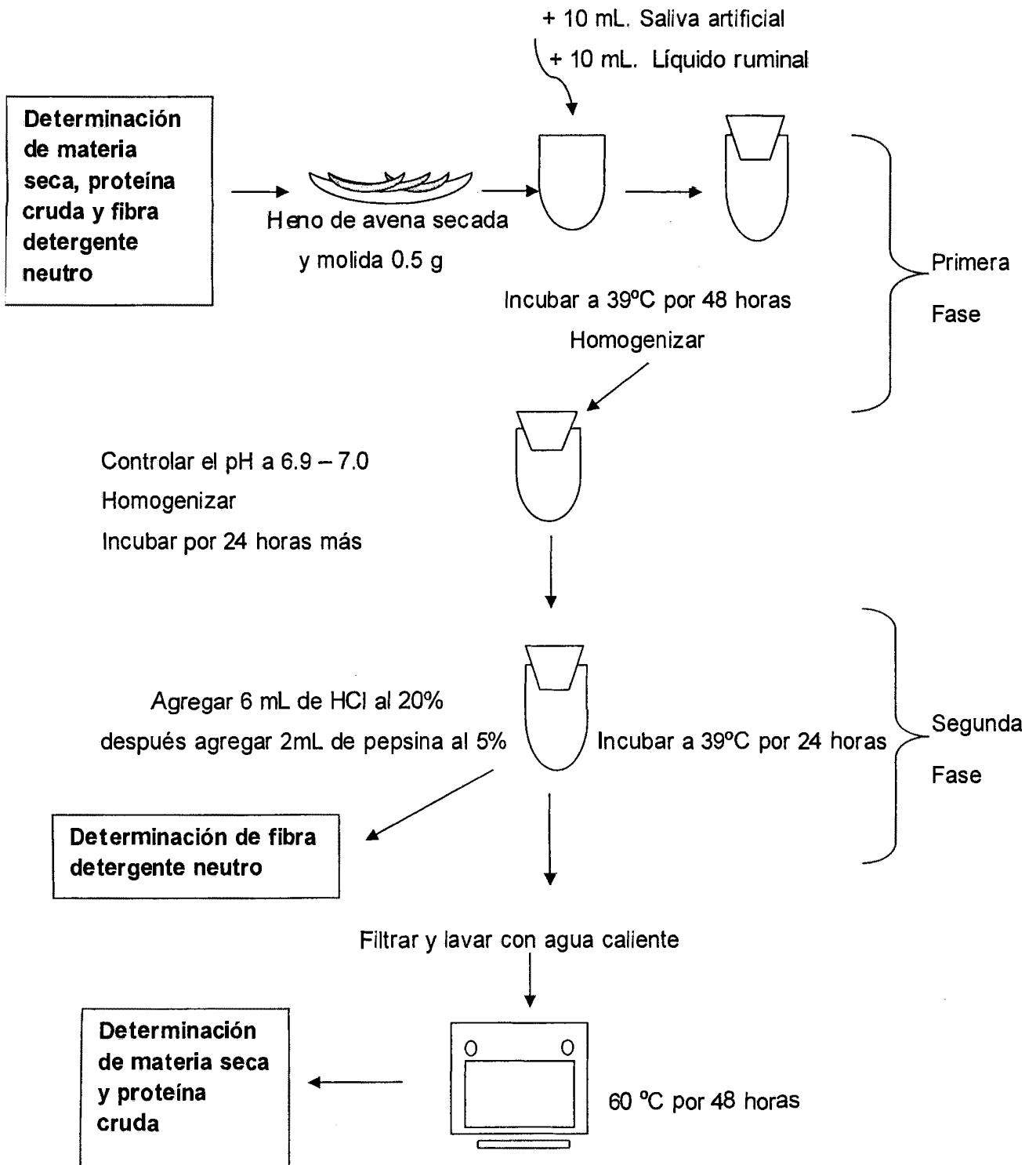
URL:<http://www.solidperu.com/upl/1/es/doc/Conociendo%20la%20Cadena%20Productiva%20de%20lacteos%20en%20Ayacucho.pdf>

53. **Tinoco, R.** 1981. Evaluación de la producción lechera y conducta reproductiva de vacas mejoradas, criollas y sus cruces (PSXCR) bajo condiciones de explotación semi-intensiva en zonas alto-andina. Programa académico de agronomía. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Perú.
54. **Torres, G., Arbaiza, T., Carcelen, F. y Orlando L.** 2009. Comparación de la técnica *in situ*, *in vitro* y enzimática (celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú.
URL:http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172009000100002&script=sci_arttext
55. **Tilley J. M. A. y Terry R. A.** 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Brit. Grassland Soc. **18**:104-111. Inglaterra.
URL:<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x/pdf>
56. **Villalobos, C., Gonzales, E. y Ortega, J.A.** 2000. Técnicas para estimar la degradación de proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo. Técnica Pecuaria en México vol. 38 numero 002. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.
URL:<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/613/61338207.pdf>
57. **Van Soest, P.J. y Wine, R.II.** 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV J. Assoc. Offic. Agric.Chem.
58. **Wilkins, R.J.** 1970. Conservación de Forrajes. Editorial Acribia S.A. España.

ANEXOS

Anexo N°01

Esquema de trabajo para la determinación de la digestibilidad *in vitro* de materia seca, de proteína cruda y de fibra detergente neutro del heno de *Avena sativa* "avena", laboratorio de Bromatología y Nutrición, UNSCH.



Anexo N°02

Solución detergente neutro

Verter 6.81g. de borato de sodio y 18.61g. de EDTA en un vaso disolver con una parte de agua destilada mientras se calienta. Agregar 30g. de lauril sulfato y éter monoetilico. Disolver por separado 4.56g. fosfato disódico en agua destilada, calentando. Mezclar las dos soluciones con el agua destilada restante haciendo un total de 1L. Controlar el pH 6.9-7.1 ajustar con NaOH o HCl. Almacenar arriba de 20 °C.

Solución digestora

Disolver 25g. de Sulfato de potasio en 1L de ácido sulfúrico concentrado. Disolver 5g de selenito de sodio pentahidratado en 50 mL de sulfato de cobre pentahidratado, agregar mientras agita a 1L de ácido sulfúrico y finalmente añada 10g. de óxido de mercurio. Mas tiosulfato sódico y ácido salicíco.

Solución de ácido bórico al 2%

Disolver agitando 40g. de ácido bórico en 2L de agua destilada, agregar 7mL de indicador Tashiro por cada litro de solución.

Solución de hidróxido de sodio al 40%

Disolver 40g. de NaOH en 100mL de agua destilada con el beaker en agua fría.

