



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

ESPE

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA
COLECTIVIDAD**

CIENCIAS DE LA VIDA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL

I PROMOCIÓN

TESIS DE GRADO

**“CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA Y DIGESTIBILIDAD *IN VITRO*
DE LA MATERIA SECA DE 15 VARIEDADES DE PASTOS DE LA
SIERRA ECUATORIANA”**

AUTOR: ARMIJOS CHAMBA WLADIMIR ALEXANDER

DIRECTOR: ING. JORGE LUCERO, M. CS.

SANGOLQUÍ, DICIEMBRE DEL 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA
COLECTIVIDAD

CERTIFICACIÓN

Certifico que la elaboración de la presente tesis fue realizada en su totalidad por la el Sr. Ing. Wladimir Alexander Armijos Chamba, como requisito previo a la obtención del título de MAGISTER en PRODUCCIÓN ANIMAL.

DIRECTOR INVESTIGACIÓN

Ing. Jorge Lucero, M. Cs.

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA
COLECTIVIDAD

CERTIFICADO DE TUTORÍA

Ing. Wladimir Alexander Armijos Chamba

DECLARO QUE: La tesis de grado titulada “**CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA Y DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE LA MATERIA SECA DE 15 VARIEDADES DE PASTOS DE LA SIERRA ECUATORIANA**” ha sido realizada sobre la base de una investigación, respetando los derechos intelectuales de terceros conforme las citas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de este trabajo de investigación en mención.

Sangolquí, Diciembre de 2014.

Ing. Wladimir Armijos Chamba

AUTORIZACIÓN

Al presentar esta tesis como uno de los requisitos previos para la obtención del grado de magister de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, autorizo a la biblioteca Alejandro Segovia para que haga de esta tesis un documento disponible para su lectura según las normas de la institución.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de esta tesis dentro de las regulaciones internas de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación de esta tesis, o de parte de ella, por una sola vez dentro de los treinta meses después de su aprobación.

Ing. Wladimir Armijos Chamba

Sangolquí, diciembre del 2014

DEDICATORIA

A Grace mi esposa y compañera de vida, a mis hijos: Juan Diego, Juan David, Juan Ignacio mi incentivo de mejora diaria y a mis padres y hermanos: Pepito y Carmita, Carlos Ernesto y Gabi

AGRADECIMIENTO

A mi esposa, hijos, padres y hermanos, por su apoyo, paciencia y esfuerzo incondicional a lo largo de estos años de estudio.

A mis maestros: Ing. Jorge Lucero, Dr. Juan Avellaneda, Ing. Mario Ortiz, Ing. Ramiro León, Ing. Inés Mantilla, Ing. Jorge Santamaría e Ing. Daniel Sosa; a todos ustedes mi agradecimiento por su contribución para la elaboración de este proyecto.

Un agradecimiento especial al Sr. Antonio Seiler, Hans Steiner y Dr. Fausto Yanez por el apoyo a que esta investigación se realice.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	II
DIRECTOR INVESTIGACIÓN	II
CERTIFICADO DE TUTORÍA	III
AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
INDICE DE CUADROS	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
ABREVIATURAS	XII
INTRODUCCION	1
1. OBJETIVOS	4
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.2. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD	16
2.3. MÉTODOS PARA ESTIMAR EL CONSUMO.	25
2.4. VALOR RELATIVO Y CALIDAD RELATIVA DE FORRAJES	29
3. MÉTODOS	33
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
5.1. CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE 15 VARIEDADES DE PASTOS.	36
5.2. EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD	46
5.3. IMPLICACIONES	64
VI. CONCLUSIONES	69
VII. RECOMENDACIONES	70
VIII. BIBLIOGRAFIA	71
IX. ANEXOS	75

INDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1 Caracterización bromatológica del ryegrass anual var. Moata	36
CUADRO N° 2 Caracterización bromatológica del ryegrass anual var. Rey verde ..	37
CUADRO N° 3 Caracterización bromatológica del ryegrass bianual var. arroyo	38
CUADRO N° 4 Caracterización bromatológica del ryegrass bianual var. maverick.	38
CUADRO N° 5 Caracterización bromatológica del ryegrass perenne var. banqueT.	39
CUADRO N° 6 Caracterización bromatológica del ryegrass perenne var. gigant.....	40
CUADRO N° 7 Caracterización bromatológica del ryegrass perenne var. kignston.	41
CUADRO N° 8 Caracterización bromatológica del ryegrass perenne var. one-50 ...	41
CUADRO N° 9 Caracterización bromatológica del trébol blanco var. emerald.....	41
CUADRO N° 10 Caracterización bromatológica del trébol blanco var. ladino	43
CUADRO N° 11 Caracterización bromatológica del trébol blanco var. Tribute.....	43
CUADRO N° 12 Caracterización bromatológica del trébol rojo var. Keenland	44
CUADRO N° 13 Caracterización bromatológica del pasto azul var. Potomac	45
CUADRO N° 14 Caracterización bromatológica del pasto azul var. Crown royal ...	46
CUADRO N° 15 Caracterización bromatológica del pasto azul var. kara	46
CUADRO N° 16 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporté energético de ryegrass anual var. moata.....	48
CUADRO N° 17 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporté energético de ryegrass anual var.rey verde	50
CUADRO N° 18 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporté energético de ryegrass bianual var. Arroyo	51
CUADRO N° 19 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporté energético de ryegrass bianual var. maverick.....	52
CUADRO N° 20 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporté energético de ryegrass perenne var. banquet	53
CUADRO N° 21 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporté energético De ryegrass perenne var. Gigant	54
CUADRO N° 22 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporté energético de ryegrass perenne var. Kingston	55
CUADRO N° 23 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporté energético de ryegrass perenne var. one-50.....	56

CUADRO N° 24 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporté energético del trébol blanco var. Emerald	58
CUADRO N° 25 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporté energético del trébol blanco var. Ladino	59
CUADRO N° 26 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporté energético del trébol blanco var. Tribute	60
CUADRO N° 27 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporté energético del trébol rojo var. Keenland	61
CUADRO N° 28 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporté energético del pasto azul var. Potomac.....	62
CUADRO N° 29 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporté energético del pasto azul var. crown royal	63
CUADRO N° 30 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporté energético del pasto azul var. kara.....	63
CUADRO N° 31 Calidad nutritiva de distintos rryegrases anuales y bianuales en época lluviosa.....	64
CUADRO N° 32 Implicaciones de ryegrass perennes en época de lluvias	65
CUADRO N° 33 Implicaciones de los tréboles en época de lluvias.....	65
CUADRO N° 34 Implicaciones de los ryegrass anuales y bianuales en época seca .	66
CUADRO N° 35 Implicaciones de los ryegrass perennes en época seca	67
CUADRO N° 36 Implicaciones de los tréboles en época seca	68
CUADRO N° 37 Implicaciones de los pasto azul en época seca.....	688

RESUMEN

Los pastos son el principal recurso para la alimentación de los bovinos en el Ecuador. Los pastos usados para este fin no han sido valorados en términos de calidad nutricional y potencial de producción. Por lo tanto la presente investigación tiene como objetivo caracterizar bromatológicamente 15 variedades de pastos entre Ryegrass anuales: Moata y Rey Verde; Ryegrass bianuales: Arroyo y Maverick; los Ryegrass perenne: Banquet, Gigant, Kignston, One-50; Tréboles: Emerald, Ladino, Tribute y trébol rojo var. Keenland y Pato Azul: Potomac, Crown Royal y Kara. El ensayo se llevó a cabo en el IASA a 2720 m.s.n.m. las mediciones se las realizo en época de lluvias con 30 días de corte y en época seca con 45 días de corte. Para definir calidad nutricional en todas las variedades se determinó: MS, PB, FDN, FDA, DIVMS, EM. Para definir el potencial de producción se calculó el requerimiento energético para vacas con un peso de 500 Kg de peso vivo. Y tres niveles de producción: 15 litros, 17 litros y 20 litros. Todos los pastos del estudio tuvieron una mejor digestibilidad en la época lluviosa. Los Ryegrass: Moata, Rey Verde, Arroyo y Gigant y los Tréboles Ladino, Tribute y Keenland cubren los requerimientos energéticos de una vaca de 500 Kg de peso vivo y 15 litros de producción y en la época seca solamente el Ryegrass var. Gigant y el Trébol blanco var. Emerald logran cubrir este requerimiento energético.

Palabras claves: **ALIMENTACIÓN BOVINA; BROMATOLÓGICAMENTE; PASTOS; SEGURIDAD ALIMENTARIA; DIGESTIBILIDAD IN VITRO**

ABSTRACT

Pastures are the main feeding source for cattle in Ecuador. Pastures used for this purpose have not been assessed in terms of nutritional quality and yield potential. Thus this research aims was to characterize bromatologically 15 varieties of grass between annual ryegrass: Moata Green and King; Biannual ryegrass: Arroyo and Maverick; the perennial ryegrass: Banquet, Gigant, Kignston, One-50; Clubs: Emeral, Ladino, red clover and Tribute var. Keenland and Blue Duck: Potomac, Crown Royal and Kara. The trial was conducted in the 2720 meters at IASA. Measurements were conducted in the rainy season 30 days cut and dry season cutting 45 days. To define nutritional quality in all varieties was determined: DM, CP, NDF, ADF, IVDMD, MS. To define the production potential of those pastures, the energy requirement was calculated for 500 kg live weight dairy cows, at three daily milk yield (DMY): 15 l, 17 l and 20 l. All pastures in the study had better digestibility in the rainy season. The varieties of Ryegrass: Moata, King Green, Arroyo and Gigant and Ladino Clovers, cover the energy requirements at 15 l DMY in the rainy season and only Ryegrass var. Gigant and white clover var. Emerald and Ladino cover energy that requirement in dry season.

Keywords: CATTLE FEED; BROMATOLOGICALLY; PASTURES; FOOD SECURITY; DIGESTION IN VITRO

ABREVIATURAS

cm	Centímetros
DIVMS	Digestibilidad in vitro de la materia seca
σ:	Desviación estándar
E.E.	Extracto etéreo
E.L.N.	Elementos libres de nitrógeno
K	Potasio
kg/ha	Kilogramo por hectárea
EM:	Energía metabolizable
Et. al.:	y otros
Etc.	Etcétera
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación
FDA	Fibra ácido detergente
FDN	Fibra detergente neutro
g	Gramos
°C	Grados centígrados
Kcal:	Kilocalorías
kg:	Kilogramo
Kj:	Kilo Julios
lt:	Litros
m:	Metros
m²:	Metros cuadrados
MS	Materia seca
MV	Materia verde

N	Nitrógeno
P	Fósforo
PB	Proteína bruta
pH	Potencial de hidrógeno
TM/Ha/corte	Tonelada métrica por hectárea por corte
VP15	Vaca con producción de 15 litros
VP17	Vaca con producción de 17 litros
VP20	vaca con producción de 20 litros
UA	Unidad animal
UE	Unidad experimental

INTRODUCCION

El suelo, el agua y los recursos genéticos constituyen el fundamento en el que se basan la agricultura y la seguridad alimentaria mundial. De los tres elementos, el menos conocido y menos valorado son los recursos fitogenéticos. También son los que más dependen de nuestros cuidados y nuestra salvaguardia, y tal vez sean los más amenazados (FAO, 1996)

La producción forrajera constituye la base de la alimentación de los sistemas de producción de rumiantes en la mayor parte del trópico, donde al menos entre el 80 y 90% de los nutrientes requeridos por los animales son derivados de las pasturas (Pezo *et al.*, 1992). Esto se debe a que los pastos y forrajes constituyen la opción más económica para la alimentación de estas especies y no compiten directamente con la alimentación del hombre; pues generalmente se utilizan tierras poco productivas o no aptas para otros cultivos (Cruz, Guevara, Pereda, Muñoz, & Tamayo, 2012)

Pero una industria bovina no se hace competitiva por el solo hecho de basar la alimentación de sus animales en el pastoreo. Para ello se requieren forrajes de alta calidad nutricional. Esto implica que los animales deben consumir pasturas que contengan adecuados niveles de nutrientes de alta digestibilidad y que sean eficientemente utilizados para la deposición de tejidos o la producción de leche. De allí que la calidad nutricional de los forrajes debe medirse como el producto del contenido de nutrientes, el consumo y la digestibilidad, todo lo cual, en última instancia se verá reflejado en el comportamiento productivo de los animales. De esta manera, la calidad

nutricional de un forraje también podría leerse como la capacidad de cubrir las demandas nutricionales de los animales. Así, el valor nutricional de un forraje no depende solamente de las características intrínsecas del forraje en sí, sino además, de los animales a los que se les ofrece. Esto significa que un forraje que puede ser bueno para una vaca seca y gestante podría resultar inadecuado para una vaca en producción un novillo en levante (Correa, 2008)

En los últimos años en la mayoría de los países de América tropical el deterioro de los pastizales se hace notable y alcanza aproximadamente el 50 % de la superficie pastable (Blanco, 1991; Bo-tero; 1997, ICA, 2000). Esto ha traído como consecuencia un descenso importante en los indicadores económicos y de producción (Cruz, Guevara, Pereda, Muñoz, & Tamayo, 2012)

Considerando la heterogeneidad de las condiciones donde se desarrolla la ganadería en el mundo, se plantea la necesidad de poseer una amplia estructura de especies y variedades de pastos, que posibilite una buena conversión de los insumos aplicados y vida útil de los pastizales mejorados, que compense el gasto de las inversiones de siembra y mantenimiento (Cruz, Guevara, Pereda, Muñoz, & Tamayo, 2012).