Indicador Tashiro

Disolver 0.12g. Rojo de metilo y azul de metileno 0.08g. en 100mL de etanol al 95%. Agregar 20mL de agua destilada y conservar la solución en frasco ámbar.

Solución de ácido sulfúrico 0.025N

Agregar 0.697 mL de ácido sulfúrico concentrado en 1L de agua destilada, valorar con carbonato de sodio de la misma concentración.

Saliva artificial

Disolver es 4.08g. KH_2PO_4 , 8.72g. $\text{NaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0.5g. KCl, 1.5g. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.5g. Na_2CO_3 , en 1L de agua destilada.

Anexo N°03

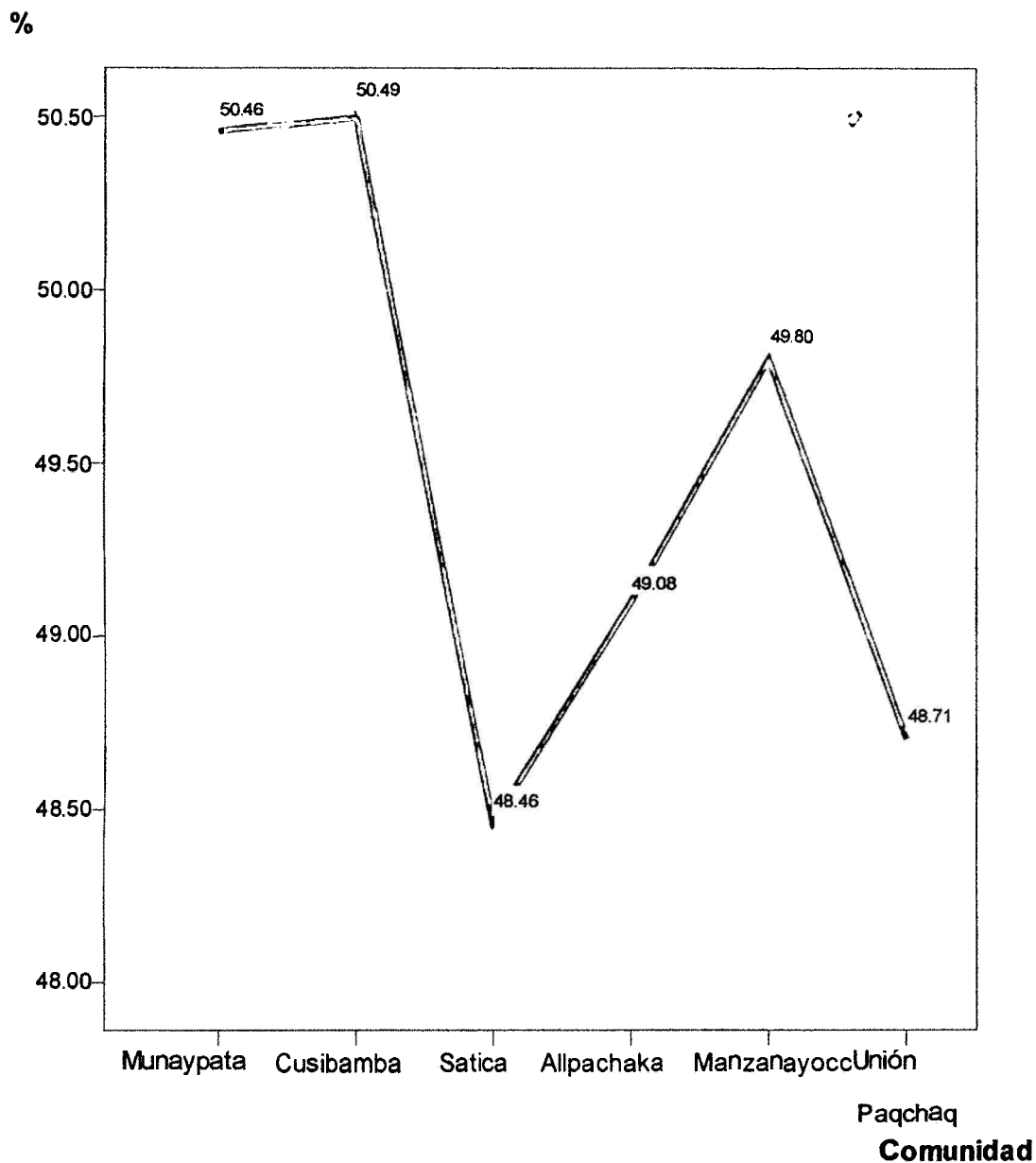


Gráfico N°01: Promedios de digestibilidad *in vitro* de materia seca del heno de Avena sativa “avena” según comunidades. Ayacucho, 2010.

Anexo N°04

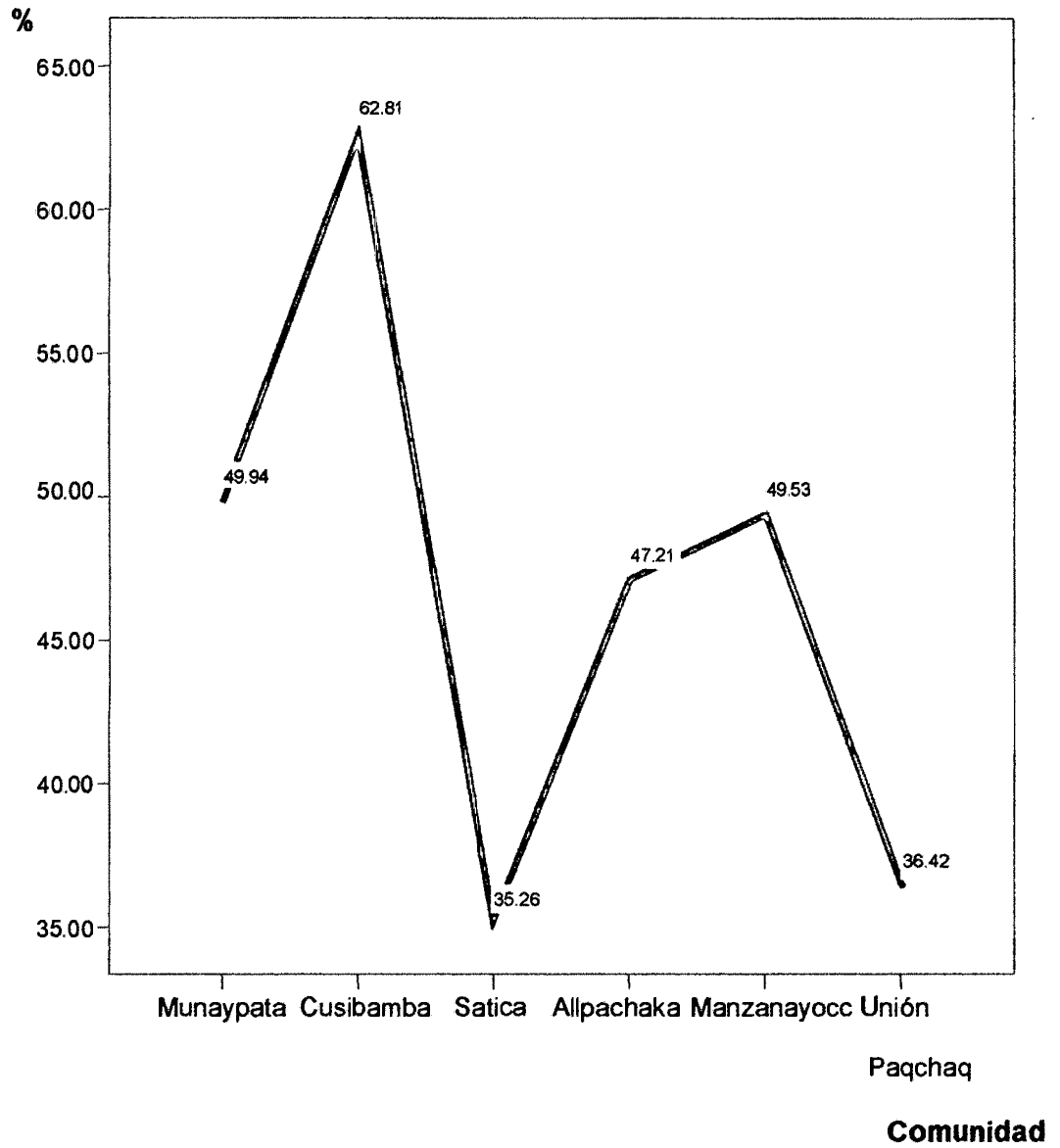


Gráfico N°02: Promedios de digestibilidad *in vitro* de proteína cruda del heno de *Avena sativa* “avena”, según comunidades. Ayacucho, 2010.

AnexoN°05

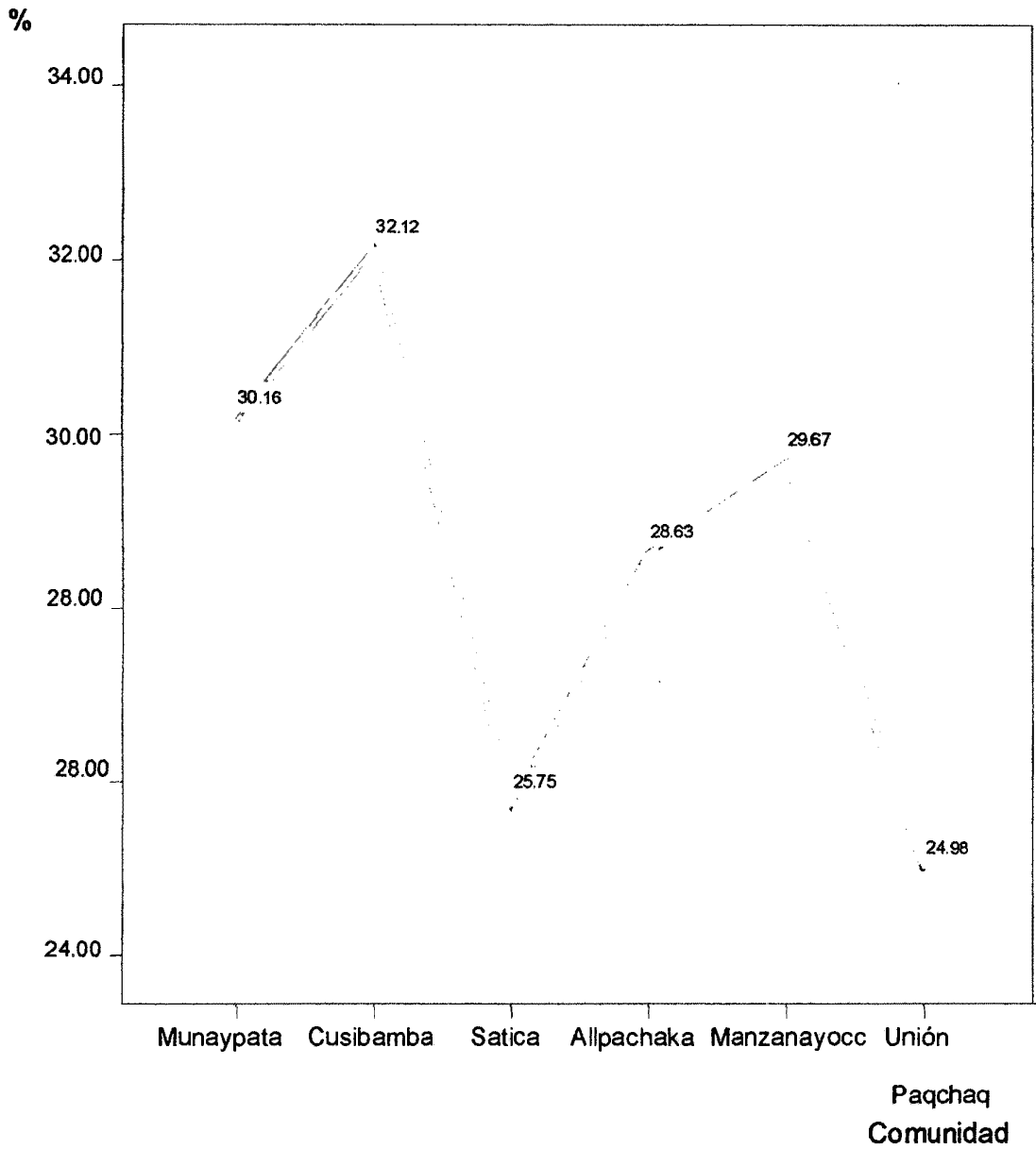


Gráfico N°03: Promedios de digestibilidad *in vitro* de fibra detergente neutro del heno de *Avena sativa* "avena", según comunidades. Ayacucho, 2010.

Anexo N°06

Tabla N°12: Comparación de promedios mediante Tukey de la digestibilidad *in vitro* de materia seca del heno de *Avena sativa* “avena” de comunidades de Huamanga y Cangallo. Ayacucho, 2010.