Instituciones científicas y de extensión rural y transferencia tecnológica en varias regiones del mundo trabajan en el mejoramiento, la introducción y evaluación de germoplasma forrajero para las distintas condiciones donde se realiza la actividad

ganadera, mostrando resultados alentadores en el mejoramiento de las praderas en estos lugares (Hutton, 1978; Harrison, 1986).

En el Ecuador la empresa privada relacionada a la importación de insumos para el sector agropecuario se ha convertido en el organismo de introducción del germoplasma forrajero; sin embargo estos materiales no han sido validados para las condiciones de nuestro país, por lo que el éxito o fracaso de quien los usa se convertido en una cuestión de suerte.

El objetivo de esta investigación es determinar la caracterización bromatológica y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de quince variedades de pastos de la Sierra Ecuatoriana, para lo cual se llevara a cabo el análisis de un banco de datos desarrollados como macro proyecto del año 2009 al 2010 por la ESPE sobre la evaluación agronómica y nutricional de distintas variedades de gramíneas y leguminosas forrajeras.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo General

Determinar la caracterización bromatológica y digestibilidad in vitro de la materia seca de quince variedades de pastos de la Sierra Ecuatoriana.

1.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la digestibilidad in vitro de la materia seca de las diferentes variedades de pastos
- Determinar el efecto de la época del año sobre la valoración nutricional de los forrajes evaluados.
- Estimar el potencial de producción de las pasturas evaluadas mediante el uso de ecuaciones de predicción

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Métodos para la evaluación nutricional de forrajes

(Correa, 2008), dice que muchas son las fracciones nutricionales y los compuestos químicos que se pueden analizar en un forraje. Sin embargo, el tipo de análisis que se solicite para una muestra de forraje va a depender del uso que se le vaya a dar a dicha información. Así, este análisis puede ser tan simple como establecer si un solo componente nutricional es deficiente en el forraje hasta la necesidad de estimar un balance nutricional completo, en el que la determinación del contenido de nutrientes es solo una parte de la información necesaria.

Para un mismo componente químico se pueden utilizar diferentes métodos de análisis. De allí que sea importante que en tales casos el análisis esté acompañado de la metodología utilizada para poder hacer comparaciones válidas.

2.1.1. Materia seca

La materia seca (MS) es el análisis más simple que se puede realizar sobre un forraje y se cuantifica como el residuo que queda luego de extraer el agua a la muestra. Aunque no es un análisis químico en sí, es necesario para una adecuada caracterización de los componentes nutricionales de los forrajes ya que estos deben expresarse en base a la MS para hacer comparaciones válidas y realizar el balance de nutrientes (Cherney, 2000). Existen muchos métodos para la determinación de la MS. En el caso de forrajes frescos los métodos oficialmente aprobados implican un secado previo parcial a 55 ó 60 °C durante 12 h y el molido de la muestra. Esta muestra luego puede ser sometida a diferentes procedimientos: el secado a 100°C en estufa al vacío (1.3×10^4 Pa) durante 5h, el secado en estufa de aire forzado a 105°C por 16 h, a 125°C por 4 h ó a 135oC por 3 h (AOAC, 1995). El secado en horno microondas es un método no oficialmente recomendado por la AOAC pero si por la NFTA (Undersander *et al.*, 1993) y consiste en el secado de una muestra de forraje de entre 100 y 200 g en un horno microondas de 600 watts durante cuatro a cinco ciclos de 3 min y varios ciclos de 1 min hasta alcanzar el peso constante de la muestra residual. En el caso de ensilajes, debido al alto contenido de compuestos volátiles que se pueden perder con los procedimientos para forrajes frescos, se emplea la destilación con tolueno como el método preferido para estimar la MS (Undersander *et al.*, 1993). También se han desarrollado algunos

procedimientos para establecer el contenido de agua por métodos cromatográficos en forrajes fermentados (Fenton *et al.*, 1981).

2.1.2. Cenizas y Materia Orgánica

El residuo que queda luego de incinerar la muestra en una mufla a 600°C durante 2 horas (AOAC, 1995), corresponde al contenido de cenizas. La fracción que desaparece durante la combustión corresponde a la Materia Orgánica (MO). El contenido de cenizas de un forraje no aporta información sobre minerales específicos, pero es un paso intermedio para determinar el contenido de minerales en la muestra.

2.1.3. Proteína Cruda

El método comúnmente utilizado para determinar el contenido de proteína cruda (PC) en muestras de alimentos es el de Kjeldahl (Cherney, 2000; Galylean, 1997) el cual es muy preciso y confiable. Este método realmente no determina el contenido de proteína de la muestra, si no el de N en un procedimiento que comprende tres pasos: 1) digestión de la muestra durante 2 a 3 h en ácido sulfúrico a 350°C utilizando sulfato de potasio o de cobre (o una mezcla de los dos) como catalizador dando como resultado la formación de sulfato de amonio, 2) adición de NaOH fuerte a la solución digerida para la formación NH_4OH el cual es calentado y destilado en una solución de ácido bórico para retener el amonio y, 3) titulación del NH_4OH con un ácido estándar (HCl ó ácido sulfúrico) al que se le adiciona un indicador (Galylean, 1997).

No obstante la precisión y confiabilidad del método Kjeldahl, este presenta varias desventajas que incluyen el hecho de requerir mucho tiempo y generar residuos

peligrosos. Esto ha generado la necesidad de trabajar métodos alternativos. Entre estos, el método Dumas parece convertirse cada día en la mejor alternativa. En este método la muestra es quemada en una atmósfera rica en oxígeno con lo que se genera gas nitrógeno el cual es medido por conductividad térmica (Galyean, 1997). Este es un método rápido (tarda entre 3 y 4 minutos por muestra) que no genera residuos peligrosos y de menor costo que el Kjeldahl. Tanto el método Kjeldahl como el Dumas cuantifican el contenido de N total de la muestra y mediante un factor de conversión (FC) este es traducido en términos de proteína cruda. El cálculo del factor de conversión se basa en la concentración de N en las proteínas de la muestra bajo el supuesto de que todo el N en la muestra hace parte de proteínas ($FC = 100/N\%$) pero, dado que las proteínas están constituidas de aminoácidos, el cálculo realmente corresponde al promedio del contenido de N en los aminoácidos. Este contenido, sin embargo, es variable encontrándose valores tan bajo como 7.73% en la tirosina y 8.4% en la fenilalanina hasta 24.1% en la arginina y 26.9% en la histidina. De esta manera, dependiendo de la proporción de uno u otro aminoácido en las proteínas de la muestra, el porcentaje promedio de N cambia. Esto implica que, en principio, para cada tipo de alimento se debería tener un factor de corrección en función de su contenido de aminoácidos, siendo menor en alimentos con una alta proporción de aminoácidos con alto contenido de N y siendo mayor en alimentos con alta proporción de aminoácidos con bajo contenido de N. A pesar de ello, es común que en el caso de los forrajes se utilice de manera genérica un solo factor de conversión (6.25) presumiendo que el contenido de N en las proteínas de este tipo de alimento es del 16% ($6.25 = 100/16$) (Cherney, 2000). El porcentaje de N en los forrajes, sin embargo, no es constante y puede ser más bajo que 16% como se desprende de los datos de Echeverri y Parra

(2001) en pasto kikuyo en los que este valor es de 13% implicando que el factor de corrección debería ser de 7.72 y no de 6.25. La proporción de aminoácidos en un mismo forraje además, cambia con la edad y el nivel de fertilización de N como los muestran también los datos publicados por Echeverri y Parra (2001) en pasto kikuyo. Estos datos permiten calcular que mientras que la arginina representó el 3.8% de los 16 aminoácidos analizados en una muestra con 14.4% de PC este mismo aminoácido correspondió al 4.7% de los aminoácidos analizados en una muestra con 17.8% de PC.

Otro aspecto que hace problemática la determinación de la PC en los alimentos es que el supuesto de que todo el N de la muestra hace parte de proteínas no es correcto. En el caso de los forrajes una proporción importante del N hace parte de compuestos nitrogenados de bajo peso molecular tales como peptidos, aminoácidos libres, ácidos nucleicos, aminos, amidas y amonio (NRC, 2001), y que en su conjunto se conoce como Nitrógeno No Proteico (NNP). De por sí, el dato de PC como tal aporta una idea muy vaga sobre la calidad nutricional de la proteína de los forrajes más aún si se trata de forrajes con alto contenido de PC o ensilados (Cherney, 2000). De allí que se hallan desarrollado métodos que permiten establecer el valor de la proteína de los alimentos para rumiantes en términos de su utilización ruminal y posruminal (Licitra *et al.*, 1996) y que se han incorporado en modelos tales como el Sistema de Carbohidratos y Proteína Neta de Cornell (SCPNC) (Sniffen *et al.*, 1992).

2.1.4. Fracciones de proteína

Licitra *et al.* (1996) desarrollaron un procedimiento *in vitro* ajustado al SCPNC para describir la proteína de los alimentos en cinco fracciones: A, B1, B2, B3 y C. La

fracción A corresponde al NNP y es estimada químicamente como la proporción de la PC que es soluble en una solución tampón de borato-fosfato sin que se precipite en una solución de ácido túngstico. La fracción B1 se calcula como el porcentaje de la PC total que es soluble en la solución tampón de borato-fosfato pero que se precipita en la solución de ácido túngstico. Una porción de la proteína cruda de los forrajes se encuentra ligada a la fibra en detergente neutro (NIDN) y otra, más baja, a la fibra en detergente ácido (NIDA). En el SCPNC, la fracción B3 se calcula como la diferencia entre el NIDN y el NIDA. La fracción B2 es calculada como la diferencia entre la PC total del alimento y la suma de las demás fracciones mientras que la fracción C corresponde al NIDA.

2.1.5. Extracto Etéreo

El extracto etéreo (EE) hace referencia a un grupo de compuestos lipídicos que son insolubles en agua pero solubles en éter, cloroformo o benceno (Maynard *et al.*, 1979). El EE en los forrajes está compuesto fundamentalmente por triacilglicéridos en las semillas y galactolípidos y fosfolípidos en las hojas (Van Soest, 1994). El método oficial utiliza éter dietílico para disolver todos los compuestos liposolubles presentes en la muestra (AOAC, 1995). Previamente tanto la muestra colocada en el dedal como los beakers, deben ser puestos a secar a 100°C durante al menos 5 horas y 1 hora, respectivamente. Posteriormente, se adiciona el éter, se instalan los beakers y los dedales con las muestras en el extractor, el cual se activa y se deja en funcionamiento durante cerca de 16 horas trabajando a una tasa de extracción de 2 a 3 gotas por segundo. Posteriormente el éter es evaporado y al residuo resultante se le denomina el extracto etéreo. Un limitante de esta técnica es que además de extraer ácidos grasos,

también incluye compuestos que se disuelven en éter pero tienen baja digestibilidad como son las ceras y los aceites esenciales (Galyean, 1997). Esta es la razón por la que Weiss *et al.* (1992) calculan la digestibilidad de las grasas no a partir del contenido de EE si no a partir del contenido de ácidos grasos (AG) ($AG = EE - 1$).

2.1.6. Carbohidratos no estructurales

Los carbohidratos no estructurales (CNE) son la energía de reserva para el rebrote de las plantas (Tejos, 1996) y se localizan preferentemente en las raíces y tallos basales de las gramíneas (Botrel y Gomide, 1981). Estos se hallan conformados por azúcares solubles e insolubles como monosacáridos (glucosa y fructosa), disacáridos (sacarosa y maltosa) y polisacáridos (almidones y fructosazas) (Smith, 1973). El valor nutricional de estos carbohidratos reside en que son la fuente de energía de rápida disponibilidad para el crecimiento de los microorganismos ruminales (Lee *et al.*, 2002; Miller *et al.*, 1999) de tal manera, que su contenido está relacionado con la eficiencia en la utilización de la PDR para la síntesis de proteína microbiana (Montoya *et al.*, 2004).

El contenido de carbohidratos solubles en agua puede ser determinado espectrofotométricamente, luego de la extracción en agua y ácido perclórico, utilizando anthrone preparada en ácido sulfúrico y haciendo la lectura en un analizador calibrado con fructosa (Thomas, 1977; Olvera *et al.*, 1993). También pueden ser analizados por un método espectrofotométrico basado en la reacción de ácido sulfúrico y fenol con los carbohidratos (Dubois *et al.*, 1956).

El contenido de almidón es determinado luego de lavar la muestra con etanol al 80% para remover los azúcares. Una vez extraído, el almidón puede ser analizado por

un método enzimático, gravimétrico o polarimétrico (McClements, 2000). De estos, el método enzimático es el más preciso y se basa en la digestión selectiva de la amilasa y la amilopectina por una amilo-glucosidasa (Van Eys *et al.*, 2004). En este método el almidón extraído es posteriormente gelatinizado, solubilizado e hidrolizado con una amilasa. La gelatinización se obtiene luego de añadir agua destilada a la muestra y someterla a una temperatura de 124°C durante 90 minutos en autoclave a 14 atm de presión. Posteriormente la muestra es enfriada y se le adiciona una solución tampón de acetato y el kit enzimático (NAD, ATP, hexoquinasa, glucosa-6-P, iones de Mg, tampón y estabilizadores no reactivos) y se deja reaccionar en una estufa a 60°C durante 24 h. Luego se deja reposar, enfriar y se centrifuga a 1000 g x 10 min para obtener el sobrenadante, en el cual se determina la concentración de glucosa. Para ello es necesario preparar una curva estándar a partir de glucosa diluída en varias concentraciones (0, 50, 100, 200, 300, 400 y 800 mg de glucosa por gramo de muestra). La lectura se realiza en un espectrofotómetro a 340 nm (Galyean 1997; Van Eys *et al.*, 2004).

2.1.7. Carbohidratos estructurales

El residuo que resulta de someter una muestra de alimento a la digestión con una solución neutra (pH 7.0) de lauril sulfato de sodio y EDTA, es denominada la fibra en detergente neutro (FDN) y está conformada principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, presentando cantidades bajas de nitrógeno, minerales y cutina (Van Soest, 1994).

Aunque para algunos autores la determinación de la FDN es la forma más completa de medir el contenido de fibra total de los alimentos (Harris, 1993), debido a que la mayor parte de las pectinas se solubilizan en el detergente neutro, se considera

que este método subestima la fibra total en el caso de los forrajes con alto contenido de pectinas (Van Soest, 1994). Así mismo, en el caso de alimentos que son sometidos a altas temperaturas, una fracción de las proteínas son retenidas en la FDN sobreestimando la fibra total. Por estas razones, la FDN debe ser concebida más como la porción menos digerible de los alimentos (Van Soest 1994) que como una entidad biológica.

2.1.7.1. Hemicelulosa

La hemicelulosa constituye un grupo heterogéneo de polisacáridos cuya composición varía marcadamente entre especies vegetales. Esta es estimada como la diferencia entre la FDN y el residuo resultante de la digestión de la muestra en una solución ácida de detergentes cuaternarios, denominada fibra en detergente ácido (FDA) (Van Soest, 1994). Durante este proceso, sin embargo, también se solubilizan algunas proteínas de la pared celular sobreestimando el contenido de hemicelulosa.

2.1.7.2. Celulosa

Al contrario que en la hemicelulosa, la celulosa presenta un bajo contenido de pentosas estando constituida principalmente por glucosa en enlaces b 1–3 y b 1–4. Es estimada como la diferencia entre la FDA y la lignina en detergente ácido (LDA) (Van Soest, 1994).

2.1.8. Lignina

La lignina es un polifenol con una estructura no definida, que no presenta secuencias repetidas y cuyo tamaño no está bien definido (Ralph, 1996). Se considera

que la lignina es el factor más limitante en la digestibilidad de los forrajes (Jung y Vogel, 1986; Jung *et al.*, 1997, Van Soest, 1994). La manera en que la lignina afecta la digestibilidad de otras fracciones no está completamente comprendida (Van Soest, 1994), sin embargo, parece estar asociada a tipos de enlaces entre la fracción fibrosa y la lignina tales como enlaces cruzados mono y diferulatos, ciclodimeros de p-coumarato y posiblemente enlaces cruzados bencil éster y éter (Casler, 2001; Casler y Jung 2006; Grabber *et al.*, 2004). Existen diversos métodos para determinar el contenido de lignina (Kamstra *et al.*, 1966; Van Soest, 1994; Hatfield y Fukushima, 2005), cada uno de los cuales puede rendir cantidades diferentes. Así, normalmente la determinación mediante ácido sulfúrico al 72% rinde una mayor concentración que con el método del detergente ácido (Lignina en Detergente Ácido, LDA) de Van Soest (1963), siendo este último el más popular (Van Soest, 1994).

2.1.9. Fracciones de carbohidratos

El SCPNC clasifica los carbohidratos en cuatro fracciones en función de su degradación en el rumen (Sniffen *et al.*, 1992): A, B1, B2 y C. La fracción A corresponde a los azúcares mientras que la B1 corresponde a los almidones. La fracción B2 son los carbohidratos estructurales disponibles mientras que la fracción C corresponde a la porción no disponible de los carbohidratos no estructurales. Los carbohidratos no estructurales (CNE) contienen azúcares (Fracción A) y almidones y pectinas (Fracción B1). Los CNE hacen referencia a los carbohidratos solubles en el detergente neutro y se calcula como 100 menos la FDN corregida por PCIDN, la PC, el EE y las cenizas de la muestra. La fracción A se puede calcular como la diferencia entre los CNE y los almidones (Fox *et al.* 2003) o como la diferencia entre los CNE y la

fracción B1 (Sniffen et al 1992). La fracción B1 se determina directamente mediante el análisis de almidones y pectinas (Sniffen et al 1992) pero también como la diferencia entre los CNE y los azúcares (Fox et al 2003). La fracción B2 se determina como la diferencia entre la FDN libre de cenizas con la fracción C de la FDN y las proteínas asociadas a la FDN ($B2 = FDN - \text{lignina} \times 2.4 - \text{NIDN} \times 6.25$). La fracción C se calcula como el contenido de lignina (determinada en ácido sulfúrico al 72%) multiplicado por 2.4.

2.1.10. Minerales

Las técnicas para determinar el contenido de minerales en muestras de alimentos, se basa en características físico-químicas tales como la baja volatilidad, la electronegatividad, su habilidad para reaccionar con agentes químicos específicos y generar cambios medibles, y su espectro electromagnético individual. De allí que las técnicas más adecuadas se basen en espectrofotometría, absorción atómica y espectroscopia de emisión. Sin embargo, para ciertos minerales se emplean métodos gravimétricos y con electrodos selectivos (McClements, 2000)

En los métodos gravimétricos, el mineral que se va a analizar se hace precipitar en la solución al añadir compuestos con los que se forman complejos insolubles. El precipitado es separado de la solución por filtración, luego es lavado, secado y pesado. La cantidad de mineral en la muestra se establece a partir del peso del complejo químico precipitado. Este método es utilizado para determinar Cl (McClements, 2000)

La espectrofotometría se basa en la medición de la absorción de una determinada longitud de onda (ultravioleta, visible o infrarroja) por un compuesto presente en una solución (Galyean, 1997). Este método es utilizado para determinar la concentración de fósforo. Para ello este mineral se hace reaccionar con molibdo-vanadato para generar un complejo que absorbe luz a 400 nm (Galyean, 1997; (McClements, 2000); Van Eys *et al.*, 2004).

La concentración de minerales como el K^+ , Na^+ , Li^+ y Ca^{2+} en solución se puede establecer utilizando electrodos selectivos. En esta técnica dos electrodos (uno de referencia y otro selectivo) son introducidos en la solución que contiene el mineral disuelto. El voltaje que fluye a través de los electrodos va a depender de la concentración del mineral de tal manera que teniendo una curva de calibración previa del voltaje a través de concentraciones conocidas del mineral, se puede establecer la concentración de este en la muestra problema (McClements, 2000). La determinación de la concentración de minerales por espectroscopia atómica es más sensible, específica y rápida que los métodos convencionales, razón por la cual esta técnica está reemplazando a las demás (McClements, 2000).

La espectroscopia de absorción atómica se basa en la absorción de radiación UV – visible por átomos libres en estado gaseoso. Las cenizas de la muestra de alimento son disueltas en una solución acuosa que es calentada para vaporizar y atomizar el mineral. Un haz de radiación se hace pasar a través de la muestra atomizada y la radiación absorbida es medida en la longitud de onda correspondiente al mineral que se está analizando. La información sobre el tipo y la concentración del mineral se obtiene al

establecer la ubicación y la intensidad del pico en el espectro de absorción (Galyean, 1997; McClements, 2000).

La espectroscopia de emisión atómica se basa en la emisión de radiación de una muestra. Para ello la muestra se somete a una temperatura lo suficientemente alta como para evaporar el solvente y hacer que una cierta proporción de los átomos pasen a un estado gaseoso y alcancen un estado excitado (Galyean, 1997; McClements, 2000). Cuando los electrones de estos átomos regresan a al estado normal, emiten una onda de UV o luz visible que es proporcional a la concentración del elemento en la muestra (Galyean, 1997)

2.2. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD

Según (Correa, 2008), la composición nutricional de un alimento es solo un indicativo del contenido de estos pero no de su disponibilidad. La digestibilidad es una medida de la disponibilidad de las fracciones nutricionales de un alimento y corresponde a la proporción del alimento consumido que no es excretado en las heces (Galyean, 1997; Rymer, 2000). No es una medida de las fracciones absorbidas puesto que dos tipos de errores aparecen en la estimación de la digestibilidad. Primero, los gases (principalmente metano) que se producen durante la fermentación de los carbohidratos no aparecen en las heces pero tampoco se absorben si no que se eliminan con el eructo y, segundo, en las heces aparecen compuestos endógenos que no corresponden a fracciones no digeridas de los alimentos consumidos. De allí que a esta medida se le denomine digestibilidad aparente (McDonald *et al.*, 1995).

Ha sido estimado que entre el 25 y el 50% de la variación en la respuesta productiva de los animales a los forrajes que consumen se debe a su digestibilidad (Mertens, 2000).

Aunque esta puede ser medida en los animales de manera más segura que el consumo, tanto las características de los animales como la metodología empleada tienen un impacto significativo sobre las mediciones obtenidas. Existen varios métodos para determinar la digestibilidad de los alimentos que se pueden agrupar en métodos *in vivo*, *in vitro* y ecuaciones de predicción.

2.2.1. Métodos *in vivo*.

Estos métodos involucran el uso de animales para la determinación de la digestibilidad total o parcial.

2.2.1.1. Digestibilidad total

En el caso de la digestibilidad total se emplean animales en jaulas individuales o animales en pastoreo suplementados con marcadores indigeribles. El manejo de animales en jaulas es tedioso, engorroso y demanda mucho tiempo: es necesario recoger y pesar las heces y registrar de manera precisa el alimento ofrecido y rechazado durante varios días consecutivos. Debido a que los animales permanecen en condiciones de estabulación, los resultados generados no necesariamente son extrapolables a las condiciones que predominan en pastoreo (Cordova *et al* 1978; Galyean, 1997; Schneider y Flatt 1975).