(I) Comunidad	(J) Comunidad	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
Munaypata	Cusibamba	-0.041	3.753	1.0000	-12.647	12.565
	Satica	1.9924	3.753	0.9937	-10.614	14.598
	Allpachaka	1.3577	3.753	0.999	-11.248	13.964
	Manzanayocc	0.6553	3.753	1.0000	-11.951	13.261
	Unión Paqchaq	1.7482	3.753	0.9966	-10.858	14.354
Cusibamba	Munaypata	0.0413	3.753	1.000	-12.565	12.647
	Satica	2.0337	3.753	0.9931	-10.572	14.64
	Allpachaka	1.399	3.753	0.9988	-11.207	14.005
	Manzanayocc	0.6966	3.753	1.0000	-11.909	13.303
	Unión Paqchaq	1.7895	3.753	0.9962	-10.817	14.396
Satica	Munaypata	-1.992	3.753	0.9937	-14.598	10.614
	Cusibamba	-2.034	3.753	0.9931	-14.64	10.572
	Allpachaka	-0.635	3.753	1.0000	-13.241	11.971
	Manzanayocc	-1.337	3.753	0.999	-13.943	11.269
	Unión Paqchaq	-0.244	3.753	1.0000	-12.85	12.362
Allpachaka	Munaypata	-1.358	3.753	0.999	-13.964	11.248
	Cusibamba	-1.399	3.753	0.9988	-14.005	11.207
	Satica	0.6346	3.753	1.0000	-11.971	13.241
	Manzanayocc	-0.702	3.753	1.0000	-13.308	11.904
	Unión Paqchaq	0.3905	3.753	1.0000	-12.216	12.997
Manzanayocc	Munaypata	-0.655	3.753	1.0000	-13.261	11.951
	Cusibamba	-0.697	3.753	1.0000	-13.303	11.909
	Satica	1.337	3.753	0.999	-11.269	13.943
	Allpachaka	0.7024	3.753	1.000	-11.904	13.308
	Unión Paqchaq	1.0929	3.753	0.9996	-11.513	13.699
Unión Paqchaq	Munaypata	-1.748	3.753	0.9966	-14.354	10.858
	Cusibamba	-1.790	3.753	0.9962	-14.396	10.817
	Satica	0.2441	3.753	1.0000	-12.362	12.85
	Allpachaka	-0.391	3.753	1.0000	-12.997	12.216
	Manzanayocc	-1.093	3.753	0.9996	-13.699	11.513

Anexo N°07

Tabla N°13: Comparación de promedios mediante Tukey de la digestibilidad *in vitro* de proteína cruda del heno de Avena sativa “avena” de comunidades de Huamanga y Cangallo. Ayacucho, 2010.

(I) Comunidad	(J) Comunidad	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
Munaypata	Cusibamba	-12.872	7.8111	0.5859	-39.1092	13.3644
	Satica	14.6797	7.8111	0.4572	-11.5571	40.9165
	Allpachaka	2.72486	7.8111	0.9991	-23.5119	28.9617
	Manzanayocc	0.41035	7.8111	1.0000	-25.8265	26.6472
	Unión Paqchaq	13.5121	7.8111	0.5392	-12.7247	39.7489
Cusibamba	Munaypata	12.8724	7.8111	0.5859	-13.3644	39.1092
	Satica	27.5521*	7.8111	0.0377	1.31529	53.7889
	Allpachaka	15.5973	7.8111	0.3971	-10.6395	41.8341
	Manzanayocc	13.2828	7.8111	0.5559	-12.954	39.5196
	Unión Paqchaq	26.3845*	7.8111	0.0484	0.14771	52.6213
Satica	Munaypata	-14.68	7.8111	0.4572	-40.9165	11.5571
	Cusibamba	-27.552*	7.8111	0.0377	-53.7889	-1.3153
	Allpachaka	-11.955	7.8111	0.6534	-38.1916	14.282
	Manzanayocc	-14.269	7.8111	0.4854	-40.5061	11.9675
	Unión Paqchaq	-1.1676	7.8111	1.0000	-27.4044	25.0692
Allpachaka	Munaypata	-2.7249	7.8111	0.9991	-28.9617	23.5119
	Cusibamba	-15.597	7.8111	0.3971	-41.8341	10.6395
	Satica	11.9548	7.8111	0.6534	-14.282	38.1916
	Manzanayocc	-2.3145	7.8111	0.9996	-28.5513	23.9223
	Unión Paqchaq	10.7872	7.8111	0.7371	-15.4496	37.024
Manzanayocc	Munaypata	-0.4104	7.8111	1.0000	-26.6472	25.8265
	Cusibamba	-13.283	7.8111	0.5559	-39.5196	12.954
	Satica	14.2693	7.8111	0.4854	-11.9675	40.5061
	Allpachaka	2.31451	7.8111	0.9996	-23.9223	28.5513
	Unión Paqchaq	13.1017	7.8111	0.5691	-13.1351	39.3385
Unión Paqchaq	Munaypata	-13.512	7.8111	0.5392	-39.7489	12.7247
	Cusibamba	-26.385*	7.8111	0.0484	-52.6213	-0.1477
	Satica	1.16758	7.8111	1.0000	-25.0692	27.4044
	Allpachaka	-10.787	7.8111	0.7371	-37.024	15.4496
	Manzanayocc	-13.102	7.8111	0.5691	-39.3385	13.1351

*La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05

Anexo N°08

Tabla N°14: Comparación de promedios mediante Tukey de la digestibilidad *in vitro* de fibra detergente neutro del heno de *Avena sativa* “avena” de comunidades de Huamanga y Cangallo. Ayacucho, 2010.

(I) Comunidad	(J) Comunidad	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
Munaypata	Cusibamba	-1.965	2.8718	0.9804	-11.611	7.68157
	Satica	4.4114	2.8718	0.6501	-5.2347	14.0575
	Allpachaka	1.5337	2.8718	0.9935	-8.1124	11.1798
	Manzanayocc	0.4877	2.8718	1.0000	-9.1584	10.1338
	Unión Paqchaq	5.1766	2.8718	0.4987	-4.4695	14.8227
Cusibamba	Munaypata	1.9645	2.8718	0.9804	-7.6816	11.6106
	Satica	6.3759	2.8718	0.2965	-3.2702	16.022
	Allpachaka	3.4983	2.8718	0.8203	-6.1478	13.1444
	Manzanayocc	2.4523	2.8718	0.9506	-7.1938	12.0984
	Unión Paqchaq	7.1411	2.8718	0.2025	-2.505	16.7872
Satica	Munaypata	-4.411	2.8718	0.6501	-14.057	5.23473
	Cusibamba	-6.376	2.8718	0.2965	-16.022	3.27019
	Allpachaka	-2.878	2.8718	0.9086	-12.524	6.76846
	Manzanayocc	-3.924	2.8718	0.745	-13.57	5.72245
	Unión Paqchaq	0.7652	2.8718	0.9998	-8.8809	10.4113
Allpachaka	Munaypata	-1.534	2.8718	0.9935	-11.18	8.11237
	Cusibamba	-3.498	2.8718	0.8203	-13.144	6.14784
	Satica	2.8776	2.8718	0.9086	-6.7685	12.5238
	Manzanayocc	-1.046	2.8718	0.9989	-10.692	8.6001
	Unión Paqchaq	3.6429	2.8718	0.7958	-6.0033	13.289
Manzanayocc	Munaypata	-0.488	2.8718	1.0000	-10.134	9.15838
	Cusibamba	-2.452	2.8718	0.9506	-12.098	7.19384
	Satica	3.9237	2.8718	0.745	-5.7225	13.5698
	Allpachaka	1.046	2.8718	0.9989	-8.6001	10.6921
	Unión Paqchaq	4.6889	2.8718	0.5946	-4.9572	14.335
Unión Paqchaq	Munaypata	-5.177	2.8718	0.4987	-14.823	4.46952
	Cusibamba	-7.141	2.8718	0.2025	-16.787	2.50499
	Satica	-0.765	2.8718	0.9998	-10.411	8.8809
	Allpachaka	-3.643	2.8718	0.7958	-13.289	6.00325
	Manzanayocc	-4.689	2.8718	0.5946	-14.335	4.95725

Anexo N°09

Tabla N° 15: Valores según repetición de digestibilidad *in vitro* de materia seca (DVTMS) del heno de *Avena sativa* “avena” de comunidades de Huamanga y Cangallo. Ayacucho 2010.

Comunidad	Repetición	Muestra (g.)	Residuo (g.)	Residuo-control (g.)	DVTMS (%)
Munaypata	1°	0.50	0.24	0.2192	56.16
	2°	0.53	0.29	0.2554	51.81
	3°	0.53	0.31	0.300	43.40
Cusibamba	1°	0.55	0.33	0.3092	43.78
	2°	0.52	0.28	0.2454	52.81
	3°	0.51	0.24	0.230	54.90
Satica	1°	0.53	0.30	0.2792	47.32
	2°	0.51	0.29	0.2554	49.92
	3°	0.54	0.29	0.280	48.15
Alpachaka	1°	0.54	0.26	0.2392	55.70
	2°	0.52	0.30	0.2792	46.31
	3°	0.53	0.30	0.290	45.28
Manzanayocc	1°	0.51	0.28	0.2592	49.18
	2°	0.52	0.27	0.2492	52.08
	3°	0.54	0.29	0.280	48.15
Unión Paqchaq	1°	0.51	0.30	0.2792	45.25
	2°	0.53	0.29	0.2554	51.81
	3°	0.53	0.28	0.270	49.06
Control		0.0208			
		0.0346			
		0.0100			

Anexo N°10

Tabla N° 16: Valores según repetición de digestibilidad *in vitro* de proteína cruda (DVTPC) del heno de *Avena sativa* “avena” de comunidades de Huamanga y Cangallo. Ayacucho 2010.

Comunidad	Repetición	muestra (mg.)	PC muestra (%)	PC residuo (%)	PC residuo - control (%)	Promedio PC residuo - control (%)	DVTPC (%)
Munaypata	1°	110.70	9.9212	6.8777	5.4474	4.81	45.09
	2°	96.20	8.6882	6.3254	4.8951		43.66
	3°	101.00	10.51	5.5228	4.0925		61.06
Cusibamba	1°	95.00	9.2144	5.6192	4.189	3.76	54.54
	2°	105.00	9.8227	5.3015	3.8712		60.59
	3°	108.30	12.098	4.6606	3.2303		73.30
Satica	1°	93.50	6.9913	6.4983	5.068	4.24	27.51
	2°	100.50	6.6329	5.5294	4.0991		38.20
	3°	91.70	5.9494	4.9963	3.566		40.06
Allpachaka	1°	98.00	7.928	6.2061	4.7758	3.75	39.76
	2°	109.10	7.3596	5.3448	3.9145		46.81
	3°	94.40	5.7521	4.0151	2.5848		55.06
Manzanayocco	1°	101.10	8.922	6.0347	4.6044	4.36	48.39
	2°	103.40	9.2069	6.8693	5.439		40.93
	3°	107.20	7.4854	4.4798	3.0495		59.26
Unión Paqchaq	1°	87.00	6.8308	6.7165	5.2862	4.54	22.61
	2°	111.00	7.2908	5.9711	4.5408		37.72
	3°	112.70	7.4034	5.2103	3.780		48.94
Control			1.4303				

Anexo N°11

Tabla N° 17: Valores según repetición de digestibilidad *in vitro* de fibra detergente neutro (DVTFDN) del heno de *Avena sativa* “avena” de comunidades de Huamanga y Cangallo. Ayacucho 2010.

Comunidad	Repetición	muestra (g.)	FDN muestra (%)	FDN residuo (%)	FDN residuo - control (%)	Promedio FDN residuo-control (%)	DVTFDN (%)
Munaypata	1°	0.51	71.67	50.9804	50.2854	48.71	29.84
	2°	0.53	73.89	50.9434	50.2484		32.00
	3°	0.54	63.91	46.2963	45.6013		28.64
Cusibamba	1°	0.52	70.35	51.9231	51.2281	47.78	27.18
	2°	0.53	74.2	49.0566	48.3616		34.82
	3°	0.54	65.43	44.4444	43.7494		34.38
Satuca	1°	0.52	65.38	51.9231	51.2281	49.30	21.65
	2°	0.51	67.90	49.0196	48.3246		28.83
	3°	0.53	66.04	49.0566	48.3616		26.77
Allpachaka	1°	0.52	70.35	50.00	49.305	48.97	29.91
	2°	0.54	71.13	53.7037	53.0087		25.47
	3°	0.53	64.15	45.283	44.588		30.5
Manzanayocc	1°	0.52	68.49	51.9231	51.2281	48.06	25.21
	2°	0.53	72.52	49.0566	48.3616		33.31
	3°	0.53	64.15	45.283	44.588		30.50
Unión Paqchaq	1°	0.53	73.86	52.8302	52.1352	49.28	29.41
	2°	0.51	62.38	48.0769	48.3246		22.53
	3°	0.52	61.54	49.0196	47.3819		23.00
Control		0.695					

Anexo N°12

Tabla N°18: Datos y valores promedios de digestibilidad *in vitro* de materia seca (DVTMS), de proteína cruda (DVTPC) y de fibra detergente neutro (DVTFDN) del heno de *Avena sativa* "avena" de comunidades de Huamanga y Cangallo. Ayacucho, 2010.