Los marcadores presentan ventajas sobre la técnica convencional debido a su simplicidad y bajo costo y al hecho de poder ser utilizados con animales en pastoreo. Para el estudio de la digestibilidad se han empleado marcadores internos indigeribles que son recuperados en las heces tales como la FDN indigerible, la FDA indigerible, la lignina, alcanos de cadena larga e impar, cromógenos vegetales, el sílice y la cenizas insolubles en ácido (Berchielli *et al.*, 2000; Córdova *et al.*, 1978; Rymer, 2000). La estimación de la digestibilidad mediante esta técnica se calcula a través de la siguiente ecuación (Schneider y Flatt, 1975):

$$\text{Digestibilidad}_{(\%MS)} = 100 - 100 \times \frac{\% \text{ del marcador interno en la MS del alimento}}{\% \text{ del marcador interno en la MS de las heces}}$$

2.2.1.2. Digestibilidad parcial.

Los alimentos consumidos por los rumiantes son digeridos en diversos tramos del tracto gastrointestinal generando diferentes productos cuya disponibilidad y utilización por el animal hospedado depende del sitio y la extensión de la digestión. De allí que sea importante el estudio de la digestibilidad parcial de los alimentos en los rumiantes en función del sitio de la digestión (Merchen *et al.*, 1997). Este tipo de estudios se han concentrado en el rumen y el tracto posruminal para lo cual se utilizan animales canulados en el rumen y en el duodeno (Stern *et al.*, 1997).

2.2.1.2.1. Digestibilidad ruminal *in situ*.

Esta técnica se basa en la incubación ruminal de bolsas de nilón durante varios tiempos conteniendo muestras del alimento a evaluar. Cumplido el tiempo de

incubación en el rumen, las bolsas son retiradas, lavadas y puestas a secar para obtener el residuo en el cual se determina la MS y la (s) fracciones químicas a las que se les desea determinar su degradabilidad ruminal. La diferencia entre el material incubado y el material recuperado en las bolsas, se presume que corresponde al material degradado (Orskov, 2000).

Con los datos de degradación se calculan los parámetros de la cinética de degradación ruminal para lo cual se han descrito y evaluado diversos modelos matemáticos (Bach *et al.*, 1998; López *et al.*, 1999; Naranjo *et al.*, 2005).

Entre estos el más utilizado ha sido el de Orskov y McDonald (1979) el cual describe tres parámetros para estimar la degradabilidad ruminal (DR) a un determinado tiempo t ($DR = a + b*(1 - \exp(-kd*t))$): la fracción soluble (fracción a) que se presume rápida y totalmente degradable en el rumen; la fracción potencialmente degradable (fracción b) cuya degradación en el rumen depende de la constante de la cinética de degradación ruminal (kd), el cuales el tercer parámetro estimado con este modelo. La presencia de un tiempo de retraso inicial antes de que la degradabilidad ruminal de la fracción b se incremente (tiempo lag), obliga a la estimación de este cuarto parámetro. Para ello se han utilizado diversos modelos (López *et al.*, 1999) entre los que se destaca el de (McDonald, 1981) ($DR = a + b*(1 - \exp(-kd*(t - lag)))$). Debido a la falta de sentido biológico del término lag en este modelo, ha sido propuesto el de Mitscherlich I (Kiviste *et al.*, 2002) ($DR = a + b*(1 - \exp(-kd*t))$) como un modelo más ajustado para explicar este tipo de fenómenos digestivos. El parámetro i en este modelo indica en punto de inflexión de la curva (Naranjo, 2005). No todo el alimento que ingresa al

rumen se fermenta completamente ya que una parte escapa a la degradación ruminal. La degradabilidad efectiva en el rumen (DE) depende de la fracción a , la fracción b , la kd y la constante de la cinética del pasaje ruminal (kp), y se calcula con la siguiente ecuación (McDonald O. y., 1979): $DE = a + b * (kd/(kd + kp))$.

Un error que frecuentemente es cometido en el cálculo de la degradabilidad efectiva es el de la interpretación y utilización de las constantes kd y kp ya que muchos autores las asumen como velocidades o tasas de degradación y de pasaje, respectivamente. El análisis matemático de dichos parámetros permite concluir que realmente se trata de la relación constante entre la aceleración y la velocidad de degradación (kd) y de pasaje rumiunal (kp), respectivamente (Correa, 2005).

Así, bajo este análisis la propuesta de Orskov y McDonald (1979) para estimar la DE es incorrecta y se requiere de otra aproximación diferente para calcular correctamente la DE.

2.2.1.2.2. Digestibilidad pos-ruminal

El estudio de la digestibilidad posruminal *in vivo* del alimento no degradado en el rumen, implica el uso de animales quirúrgicamente canulados en el abomaso (Emanuele *et al.*, 1991) y/o en el duodeno y el uso de bolsas móviles de nilón (Emanuele, 1990, 1991))

Esta técnica implica la estimación previa de la degradación de la muestra del alimento en el rumen durante un periodo de 24 h utilizando bolsas de nilón.

Posteriormente, el residuo es empacado en bolsas de nilón de menor tamaño e incubado en el abomaso para ser recuperadas en las heces. Sin embargo, debido al bajo porcentaje de recuperación de estas bolsas al quedarse retenidas en el abomaso, esta técnica ha sido abandonada (Emanuele, 1991). En lugar de utilizar animales con cánula abomasal se emplean animales con cánula duodenal. En este caso los residuos recuperados de la incubación ruminal, también son empacados en bolsas de nilón pequeñas e incubados durante 1 h en una solución de HCl-Pepsina para simular la digestión abomasal. Posteriormente son incubadas en el duodeno y recuperadas en las heces. Como una alternativa al uso de animales con cánula duodenal, se han evaluado algunos modelos biológicos tales como gallos (Gerber, 2000) y más frecuentemente, cerdos en levante (Monsalve, 2004); (Mustafa, 2000) con buenos resultados.

2.2.2. *In vitro*.

Debido a que los métodos *in vivo* para estimar la digestibilidad parcial implican el uso de animales quirúrgicamente modificados que son costosos y exigentes en su manejo y cuidado, se han utilizado técnicas alternativas *in vitro*. Estas se pueden agrupar entre aquellas técnicas basadas en inóculos ruminales y métodos enzimáticos.

2.2.2.1. Técnicas basadas en inóculos ruminales.

Las técnicas *in vitro* más comúnmente utilizadas en la evolución de la digestibilidad de alimentos para rumiantes, se basan en la incubación de la muestra durante cierto tiempo en un frasco con inóculo ruminal en un medio anaerobio y tamponizado.

La técnica de Tilley y Terry (1963) ha sido el método *in vitro* de referencia para los laboratorios de bromatología en el mundo (Mabjeesh *et al.*, 2000) con modificaciones según el alimento a evaluar (Michalet-Doreau., 1988)

El inóculo ruminal se obtiene de líquido ruminal extraído a través de sonda esofágica o de animales canulados. El líquido ruminal se pasa por varias capas de gasa y es diluído (20 : 80) en una solución salina, saliva artificial o en una sustancia tamponizante (Stern *et al.*, 1997). El inóculo ruminal es colocado luego en un tubo de ensayo (de 50 ml) al que se le agrega una pequeña cantidad de la muestra (~0.5 g), es gaseado con dióxido de carbono, posteriormente es sellado con la válvula de Bunsen y puesto a incubar durante 48 h a 39°C en baño maría con agitación manual cada 12 horas. Al menos tres tubos blancos (sin muestra) son puestos a incubar simultáneamente. Pasado este tiempo se sacan los tubos del baño, se les retiran las válvulas y se les añade ácido clorhídrico 3N (6 ml) y pepsina (2 ml). Esta mezcla es agitada y puesta a incubar por 24 a 39°C en baño maría. Al final de la incubación, el contenido de los tubos se filtra en papel filtro previamente secado y tarado obteniéndose el peso del residuo (y del blanco) (Galyean, 1997; Llamas y Tejada, 1990). La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) es calculada, entonces, con la siguiente formula:

$$\text{DIVMS, \%} = \frac{(\text{Peso muestra seca} - (\text{Peso residuo} - \text{Peso del blanco}))}{100} / (\text{Peso muestra seca})$$

Van Soest *et al.*, (1966) desarrollaron un método alternativo consistente en la incubación de la muestra con líquido ruminal durante 48 h a 39°C como se describió en la técnica de Tilley y Terry (1963), pero en lugar de hacer la incubación en HCl-Pepsina, el residuo obtenido es tratado con una solución neutro-detergente durante 1 h a 100°C. Esto hace del método de Van Soest *et al.*, (1966) un procedimiento más rápido sin que se afecte la precisión del análisis (Van Soest, 1994).

La técnica de producción de gases es otro método *in vitro*. En este, la degradación del alimento se evalúa midiendo el volumen del gas generado durante la fermentación (Theodorou *et al.*, 1994) para lo cual se utilizan jeringas de vidrio o transductores de presión. Se han desarrollado sistemas semiautomáticos y sistemas automáticos para el trabajo de esta técnica en el laboratorio (Posada y Rosero, 2005). Uno de los problemas más importantes en la aplicación de esta técnica es el hecho de que la cantidad de gas producido depende de la proporción molar los ácidos grasos volátiles producidos durante el proceso de fermentación (Stern *et al.*, 1997). Por ello algunos autores (Schofield and Pell, 1995) sugieren que es necesario monitorear la proporción de estos ácidos grasos para corregir estas diferencias.

Aunque la evaluación *in vitro* de los forrajes mediante el uso de inóculos de microorganismos ruminales presenta probablemente el mejor cálculo hecho en laboratorio sobre la digestibilidad *in vivo*, los ensayos *in vitro* requieren una fuente uniforme y confiable de inóculo ruminal que a menudo es difícil de obtener, además de la variabilidad del inóculo (Arce *et al.*, 2003). De allí que los métodos de fermentación en cultivo continuo se constituyan en una alternativa a los métodos sin intercambio de

sólidos y líquidos como el de Tylley y Terry (1963) y el de Van Soest *et al.*, (1966). Estos sistemas simulan el ambiente ruminal y también se basan en el uso de inóculos ruminales que, en este caso, son mantenidos mediante el bombeo continuo de una solución tampón. El flujo del líquido se establece por su salida a través de un filtro. El material sólido se administra en dosis repartidas en el tiempo (Hoover *et al.*, 1976; Teather y Sauer, 1988) o mediante introducción escalonada en bolsas de nylon, como en el Rusitec (Czerkawski y Breckenridge, 1977). Las ventajas de estos sistemas residen en su bajo costo y menor variación entre las unidades experimentales. Adicionalmente, no se presentan dificultades por la presencia de fuentes endógenas como en las pruebas *in vivo*, y el flujo de la digesta es medido directamente (Stern *et al.*, 1997).

2.2.2.2. Técnicas basadas en enzimas

A diferencia de las técnicas *in vivo* o *in vitro* basadas en el uso de inóculos ruminales, las técnicas enzimáticas tienen la ventaja de ser completamente independientes de los animales, lo que les confiere menor variación haciendo de estas unas técnicas fáciles de estandarizar. La desventaja de estas técnicas reside en que la actividad enzimática en el laboratorio es incompleta cuando se compara con la del ambiente ruminal, limitando la validez de los resultados obtenidos (Stern *et al.*, 1997).

El uso de celulasas para estimar la digestión de la MS o la materia orgánica en alimentos para rumiantes, es la técnica enzimática más importante. Las celulasas más efectivas para solubilizar la MS y predecir la digestibilidad *in vivo* de los forrajes ha sido una mezcla de enzimas fibolíticas obtenidas de *Trichoderma spp* (Broderick y Cochran, 2000; Jones y Theodorou, 2000). Celulasas obtenidas de

Basidiomicete, *Rhizopus* spp., *Aspergillus Níger* y *Penicillium funiculosum* también han sido utilizadas con estos fines (Arce *et al.*, 2003; Jones y Theodorou, 2000).

El principal inconveniente con las técnicas enzimáticas se halla a la variabilidad en la actividad de las enzimas debido al bache y a la fuente de la enzima (Adesogan, 2000). Esta variabilidad, sin embargo, se puede reducir al utilizar estándares de referencia o por establecer ecuaciones de regresión de la digestibilidad de la celulosa sobre la cantidad de celulosa utilizada como sustrato (De Boever *et al.*, 1988).

2.3. MÉTODOS PARA ESTIMAR EL CONSUMO.

Según Correa (2008), el consumo y la digestibilidad no son variables independientes y, por el contrario, se hallan estrechamente relacionadas (Mould, 2002). De esta manera, cuando los datos de digestibilidad son combinados con los de consumo, es posible predecir de manera más precisa el valor nutritivo del alimento y, por lo tanto, la capacidad productiva del mismo (Galyean, 1997).

Debido a su importancia, desde principios del siglo pasado, se han estado ideando y modificando métodos para estimar el consumo de materia seca (CMS) en bovinos bajo pastoreo con el objetivo de superar los inconvenientes metodológicos de los métodos anteriores y aumentar la precisión en la estimación de esta variable (Berrio y Correa, 1992).

Existen numerosas revisiones sobre los métodos desarrollados para estimar la cantidad de forraje que los animales consumen de la pradera (Berrio y Correa, 1992;

Cordova *et al.*, 1978; Chávez *et al.*, 1981; Garrigus y Rusk, 1939; Lippke, 2002; Mejía, 2002; Minson, 1981; Schneider y Flatt, 1975). Todos los autores coinciden en que ningún método desarrollado hasta el presente cuantifica con exactitud el consumo de forraje por rumiantes bajo condiciones de pastoreo.

2.3.1. Método de la diferencia en el peso vivo.

En este método el animal es pesado antes y al final del periodo de pastoreo durante el cual las heces y la orina son recogidas y pesadas por asistentes (Garrigus y Rusk, 1939). El CMS es estimado como el peso final más el peso de las heces y la orina, menos el peso inicial del animal. Este método fue posteriormente mejorado al calzar los animales con botas que incluyen transductores de presión para detectar cambios en el peso y relacionarlos con el CMS (Minson, 1990).

2.3.2. Método de la diferencia agronómica.

Fue uno de los primeros métodos utilizados para estimar el CMS de forrajes por rumiantes en pastoreo (Garrigus y Rusk, 1939). Por este método el forraje total ofrecido a un animal en un área determinada es estimado y luego se permite que el animal pastoree el área experimental por 24 h y el material remanente es cortado y pesado asumiéndose que la diferencia entre el material ofrecido y el remanente corresponde al material consumido. Cordova *et al.*, (1978) haciendo referencia a este método, coinciden con Garrigus y Rusk (1938) en señalar que este método genera resultados aproximados debido a los errores en la estimación, sobre todo, del material remanente. Sin embargo, es método que aún se utiliza para estimar el CMS en bovinos en pastoreo (Smit *et al.*, 2005).

2.3.3. Método de la relación de la materia seca.

En este método el coeficiente de digestibilidad de la MS del forraje es determinado primero es una muestra representativa de lo que se espera consuma el animal de una pradera y posteriormente, se estima la MS defecada por el animal (Garrig y Rusk, 1938). Estos dos datos son utilizados para estimar el CMS del forraje según la siguiente ecuación:

$$\text{CMS}_{\text{Kg/vaca/d}} = (100 - \text{Kg de MS fecal}) / (100 - \text{Digestibilidad de MS})$$

(Rusk, 1938) diseñaron y utilizaron por primera vez arneses y bolsas para la recolección total de heces en bovinos bajo pastoreo. Entre las fallas más importantes de este método se resalta la determinación de la digestibilidad en una muestra que puede no ser representativa del forraje que el animal selecciona en la pradera.

2.3.4. Método de los marcadores.

Mientras que los marcadores internos son utilizados para estimar la digestibilidad *in vivo*, los marcadores externos se han utilizado para estimar la producción de heces y estos dos valores se introducen en la ecuación anterior para estimar el CMS.

Los marcadores externos son sustancias indigeribles que se suministran al animal con el propósito de estimar la excreción total de heces en pastoreo. Se han

empleado sustancias tales como el óxido de Cromo, el óxido de Hierro ((Cordova, 1978); (Malossini, 1996); (Lippke, 2002) y elementos raros como el Iterbio, Europiuo, Disproso, Circonio, Lantano e Itrio, entre otros (Penning, 1982).

El marcador se suministra durante varios días antes de realizar la recolección de muestras de heces. Estas muestras se recolectan durante varios días consecutivos, luego de lo cual se mezclan y se obtiene una sola muestra en la que se analiza la concentración del marcador. Estos datos se introducen en la siguiente ecuación para estimar la producción total de MS en las heces:

$$\text{MS fecal, g/d} = (100 \text{ (g del marcador consumido)}) / (\% \text{ marcador en las heces})$$

El limitante más importante de esta técnica se encuentra en la variabilidad en la concentración del marcador en las heces (Malossini *et al.*, 1996) la cual se puede reducir si se incrementa la frecuencia en la dosificación y esta se mantiene constante.

2.3.5. Método del comportamiento ingestivo.

Este método se basa en la cuantificación del tiempo dedicado a pastorear (T), el número de bocados por unidad de tiempo (TB) y el tamaño o peso del bocado (B) (Spedding *et al.*, 1966). Estos valores se introducen en la siguiente ecuación:

$$\text{CMS} = \text{T} \times \text{TB} \times \text{B}$$

(Stobbs, 1973) diseñó un método para medir el tamaño del bocado mediante el uso de animales con fístula esofágica provistos de un tapón de gomaespuma para bloquear el paso del bocado hacia el rumen mientras que Stobbs y Cowper (1972) inventaron un equipo para medir el número de bocados (bocadímetro). Para la medición del tiempo de pastoreo, por otro lado, se han utilizado tacómetros (Gómez, 1984).

Varios artefactos han sido diseñados para monitorear los movimientos de la quijada en rumiantes bajo pastoreo que van desde el interruptor accionado por el movimiento de la mandíbula de Stobbs y Cowper (1972) hasta el sensor acústico utilizado por Delagarde et al (1998) para detectar las características de los sonidos generado durante el consumo de forraje y la rumia.

En este método es difícil estimar adecuadamente el tamaño del bocado debido a la variación en función de la oferta forrajera y la arquitectura de la pradera (Gómez, 1984); Meuret *et al.*, 1985).

2.4. VALOR RELATIVO Y CALIDAD RELATIVA DE FORRAJES

Correa (2008), cita que en vista de que en la calidad nutricional de los forrajes están implicadas diversas variables, ha sido necesario establecer un parámetro que permita clasificar los forrajes por su calidad nutricional (Moore y Undersander, 2002). Es así como se han desarrollado algunos índices tales como el Consumo Estimado de Energía Digestible, el Índice de Valor Nutritivo, el Índice de Calidad Forrajera y el Valor Relativo de los Forrajes (Moore, 1994; Chase, 2002). Cada uno de estos incluye una estimación del CMS y de la energía disponible asumiendo que el forraje fuera la única fuente de nutrientes para el animal. Esto es debido a que tanto el CMS como la

energía disponible son de los principales factores que afectan el desempeño productivo de los animales (Moore y Undersander, 2002).

El contenido de FDN está correlacionado positivamente con la densidad del forraje y el llenado del rumen, de tal manera que un mayor contenido de FDN significa un menor CMS (Mertens, 1985; Belyea *et al.*, 1996). Esto implica que podría existir un límite para el CMS en función de la concentración de FDN de la dieta. Mertens (1985) analizó los resultados obtenidos de varios experimentos y estimó que el consumo diario de FDN osciló entre 1.1 y 1.2 % del peso vivo (PV) del animal. Basado en tales datos, este autor sugirió que el CMS puede ser estimada de manera precisa a partir de la concentración de FDN de la dieta y el peso vivo del animal como $CMS = 1.2/FDN\%$. Aunque muchos trabajos han demostrado que tal afirmación no es correcta, aun se sigue utilizando para estimar el valor nutricional de los forrajes. Así, Kolver y Muller (1998) encontraron que el consumo de FDN correspondió al 1.5% del PV en vacas que solo consumían pasturas. Fulkerson *et al.*, (2006), por su parte, reportaron que este valor osciló entre el 1.6 y 2.2% para el pasto kikuyo y entre 1.5 y 1.6% para ryegrass. Vazquez y Smith (2000) entre tanto, encontraron que en la medida en que la oferta forrajera se incrementa, el consumo de FDN como porcentaje del peso vivo se incrementa significativamente.

El contenido de la FDA, por su parte, se ha correlacionado negativa y significativamente con la digestibilidad de la MS ($r = -0.75$) que la concentración de la FDN (Van Soest *et al.*, 1978), por ello se ha utilizado con más frecuencia para estimar el contenido de energía de los forrajes (Belyea *et al.*, 1996; Weiss, 1998). Van Soest *et*

al., (1978), sin embargo, también reportaron correlaciones altas y positivas entre la FDA y la digestibilidad de la MS. Tal es el caso de *Bromus inermis* y de *Festuca arundinacea* en los que las correlaciones fueron de + 0.37 y +0.99, respectivamente en dos de las evaluaciones reportadas. Laredo y Mendoza (1982), por su parte, encontraron que el aporte que hace la FDA a la estimación de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y a la energía digestible del pasto kikuyo es mínima. Aún así, basados en estas correlaciones, Linn *et al.*, (1989) desarrollaron uno de los índices de calidad de forrajes más utilizado: el Valor Relativo de Forrajes (VRF), el cual es aceptado por la NFTA (Undersander *et al.*, 1993) como el indicador oficial del valor nutritivo de los forraje en los Estados Unidos.

Según estos autores, el CMS máximo es estimado con base en el contenido de FND según la siguiente ecuación: $CMS (\% PV) = 120/(FND(\%MS))$. La digestibilidad de la MS, por su parte, se calcula en función del contenido en FDA: $DMS (\%) = 88,9 - (0,779 \times FAD\%)$. De esta manera, el $VRF = DMS \times CMS/1,29$.

El valor obtenido es un índice que no tiene unidades, pero que permite comparar la calidad (entendida como la capacidad de un forraje de generar una respuesta productiva) de leguminosas, gramíneas y sus mezclas, bien sean en fresco, ensiladas o henificadas (Calsamiglia, 1997); (Undersander, 2002); (Andrade, 2001)

Estos índices han sido utilizados básicamente con fines comerciales y no en modelos nutricionales debido a las debilidades en los supuestos que los sustentan (Moore y Undersander, 2002). En vista de esto, Moore y Undersander (2002) han

propuesto un índice para evaluar el valor nutricional de los forrajes basado en el CMS y los nutrientes digestibles totales (NDT): la Calidad Relativa de Forrajes (CRF).

$$CRF = ((CMS, \% \text{ del PV}) (NDT \% \text{ de la MS}))/1.23$$

En esta propuesta, el CMS es estimado con base en dos ecuaciones dependiendo del tipo de forraje. Así, para forrajes de estaciones cálidas y templadas esta ecuación es (Moore and Kunkle 1999):

$$CMS = -2.318 + (0.442 PC) - (0.0100 PC^2) - (0.0638 NDT) + (0.000922 NDT^2) + (0.180 FDA) - (0.00196 FDA^2) - (0.00529 PC FDA)$$

Los NDT, por otro lado, son estimados con base en la propuesta del NRC (2001).

No obstante las modificaciones que implica el cálculo del CRF frente al VRF, (Undersander, 2002) consideran que este nuevo índice aún no puede hacer parte de modelos nutricionales y solo debe utilizarse para evaluar forrajes con fines comerciales.

3. MÉTODOS

3.1. Factor en estudio y variables en análisis

El factor en estudio fue la especie y dentro de este las variedades

3.1.1. Tipo de la investigación

La presente investigación determino la caracterización bromatológica y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de algunos germoplasmas forrajeros que están en el Ecuador, por lo que permite al ganadero Ecuatoriano tener información sobre las características de estos germoplasma que usa para sus sistemas de producción, tal como lo hace como con un medicamento veterinario. Los datos utilizados en esta propuesta corresponde a información de una investigación científica, de esta manera se detalla la aplicabilidad.

3.1.2. Nivel de la investigación

La investigación fue pensada con la finalidad de:

- Que el ente regulador del Estado tenga data relacionada de algunos germoplasmas forrajeros que se encuentran en Ecuador.
- A la empresa privada que importa germoplasma forrajero datos in situ que permitirán ofertar un producto con referencias de producción..
- A los productores ganaderos en general tener una base que les permita predecir los resultados productivos en campo.