Comunidad	DVTMS (%)	DVTPC (%)	DVTFDN (%)	Proteína Cruda (%)	Fibra Detergente Neutro (%)	Estado fenológico al momento de corte*	Condición almacén*	Secado en campo*
Munaypata	50.46	49.94	30.16	9.47	66.40	grano lechoso 10%	Libre	
Cusibamba	50.49	62.81	32.12	10.08	66.45	pleno panoja 80%	Bajo techo	15 días
Satica	48.46	35.26	25.75	6.86	63.91	grano lechoso 60%	Al aire libre	
Allpachaka	49.10	47.21	28.63	6.98	64.67	grano lechoso 50%		Un mes al piso
Manzanayocc	49.80	49.53	29.67	8.24	64.93	grano lechoso 30%	Bajo techo	
Unión Paqchaq	48.71	36.42	24.98	6.99	63.34	grano lechoso 60%	Libre sin henil	Al suelo 45 días

*Datos obtenidos del Rótulo de cada muestra de heno de *Avena sativa* "avena"

Anexo N°13



Fotografía N°01: Muestras del heno de *Avena sativa* “avena”

Anexo N°14



Fotografía N°02: Filtración de líquido ruminal recolectado del camal de Carmen alto

Anexo N°15



Fotografía N°03: Determinación de fibra detergente neutro de la muestra de heno de *Avena sativa* “avena”

Anexo N°16



Fotografía N°05: Incubación en la segunda fase de digestibilidad *in vitro* del heno de *Avena sativa* “avena”

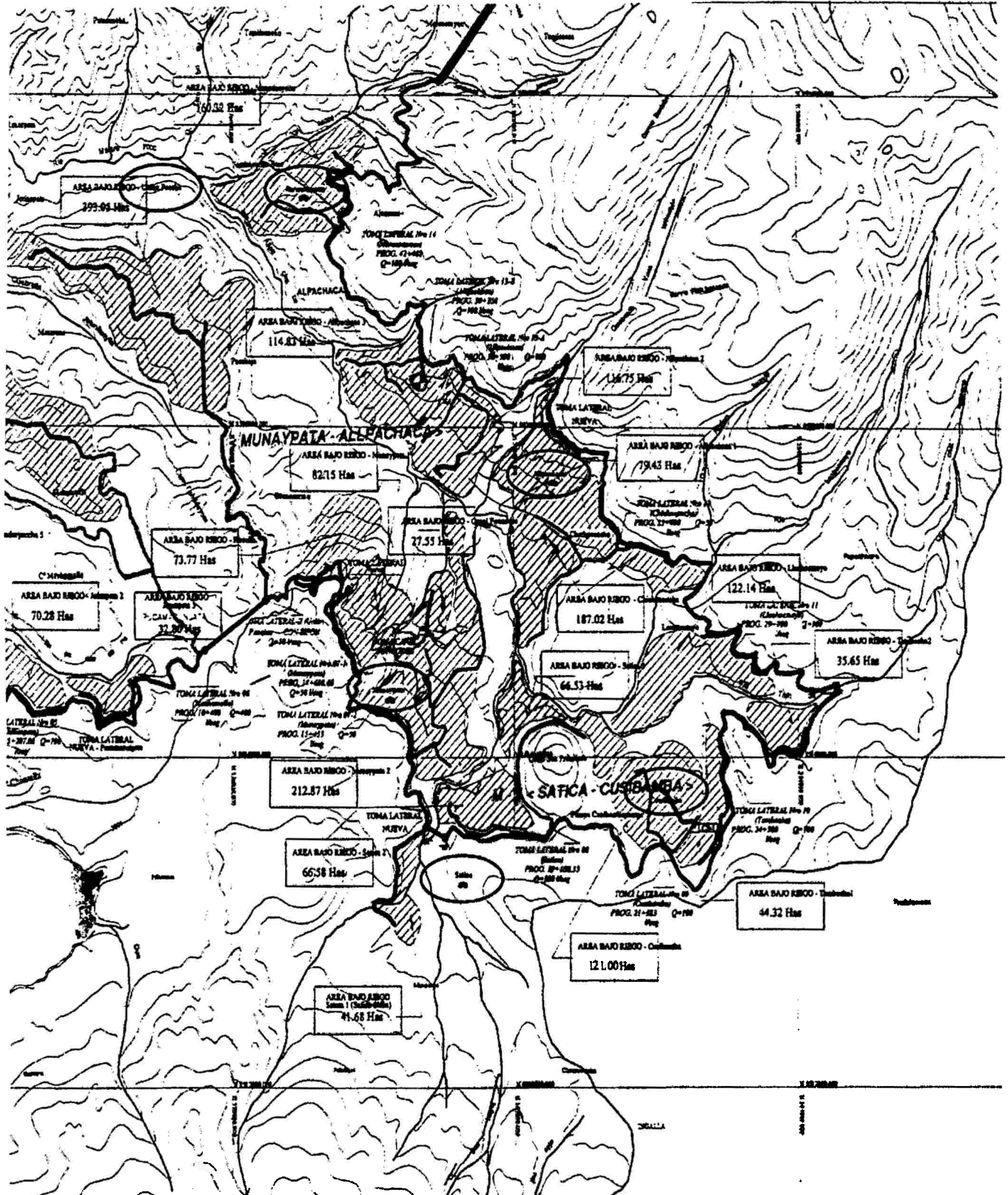
Anexo N°17



Fotografía N°04: Secado de papeles de filtro con el residuo de la digestibilidad *in vitro*