3.1.3. Clase de investigación

Explorativa, descriptiva con la finalidad de obtener datos preliminares sobre el comportamiento bromatológico y nutricional.

3.2. Análisis estadístico

Se utilizó análisis de estadísticas descriptivas.

3.2.1. Variables

Las variables que se analizaron fueron:

- DIVMS
- Ecuaciones de predicción de la Digestibilidad
- Energía metabolizable estimada
- Capacidad de consumo de la materia seca
- Aporte energético del forraje consumido
- Requerimiento Energético cubierto

3.3. Procedimientos experimentales

Análisis de los datos de valor nutritivo de los germoplasmas del estudio:

- Cenizas, método MO-LSAIA-01.02
- Extracto etéreo, método MO-LSAIA-01.03
- Proteína, método MO-LSAIA-01.04
- Fibra, método MO-LSAIA-01.05
- Elementos libres de nitrógeno, método MO-LSAIA-01.06

De los datos anteriores se calcularán los valores de DIVMS, Consumo, Aporte energético. En base al modelo de (Fernández, 2008)

I. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.1. Caracterización bromatológica de 15 variedades de pastos.

Los siguientes cuadros se presentan un resumen con las principales características bromatológicas de las 15 variedades analizadas.

El cuadro 1 se observa que el Ryegrass anual var. Moata tuvo a los 30 días de corte 10,93% PB y 40,78% FDN para la época lluviosa y 11,29% y 57,80% a los 45 días de corte en la época seca. Según Hickey, M., Baxter, G. (1989), El Ryegrass anual va. Moata es una variedad desarrollada en Nueva Zelanda y con un intervalo de cortes de 35 días reporta una PB de 22,6% y una DIV del 79% durante el periodo de otoño/invierno.

Cuadro N° 1 Caracterización bromatológica del Ryegrass anual var. Moata

RYEGRASS ANUAL MOATA	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
HUMEDAD	82,44%	78,61%
MS	17,56%	21,39%
CENIZAS	11,94%	11,91%
EE	3,41%	2,64%
PROTEINA	10,93%	11,29%
FIBRA	20,75%	22,80%
ELN	52,97%	51,36%
FDN	40,78%	57,80%
FDA	25,51%	42,53%
PRODUCCION Kg MS/Ha	1080	1316

El cuadro 2 corresponde al Ryegrass anual Rey Verde. A los 30 días de corte los valores en la época lluviosa se obtuvo los siguientes datos: PB 10,32% y FDN 40,66% y en la época seca después de 45 días desde el último corte se obtuvieron los siguientes datos: 10,86% y 43,85%. Según Bernal, J., (2003) el Ryegrass anual var. Aubade a los 32 días de corte presenta una PB de 28% y FDN de 46,64%, el mismo autor indica que con la edad de corte la PB disminuye la FDN aumenta para este tipo de Ryegrass, obteniéndose a los 60 días de corte los siguientes datos: 12,3% PB y 60,57% FDN.

Cuadro N° 2 Caracterización bromatológica del Ryegrass anual var. Rey Verde

RYEGRASS ANUAL VERDE	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
HUMEDAD	78,29%	76,57%
MS	21,71%	23,43%
CENIZAS	11,65%	10,11%
EE	3,81%	2,81%
PROTEINA	10,32%	10,86%
FIBRA	19,94%	24,03%
ELN	54,28%	52,19%
FDN	40,66%	43,85%
FDA	28,14%	27,19%
PRODUCCION Kg MS/Ha	1114	1202

En los cuadros 3 y 4 corresponden a los Ryegrass bianuales de los materiales evaluados. Los valores de FDN en la época de lluvias a los 30 días de corte y en la época seca a 45 días de corte son: 41,26% y 50,97% para el Ryegrass bianual var. Arroyo y 42,96% y 58,17% para el Ryegrass bianual var. Maverick. Estos valores de FDN son mayores a los de lo Ryegrass anuales, según Leon, R., (2003) esto es por que poseen las ventajas de sus progenitores: Ryegrass inglés y Ryegrass anual Italiano. En

un estudio de Posada S, et al. 2013, el Ryegrass bianual tetraploide obtuvo un 40,8% de FDN a los 35 días de corte, valores que concuerdan con los de este estudio.

Cuadro N° 3 Caracterización bromatológica del Ryegrass bianual var. Arroyo

RYEGRASS BIANUAL ARROYO	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
HUMEDAD	81,35%	79,23%
MS	18,65%	20,77%
CENIZAS	11,38%	12,28%
EE	3,66%	2,95%
PROTEINA	10,73%	12,52%
FIBRA	21,56%	27,12%
ELN	52,67%	45,14%
FDN	41,26%	50,97%
FDA	26,41%	31,59%
PRODUCCION Kg MS/Ha	1297	1444

Cuadro N° 4 Caracterización bromatológica del Ryegrass bianual var. Maverick

RYEGRASS BIANUAL MAVERICK	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
HUMEDAD	79,83%	78,19%
MS	20,17%	21,81%
CENIZAS	11,38%	12,71%
EE	3,41%	3,28%
PROTEINA	9,75%	12,30%
FIBRA	22,29%	25,38%
ELN	53,16%	46,33%
FDN	42,96%	58,17%
FDA	28,41%	46,98%
PRODUCCION Kg MS/Ha	1132	1224

El cuadro 5 corresponde al Ryegrass perenne var. Banquet. Los valores son para PB 11,91% y FDN 44,97% a los 30 días de corte para la época lluviosa y en 14,44% y 61,35% a los 45 días de corte para la época seca. Según Carvajal, E. (2011) un grupo de Ryegrass perennes presentaron a los 30 días de corte en promedio 24,5% PB y 45,2% FDN y a los 45 días de corte en promedio 20,40% PB y 49,3% FDN. Los valores de FDN son muy similares en la época lluviosa sin embargo en la época seca muestran una diferencia de 12 puntos, esto debido a que los resultados de Carvajal son un promedio de varias variedades analizadas.

Cuadro N° 5 Caracterización bromatológica del Ryegrass perenne var. Banquet

RYEGRASS PERENNE BANQUET	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
HUMEDAD	79,54%	79,64%
MS	20,46%	20,36%
CENIZAS	11,70%	12,71%
EE	6,68%	2,75%
PROTEINA	11,91%	14,44%
FIBRA	23,11%	26,77%
ELN	46,60%	43,33%
FDN	44,97%	61,35%
FDA	28,71%	53,92%
PRODUCCION Kg MS/Ha	1216	1210

El cuadro 6 corresponde al Ryegrass perenne var. Gigant. Los valores son para PB 10,70% y FDN 39,73% para la época lluviosa a los 30 días de corte y en 10,83% y 42,77% para la época seca a los 45 días de corte. Según Bernal, J., (2003) el Ryegrass perenne var. Tetrelite a los 35 días de corte presenta una PB de 19,1% y FDN de 49,92%. Los valores de FDN de la variedad Tetrelite a los 35 días de corte citados por

Bernal son superiores a los de la variedad Gigant, debido a que en el caso de esta variedad la medición se la realizó a los 30 días de corte.

Cuadro N° 6 Caracterización bromatológica del Ryegrass perenne VAR. Gigant

RYEGRASS PERENNE GIGANT	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
HUMEDAD	79,31%	76,95%
MS	20,69%	23,05%
CENIZAS	11,43%	10,80%
EE	4,34%	3,21%
PROTEINA	10,70%	10,83%
FIBRA	21,43%	23,14%
ELN	52,11%	52,03%
FDN	39,73%	42,77%
FDA	26,70%	26,50%
PRODUCCION Kg MS/Ha	1101	1227

El cuadro 7 corresponde al Ryegrass perenne var. Kingston. Los valores son para PB 11,26% y FDN 43,91% para la época lluviosa a 30 días de corte y en 14,23% y 65,45% para la época seca a 45 días de corte. Según Posada et al. 2013 un Ryegrass perenne de 35 día de corte presenta una PB de 18,85 y una FDN de 41,5% este último parámetro similar a los datos encontrados en esta variedad a los 30 días de corte.

El cuadro 8 corresponde al Ryegrass perenne var. ONE-50. Los valores son para PB 12,48% y FDN 43,83% a los 30 días de corte para la época lluviosa y en 13,49% y 52,16% a los 45 días de corte para la época seca. Según Demanet, R., (2011) el Ryegrass perenne ONE-50 en estado vegetativo proteína 22% y 28%. Los resultados de FDN son muy similares a los obtenidos por Carvajal, E. (2011) donde a los 30 y 45 días de corte obtuvo 45,2% y 49,3% respectivamente.

Cuadro N° 7 Caracterización bromatológica del Ryegrass perenne var. Kinston

RYEGRASS PERENNE KINGSTON	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
HUMEDAD	78,98%	76,40%
MS	21,02%	23,60%
CENIZAS	11,20%	11,65%
EE	6,26%	3,14%
PROTEINA	11,26%	14,23%
FIBRA	22,13%	25,71%
ELN	49,13%	45,26%
FDN	43,91%	65,45%
FDA	30,83%	54,10%
PRODUCCION Kg MS/Ha	1236	1387

Cuadro N° 8 Caracterización bromatológica del Ryegrass perenne var. ONE-50

RYEGRASS PERENNE ONE-50	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
HUMEDAD	79,37%	77,70%
MS	20,63%	22,30%
CENIZAS	10,61%	11,61%
EE	4,97%	3,45%
PROTEINA	12,48%	13,49%
FIBRA	23,76%	24,97%
ELN	48,19%	46,47%
FDN	43,83%	52,16%
FDA	28,86%	30,47%
PRODUCCION Kg MS/Ha	1180	1276

El cuadro 9 corresponde al Trébol blanco var. Emerald. Los valores para PB son: 15,31% y FDN 46,71% a los 30 días de corte para la época lluviosa y en a los 45 días de corte 25,33% y 38,27% para la época seca. Según Bernal, J., (2003) cita que el Trébol blanco a los 35 días presenta una PB de 25,46% y FDN de 36,54%. Los

resultados en la época seca del trébol Emerald son muy similares a los citados por Bernal tanto para PB como para FDN.

Cuadro N° 9 Caracterización bromatológica del Trébol blanco var. Emerald

TREBOL BLANCO EMERALD	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
HUMEDAD	75,28%	79,83%
MS	24,72%	20,17%
CENIZAS	9,48%	10,54%
EE	3,77%	2,90%
PROTEINA	15,31%	25,33%
FIBRA	21,40%	16,57%
ELN	50,05%	44,66%
FDN	46,71%	38,27%
FDA	24,73%	30,64%
PRODUCCION Kg MS/Ha	1041	850

El cuadro 10 corresponde al Trébol blanco Ladino. Los valores para PB son 12,68% y FDN 43,76% a los 30 días de corte para la época lluviosa y en 26,52% y 50,83% a los 45 días para la época seca. Según Castellán, et al (2008) indica que el Trébol blanco var. Haifa a los 30 días presenta una PB 18% y a los 60 días indica una PB del 14%. Comparado los resultados del trébol blanco variedad Ladino versus los citados por Castellán se ve que existe una similitud en la composición de PB para el corte en la época seca.

El cuadro 11 corresponde al Trébol blanco var. Tribute. Los valores para PB son: 25,05% y FDN 33,07% para la época lluviosa y en 25,75% y 40,43% para la época seca. Según Bernal, J., (2003) cita que el Trébol blanco a los 35 días presenta una PB de

25,46% y FDN de 36,54%. Los resultados del trébol blanco var. Tribute en 30 días de corte son semejantes a los citados por Bernal.

Cuadro N° 10 Caracterización bromatológica del Trébol blanco var. Ladino

TREBOL BLANCO LADINO	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
HUMEDAD	75,24%	83,24%
MS	24,76%	16,76%
CENIZAS	25,13%	12,16%
EE	3,10%	3,05%
PROTEINA	12,68%	26,52%
FIBRA	22,95%	43,39%
ELN	36,14%	14,88%
FDN	43,76%	50,83%
FDA	24,19%	35,49%
PRODUCCION Kg MS/Ha	888	601

Cuadro N° 11 Caracterización bromatológica del Trébol blanco var. Tribute

TREBOL BLANCO TRIBUTE	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
HUMEDAD	83,27%	80,95%
MS	16,73%	19,05%
CENIZAS	9,80%	12,38%
EE	4,87%	3,16%
PROTEINA	25,05%	25,75%
FIBRA	15,71%	17,76%
ELN	44,57%	40,94%
FDN	33,07%	40,43%
FDA	32,15%	33,15%
PRODUCCION Kg MS/Ha	668	761

El cuadro 12 corresponde al Trébol rojo var. Keenland. Los valores para PB son: 24,07% y FDN 34,58% a los 30 días de corte para la época lluviosa y en 28,41% y 47,00% a los 45 días de corte para la época seca. Según Silva, et. al. (1998) el Trébol rojo var. Quiñequeli varía su contenido de proteína en función de la altura de corte pasando de 20,4% cuando la altura de corte es a 40cm a 18,5% cuando la altura de corte es a 60 cm. Los valores PB coinciden con los del trébol rojo var. Keenland a los 30 días de corte.

Cuadro N° 12 Caracterización bromatológica del Trébol rojo var. Keenland

TREBOL ROJO KEENLAND	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
HUMEDAD	85,05%	84,45%
MS	14,95%	15,55%
CENIZAS	9,91%	10,59%
EE	4,46%	4,57%
PROTEINA	24,57%	28,41%
FIBRA	17,18%	33,80%
ELN	43,87%	22,63%
FDN	34,58%	47,00%
FDA	31,00%	38,14%
PRODUCCION Kg MS/Ha	1168	1215

El cuadro 13 corresponde al Pasto azul var. Potomac. Los valores para PB son: 15,58% y FDN 47,64% a los 30 días de corte para la época lluviosa y en 17,20% y 55,55% a los 45 días de corte para la época seca. Según Bernal, J., (2003) cita que el Pasto azul a los 40 días presenta un PB de 22,31% y FDN de 50,46%. El Pasto azul var. Potomac en la época lluviosa tiene una FDN similar a la citada por Bernal.

Cuadro N° 13 Caracterización bromatológica del Pasto azul var. Potomac

PASTO AZUL POTOMAC	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
HUMEDAD	81,03%	76,59%
MS	18,97%	23,41%
CENIZAS	14,12%	13,23%
EE	4,72%	4,29%
PROTEINA	15,58%	17,20%
FIBRA	24,73%	29,02%
ELN	40,85%	36,25%
FDN	47,64%	55,55%
FDA	29,75%	35,27%
PRODUCCION Kg MS/Ha	799	986

Los cuadros 14 y 15 corresponden al Pasto azul var. Crown Royal y Pasto azul var. Kara. Solamente se lograron resultados en la época seca con 45 días de corte; los valores para la var. Crown Royal son: PB de 14,67% y FDN 55,50%. Para la variedad Kara son: PB 18,18% y FDN 76,90%. Según Bernal, J., (2003) el crecimiento inicial de las plantas de pasto azul es lento y se obtiene poca producción de forraje durante los primeros meses. Lo señalado por Bernal va en línea con la presente investigación pues los materiales evaluados no se desarrollaron en los primeros mese lo que no permitió obtener una muestra relevante para la medición.

Cuadro N° 14 Caracterización bromatológica del Pasto azul var. Crown Royal

PASTO AZUL CROWN ROYAL	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
HUMEDAD	ND	76,54%
MS	ND	23,46%
CENIZAS	ND	12,66%
EE	ND	3,47%
PROTEINA	ND	14,67%
FIBRA	ND	27,55%
ELN	ND	41,66%
FDN	ND	55,50%
FDA	ND	32,60%
PRODUCCION Kg MS/Ha	ND	716

Cuadro N° 15 Caracterización bromatológica del Pasto azul var. Kara

PASTO AZUL KARA	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
HUMEDAD	ND	79,18%
MS	ND	20,82%
CENIZAS	ND	13,88%
EE	ND	3,87%
PROTEINA	ND	18,18%
FIBRA	ND	27,57%
ELN	ND	36,50%
FDN	ND	76,90%
FDA	ND	60,40%
PRODUCCION Kg MS/Ha	ND	840

1.2. Evaluación de la Digestibilidad

En el cuadro 16 que corresponde al Ryegrass anual var. Moata se puede observar que la DIVMS en la época lluviosa es mayor que en la época seca, esto dado por el contenido de FDA que en la época lluviosa es menor al de la época seca.

Según Di Marco, O., (2011), algunos laboratorios determinan la DIVMS en base a la FDA:

$$\text{DIVMS} = 88,9 - (\% \text{FDA} \times 0,779)$$

La calidad del Ryegrass anual var. Moata disminuye en la época seca

Di Marco, O., (2011) indica que un forraje tiene alta calidad cuando tiene aproximadamente 70% DIVMS, menos de 50% de FDN y más de 15% PB. Por lo contrario, en uno de baja calidad si la DIVMS disminuye a menos del 50%, la FDN sube a más del 65% y la PB baja a menos del 8%.

Así mismo en el cuadro 16 se puede observar que en la época lluviosa el Ryegrass anual var. Moata cubre los requerimientos energéticos de una VP15, pero deficiente para una VP17 y VP20. En la época seca no cubre los requerimientos energéticos de ninguna de las vacas modelo del estudio. La diferencia de proteína entre la época lluviosa y la época seca es de 0,3%, diferencia que no provoca una relevancia productiva

Los requerimientos energéticos de las vacas en producción se definieron según el estudio de Fernandez, A. (2008), quien determino los siguientes valores:

- VP15 es una vaca de 500 Kg de peso vivo, con 15 litros en producción de leche por día y que requiere 34,0 Mcal EM/día

- VP17 es una vaca de 500 Kg de peso vivo, con 17 litros en producción de leche por día y que requiere 37,7 Mcal EM/día
- VP20 es una vaca de 500 Kg de peso vivo, con 20 litros en producción de leche por día y que requiere 42,1 Mcal EM/día

El aumento de 17 puntos del contenido de FDA y 17 puntos de FDN del verano respecto al invierno provoca una disminución de 15% en DIVMS, 24% en el contenido energético, 42% en el consumo de MS, lo que explica que en el verano no llega a cubrir el requerimiento para una VP15 mientras que en el invierno se podría cubrir hasta una VP17. En el caso del Ryegrass anual var. Moata para la época seca solo cubriría para el mantenimiento de este tipo de animal produciendo hasta 3 litros por día, esto porque el consumo disminuye debido a la bien conocida pérdida de calidad de la pastura en el verano (Bernal, 2010; Fernandez, 2008).

Cuadro N° 16 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporte energético de Ryegrass anual var. Moata

RYEGRASS ANUAL MOATA	EPOCA DE LLUVIAS			EPOCA SECA		
	VP15	VP17	VP20	VP15	VP17	VP20
PB	10,93%			11,29%		
FDN	40,78%			57,80%		
FDA	25,51%			42,53%		
DIVMS	69,03%			55,77%		
EM /Kg MS	2,49			2,01		
Consumo de FDN (Kg/día)	2,94			2,08		
Capacidad de consumo Vaca Producción (Kg MS/día)	14,71			10,38		
Aporte Energético del Forraje (Kcal EM)	36,64			20,89		
Requerimiento Energético (Kcal EM)	34,00	37,70	42,10	34,00	37,70	42,10
Requerimiento Energético Cubierto	108%	97%	87%	61%	55%	50%

En el cuadro 17 que corresponde al Ryegrass anual var. Rey Verde se puede observar que la DIVMS en la época lluviosa es menor que en la época seca, esto dado por el contenido de FDA que en la época lluviosa es mayor al de la época seca.

La calidad del Ryegrass anual var. Rey Verde muestra un comportamiento similar en la época lluviosa y en la época seca.

En el cuadro 17 también se puede observar que la capacidad de consumo de MS en la época lluviosa es mayor que en la época seca, esto dado porque la FDN en la época lluviosa es menor que en la época seca, de lo anterior el Ryegrass anual var. Rey Verde cubre los requerimientos energéticos de una VP15, pero deficiente para una VP17 y VP20. En la época seca no cubre los requerimientos energéticos de ninguna de las vacas modelo del estudio.

El aumento 3 puntos de FDN del verano respecto al invierno provoca una disminución 8% en el consumo de MS, lo que explica que en el verano no llega a cubrir el requerimiento para una VP15 mientras que en el invierno se podría cubrir hasta una VP17. En el caso del Ryegrass anual var. Rey Verde para la época seca solo cubriría el requerimiento de una VP15; según Correa, H., (2008), el contenido de FDN está correlacionado positivamente con la densidad del forraje y el llenado del rumen, de tal manera que un mayor contenido de FDN significa un menor consumo de materia seca.

Cuadro N° 17 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporte energético de Ryegrass anual var. Rey Verde

RYEGRASS ANUAL REY VERDE	EPOCA DE LLUVIAS			EPOCA SECA		
	VP15	VP17	VP20	VP15	VP17	VP20
PC	10,32%			10,86%		
FDN	40,66%			43,85%		
FDA	28,14%			27,19%		
DIVMS	66,98%			67,72%		
EM /Kg MS	2,42			2,44		
Consumo de FDN (Kg)	2,95			2,74		
Capacidad de consumo Vaca Producción (Kg MS)	14,76			13,68		
Aporte Energético del Forraje (Kcal EM)	35,66			33,43		
Requerimiento Energético (Kcal EM)	34,00	37,70	42,10	34,00	37,70	42,10
Requerimiento Energético Cubierto	105%	95%	85%	98%	89%	79%

En el cuadro 18 que corresponde al Ryegrass bianual var. Arroyo se puede observar que la DIVMS en la época lluviosa es mayor que en la época seca, esto dado por el contenido de FDA que en la época lluviosa es menor al de la época seca.

La calidad del Ryegrass anual var. Arroyo es mejor en la época lluviosa que en la época lluviosa y en la época seca.

En la época lluviosa el Ryegrass bianual Arroyo cubre los requerimientos energéticos de una VP15, pero deficiente para una VP17 y VP20. En la época seca no cubre los requerimientos energéticos de ninguna de las vacas modelo del estudio.

El aumento de 7 puntos del contenido de FDA y 10 puntos de FDN del verano respecto al invierno provoca una disminución de 6% en DIVMS, 6% en el contenido energético, 24% en el consumo de MS, lo que explica que en el verano no llega a cubrir

el requerimiento para una VP15 mientras que en el invierno se podría cubrir hasta una VP17. En el caso del Ryegrass anual var. Arroyo para la época seca solo cubriría para el mantenimiento de este tipo de animal produciendo hasta 6 litros por día, esto porque el consumo disminuye debido a la bien conocida pérdida de calidad de la pastura en el verano (Bernal, 2010; Fernández, 2008).

Cuadro N° 18 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporte energético de Ryegrass bianual var. Arroyo

RYEGRASS BIANUAL ARROYO	EPOCA DE LLUVIAS			EPOCA SECA		
	VP15	VP17	VP20	VP15	VP17	VP20
PB	10,73%			12,52%		
FDN	41,26%			50,97%		
FDA	26,41%			31,59%		
DIVMS	68,33%			64,29%		
EM /Kg MS	2,47			2,32		
Consumo de FDN (Kg)	2,91			2,35		
Capacidad de consumo Vaca Producción (Kg MS)	14,54			11,77		
Aporte Energético del Forraje (Kcal EM)	35,85			27,31		
Requerimiento Energético (Kcal EM)	34,00	37,70	42,10	34,00	37,70	42,10
Requerimiento Energético Cubierto	105%	95%	85%	80%	72%	65%

En el cuadro 19 que corresponde al Ryegrass bianual var. Maverick se puede observar que la DIVMS en la época lluviosa es mayor que en la época seca, esto dado por el contenido de FDA que en la época lluviosa es menor al de la época seca.

La calidad del Ryegrass anual var. Maverick es mejor en la época lluviosa que en la seca.

El Ryegrass bianual Maverick no cubre los requerimientos energéticos ni en la época de lluvias ni en la época seca de las vacas modelo del estudio.

El aumento 15 puntos de FDN del verano respecto al invierno provoca una disminución 35% en el consumo de MS, lo que explica que en el verano no llega a cubrir el requerimiento para una VP15. En el caso del Ryegrass anual var. Maverick para la época de lluvias solo cubriría el requerimiento de una VP15 cuando la producción de leche sea de 14 litros.