Anexo N° 18

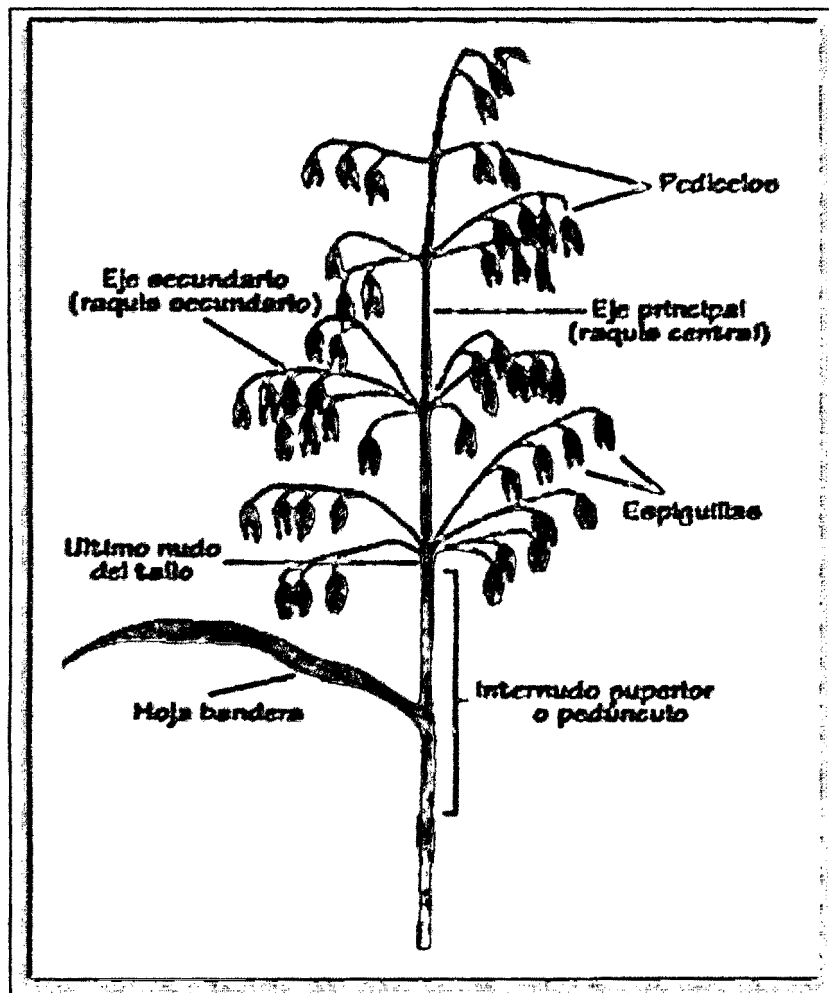
Mapa de ubicación de la zona donde se cultiva la Avena sativa "avena"



Fuente: Proleche, 2010

Anexo N°19

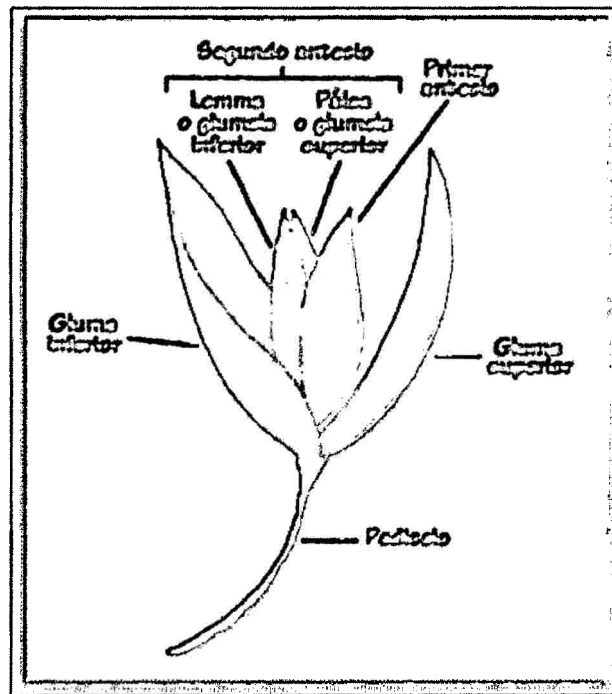
Figura N° 01: Panícula de Avena sativa "avena" y sus partes



Fuente: Bonnett, 1961 tomado de Palomino, 2008

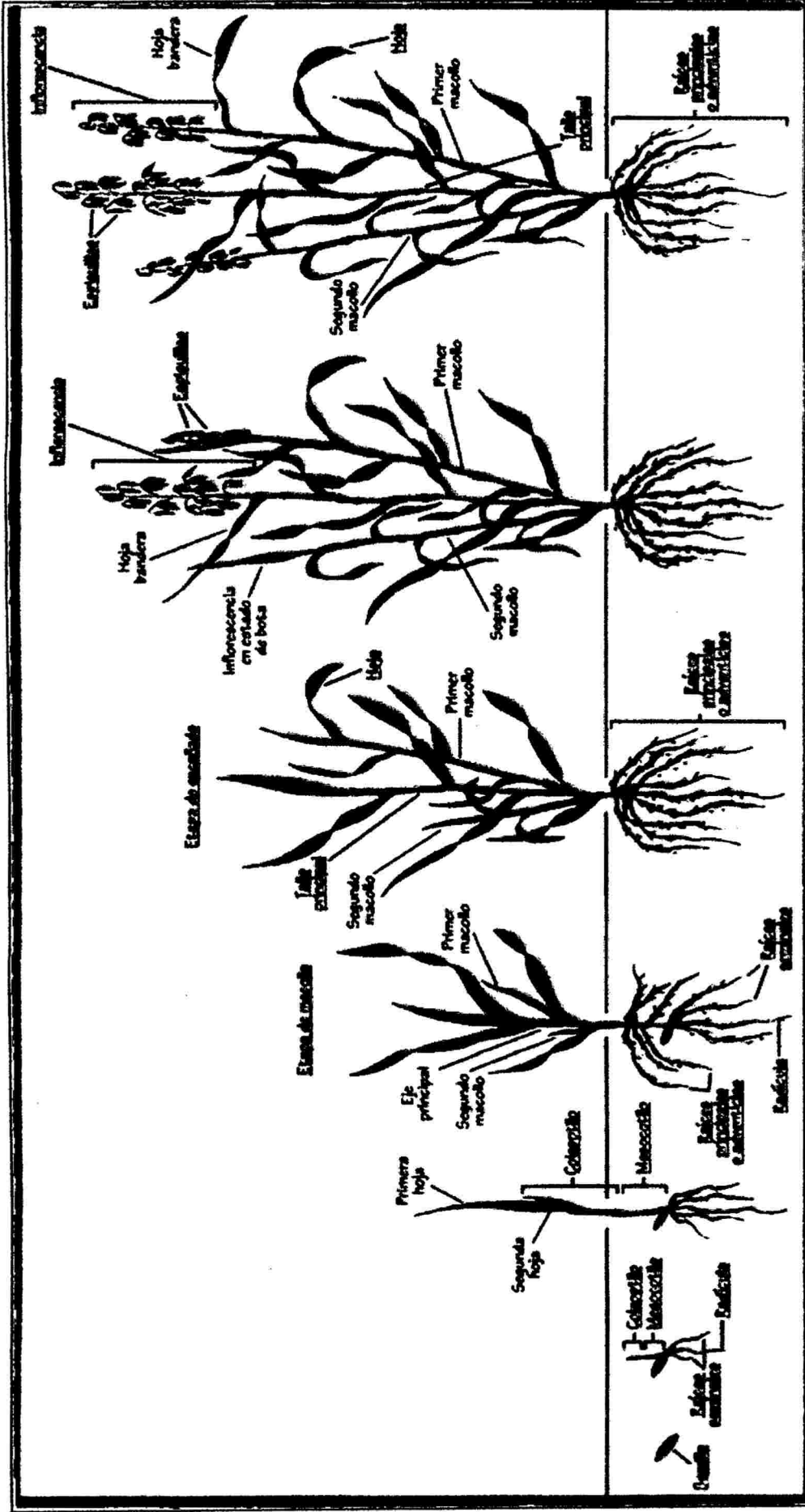
AnexoN°20

Figura N°02: Componentes de una espiguilla de dos antecios



Fuente: Bonnett, 1961 tomado de Palomino, 2008

Figura N°03: Estados fenológico de la Avena sativa "avena"



Fuente: Palomino, 2008.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Digestibilidad de materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutro del heno de Avena sañiva "avena" cultivado en comunidades de las provincias de Huamanga y Cangallo. Ayacucho 2010.</p>	<p>¿Cuál será la digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca, proteína cruda y de la fibra detergente neutro del heno de Avena sañiva "avena" cultivado en comunidades de las provincias de huamanga y Cangallo?</p>	<p>Objetivo general -Evaluar la digestibilidad <i>in Vitro</i> de la materia seca, de proteína cruda y de la fibra detergente neutro del heno de Avena sañiva "avena" cultivado en comunidades de las provincias de huamanga y Cangallo.</p> <p>Objetivos específicos - Determinar el contenido de humedad y materia seca, de proteína cruda y el contenido de fibra detergente neutro; antes y después de realizarse la digestibilidad <i>in vitro</i>. -Determinar la digestibilidad por el método de digestibilidad <i>in vitro</i> por la técnica descrita por Tilley y Terry, 1963.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Condiciones agro ecológicas ▪ Etapas y estados de desarrollo y crecimiento de las gramíneas ▪ Factores que afectan a los forrajes ▪ Avena sañiva "avena" ▪ Clasificación Taxonómica ▪ Heno ▪ Pérdidas físicas y químicas ▪ Calidad del buen heno ▪ Heno de Avena sañiva "avena" ▪ Digestibilidad ▪ Factores que influyen la digestibilidad <i>in vitro</i> ▪ Estómago de los rumiantes ▪ Digestión en el rumiante ▪ Factores que afectan la digestibilidad ▪ Microorganismos del rumen ▪ Digestibilidad <i>in vitro</i> en dos fases ▪ Digestión de la materia seca ▪ Digestión de la Proteína cruda ▪ Fibra detergente neutro ▪ Antecedentes 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Porcentaje de digestibilidad de la materia seca. ▪ Porcentaje de digestibilidad de la proteína bruta. ▪ Porcentaje de digestibilidad de la fibra detergente neutro. 	<p>Tipo de Investigación Básica - descriptiva.</p> <p>Población Heno de Avena sañiva "avena" de comunidades de las provincias de Huamanga y Cangallo</p> <p>Muestreo No probabilístico.</p> <p>Métodos Los métodos para determinar humedad, materia seca y proteína cruda según la AOAC, 1980 y fibra detergente neutro según Van Soest y Wine, 1967. El método para determinar la digestibilidad <i>in vitro</i> según Tilley y Terry, 1963 en dos fases.</p> <p>Análisis estadístico Análisis de varianza y Tukey al 95% con el paquete estadístico spss17.</p>

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

R.D. Nº 433-2011 – FCB- D

Bach. Elena Marisol Loayza Silva

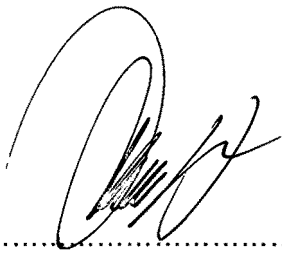
En la ciudad de Ayacucho a los 26 días del mes de Diciembre del año dos mil once se reunieron en el auditorium de la Facultad de Ciencias Biológicas, los miembros del jurado de sustentación de tesis de la Bach. Elena Marisol Loayza Silva, titulado: Digestibilidad de materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutro del heno de *Avena sativa* "avena" cultivado en comunidades de Huamanga y Cangallo. Ayacucho 2010. Siendo las cuatro con cuarenta minutos se inicio el acto de sustentación, la misma que es presidido por el Dr. Tomás Castro Carranza como Decano encargado e integrado por los siguientes docentes: Blgo. Elbert Hermoza Valdivia (miembro), Biga. Edna León Palomino (asesora) y Mg. Jesús Javier Ñaccha Urbano, a la vez actuando como secretario encargado. Como primer acto el presidente indicó al secretario docente dar lectura a la documentación pertinente, a continuación el Decano (e), indicó al sustentante que inicie con su exposición en un tiempo no mayor de 45 minutos. El sustentante utilizó un tiempo de 42 minutos. Acto seguido el presidente aperturó la segunda etapa, indicando a los miembros del jurado a fin de que pueda realizar las preguntas, correcciones y aclaraciones que consideren pertinentes.

Culminado esta etapa el Decano (e) invito al público y al sustentante a abandonar el Auditorium a fin de que el jurado calificador pueda deliberar y emitir la calificación correspondiente, el cual es como sigue:

JURADO CALIFICADOR:	EXPOSICIÓN	RPTA.PREGUNTAS	PROMEDIOS
Dr. Tomás Castro Carranza	17	17	17

Blgo. Elbert Hermoza Valdivia	15	15	15
Mg. Jesús Javier Naccha Urbano	16	16	16
Biga. Edna León Palomino	18	18	18
		PROMEDIO:	17

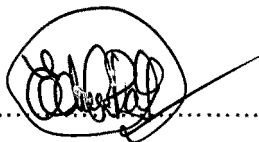
De la evaluación efectuada, el sustentante obtuvo la calificación promedio de: DIECISIETE (17). De lo cual dan fe los miembros del jurado calificador, estampando sus firmas al pie del presente, culminando el acto de sustentación de tesis, siendo seis con treinta minutos.



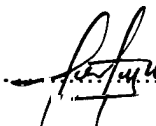
Dr. Segundo Tomás Castro Carranza
 Presidente (e)



Blgo. Elbert Hermoza Valdivia
 Miembro



Biga. Edna León Palomino
 Asesora



Mg. Jesús Javier Naccha Urbano
 Miembro – Sec. Docente (e)