Cuadro N° 19 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporte energético de Ryegrass bianual var. Maverick

RYEGRASS BIANUAL MAVERICK	EPOCA DE LLUVIAS			EPOCA SECA		
	VP15	VP17	VP20	VP15	VP17	VP20
PB	9,75%			12,30%		
FDN	42,96%			58,17%		
FDA	28,41%			46,98%		
DIVMS	66,77%			52,30%		
EM /Kg MS	2,41			1,89		
Consumo de FDN (Kg)	2,79			2,06		
Capacidad de consumo Vaca Producción (Kg MS)	13,97			10,31		
Aporte Energético del Forraje (Kcal EM)	33,65			19,46		
Requerimiento Energético (Kcal EM)	34,00	37,70	42,10	34,00	37,70	42,10
Requerimiento Energético Cubierto	99%	89%	80%	57%	52%	46%

En el cuadro 20 que corresponde al Ryegrass perenne var. Banquet se puede observar que la DIVMS en la época lluviosa es mayor que en la época seca, esto dado por el contenido de FDA que en la época lluviosa es menor al de la época seca.

La calidad del Ryegrass perenne var. Banquet es mejor en la época lluviosa que en la época seca.

El Ryegrass perenne var. Banquet no cubre los requerimientos energéticos ni en la época de lluvias ni en la época seca de las vacas modelo del estudio.

El aumento 12 puntos de FDN del verano respecto al invierno provoca una disminución 36% en el consumo de MS, lo que explica que en el verano no llega a cubrir el requerimiento para una VP15. En el caso del Ryegrass anual var. Banquet para la época de lluvias solo cubriría el requerimiento de una VP15 cuando la producción de leche sea de 13 litros.

Cuadro N° 20 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporte energético de Ryegrass perenne var. Banquet

RYEGRASS PERENNE BANQUET	EPOCA DE LLUVIAS			EPOCA SECA		
	VP15	VP17	VP20	VP15	VP17	VP20
PB	11,91%			14,44%		
FDN	44,97%			61,35%		
FDA	28,71%			53,92%		
DIVMS	66,53%			46,90%		
EM /Kg MS	2,40			1,69		
Consumo de FDN (Kg)	2,67			1,96		
Capacidad de consumo Vaca Producción (Kg MS)	13,34			9,78		
Aporte Energético del Forraje (Kcal EM)	32,03			16,55		
Requerimiento Energético (Kcal EM)	34,00	37,70	42,10	34,00	37,70	42,10
Requerimiento Energético Cubierto	94%	85%	76%	49%	44%	39%

En el cuadro 21 que corresponde al Ryegrass perenne var. Gigant se puede observar que la DIVMS en la época lluviosa es similar en la época seca.

La calidad del Ryegrass perenne var. Gigant es similar en las dos épocas de análisis.

El Ryegrass perenne var. Gigant cubre los requerimientos energéticos para VP15 en la época de lluvias y época seca; no así, para VP17 y VP20 de las vacas modelo del estudio.

El contenido de FDA es similar para la época de lluvias y época seca; en cambio hay un aumento de 3 puntos de FDN del verano respecto al invierno lo que provoca una disminución de 8% en el consumo de MS, lo que explica que en el verano el Ryegrass perenne var. Gigant no llega a cubrir el requerimiento para una VP17 a diferencia de lo que sucede en la época de lluvias.

Cuadro N° 21 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporte energético de Ryegrass perenne var. Gigant

RYEGRASS PERENNE GIGANT	EPOCA DE LLUVIAS			EPOCA SECA		
	VP15	VP17	VP20	VP15	VP17	VP20
PB	10,70%			10,83%		
FDN	39,73%			42,77%		
FDA	26,70%			26,50%		
DIVMS	68,10%			68,26%		
EM /Kg MS	2,46			2,46		
Consumo de FDN (Kg)	3,02			2,81		
Capacidad de consumo Vaca Producción (Kg MS)	15,10			14,03		
Aporte Energético del Forraje (Kcal EM)	37,11			34,55		
Requerimiento Energético (Kcal EM)	34,00	37,70	42,10	34,00	37,70	42,10
Requerimiento Energético Cubierto	109%	98%	88%	102%	92%	82%

El cuadro 22 que corresponde al Ryegrass perenne var. Kingston se puede observar que la DIVMS en la época lluviosa es mayor que en la época seca, esto dado por el contenido de FDA que en la época lluviosa es menor al de la época seca.

La calidad del Ryegrass perenne var. Kingston es mejor en la época lluviosa que en la época seca.

El Ryegrass perenne var. Kingston no cubre los requerimientos energéticos ni en la época de lluvias ni en la época seca de las vacas modelo del estudio.

El aumento 22 puntos de FDN del verano respecto al invierno provoca una disminución 49% en el consumo de MS, lo que explica que en el verano no llega a cubrir el requerimiento para una VP15. En el caso del Ryegrass anual var. Kingston para la época de lluvias solo cubriría el requerimiento de una VP15 cuando la producción de leche sea de 13 litros.

Cuadro N° 22 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporte energético de Ryegrass perenne var. Kingston

RYEGRASS PERENNE KINGSTON	EPOCA DE LLUVIAS			EPOCA SECA		
	VP15	VP17	VP20	VP15	VP17	VP20
PB	11,26%			14,23%		
FDN	43,91%			65,45%		
FDA	30,83%			54,10%		
DIVMS	64,88%			46,76%		
EM /Kg MS	2,34			1,69		
Consumo de FDN (Kg)	2,73			1,83		
Capacidad de consumo Vaca Producción (Kg MS)	13,66			9,17		
Aporte Energético del Forraje (Kcal EM)	31,99			15,46		
Requerimiento Energético (Kcal EM)	34,00	37,70	42,10	34,00	37,70	42,10
Requerimiento Energético Cubierto	94%	85%	76%	45%	41%	37%

En el cuadro 23 que corresponde al Ryegrass perenne var. ONE-50 se puede observar que la DIVMS en la época lluviosa es mayor que en la época seca, esto dado por el contenido de FDA que en la época lluviosa es menor al de la época seca.

La calidad del Ryegrass perenne var. ONE-50 es mejor en la época lluviosa que en la época seca. No cubre los requerimientos energéticos ni en la época de lluvias ni en la época seca de las vacas modelo del estudio.

El aumento 8 puntos de FDN del verano respecto al invierno provoca una disminución 19% en el consumo de MS, lo que explica que en el verano no llega a cubrir el requerimiento para una VP15. En el caso del Ryegrass anual var. Kignston para la época de lluvias solo cubriría el requerimiento de una VP15 cuando la producción de leche sea de 14 litros.

Cuadro N° 23 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporte energético de Ryegrass perenne var. ONE-50

RYEGRASS PERENNE ONE-50	EPOCA DE LLUVIAS			EPOCA SECA		
	VP15	VP17	VP20	VP15	VP17	VP20
PB	12,48%			13,49%		
FDN	43,83%			52,16%		
FDA	28,86%			30,47%		
DIVMS	66,42%			65,16%		
EM /Kg MS	2,40			2,35		
Consumo de FDN (Kg)	2,74			2,30		
Capacidad de consumo Vaca Producción (Kg MS)	13,69			11,50		
Aporte Energético del Forraje (Kcal EM)	32,80			27,05		
Requerimiento Energético (Kcal EM)	34,00	37,70	42,10	34,00	37,70	42,10
Requerimiento Energético Cubierto	96%	87%	78%	80%	72%	64%

En el cuadro 24 que corresponde al Trébol blanco var. Emerald se puede observar que la DIVMS en la época lluviosa es menor que en la época seca, esto dado por el contenido de FDA que en la época lluviosa es mayor al de la época seca.

La calidad del Trébol blanco var. Emerald es mejor en época seca que en la época lluviosa. Según Santacruz, J., (2011), el trébol blanco var. Emerald presenta muy buena producción en la época seca.

El Trébol blanco var. Emerald cubre los requerimientos energéticos para VP15 en la época seca. No cubre los requerimientos para VP17 y VP20 de las vacas modelo del estudio.

El aumento 8 puntos de FDN del invierno respecto al verano provoca una disminución 22% en el consumo de MS, lo que explica que en el invierno no llega a cubrir el requerimiento para una VP15.

El consumo de trébol es teórico, pues una dieta solo a base de trébol provocaría meteorismo ya que el trébol contiene sustancias que facilitan la formación de espuma en la panza y, por esta razón, son más meteorizantes que otros (Hernandez, J. 1980)

Cuadro N° 24 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporte energético del Trébol blanco var. Emerald

TREBOL BLANCO EMERALD	EPOCA DE LLUVIAS			EPOCA SECA		
	VP15	VP17	VP20	VP15	VP17	VP20
PB	15,31%			25,33%		
FDN	46,71%			38,27%		
FDA	24,73%			30,64%		
DIVMS	69,64%			65,03%		
EM /Kg MS	2,51			2,35		
Consumo de FDN (Kg)	2,57			3,14		
Capacidad de consumo Vaca Producción (Kg MS)	12,85			15,68		
Aporte Energético del Forraje (Kcal EM)	32,27			36,79		
Requerimiento Energético (Kcal EM)	34,00	37,70	42,10	34,00	37,70	42,10
Requerimiento Energético Cubierto	95%	86%	77%	108%	98%	87%

En el cuadro 25 que corresponde al Trébol blanco var. Ladino se puede observar que la DIVMS en la época lluviosa es mayor que en la época seca, esto dado por el contenido de FDA que en la época lluviosa es mayor al de la época seca.

La calidad del Trébol blanco var. Ladino es mejor en la época lluviosa que en la época seca.

El Trébol blanco var. Ladino cubre los requerimientos energéticos para VP15 en la época lluviosa. No cubre los requerimientos para VP17 y VP20 de las vacas modelo del estudio ni en la época lluviosa ni época seca.

El aumento 7 puntos de FDN del verano respecto al invierno provoca una disminución 16% en el consumo de MS, lo que explica que en el verano no llega a cubrir el requerimiento para una VP15; sin embargo al igual que todas las leguminosas

citadas en este estudio el trébol blanco var. Ladino Gigante se debe administrar al ganado en combinación con otras especies que aporten fibra a la dieta.

En el cuadro 26 que corresponde al Trébol blanco var. Tribute se puede observar que la DIVMS en la época lluviosa es mayor que en la época seca, esto dado por el contenido de FDA que en la época lluviosa es menor al de la época seca.

La calidad del Trébol blanco var. Tribute es similar en la época de lluvias como en la época seca.

El Trébol blanco var. Tribute cubre los requerimientos energéticos para VP15 y VP17 en la época lluviosa y no cubre los requerimientos para VP20. En la época seca no cubre los requerimientos energéticos de las vacas modelo del estudio.

Cuadro N° 25 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporte energético del Trébol blanco var. Ladino

TREBOL BLANCO LADINO	EPOCA DE LLUVIAS			EPOCA SECA		
	VP15	VP17	VP20	VP15	VP17	VP20
PB	12,68%			26,52%		
FDN	43,76%			50,83%		
FDA	24,19%			35,49%		
DIVMS	70,06%			61,25%		
EM /Kg MS	2,53			2,21		
Consumo de FDN (Kg)	2,74			2,36		
Capacidad de consumo Vaca Producción (Kg MS)	13,71			11,80		
Aporte Energético del Forraje (Kcal EM)	34,66			26,09		
Requerimiento Energético (Kcal EM)	34,00	37,70	42,10	34,00	37,70	42,10
Requerimiento Energético Cubierto	102%	92%	82%	77%	69%	62%

Cuadro N° 26 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporte energético del Trébol blanco var. Tribute

TREBOL BLANCO TRIBUTE	EPOCA DE LLUVIAS			EPOCA SECA		
	VP15	VP17	VP20	VP15	VP17	VP20
PB	25,05%			25,75%		
FDN	33,07%			40,43%		
FDA	32,15%			33,15%		
DIVMS	63,86%			63,08%		
EM /Kg MS	2,30			2,28		
Consumo de FDN (Kg)	3,63			2,97		
Capacidad de consumo Vaca Producción (Kg MS)	18,14			14,84		
Aporte Energético del Forraje (Kcal EM)	41,80			33,77		
Requerimiento Energético (Kcal EM)	34,00	37,70	42,10	34,00	37,70	42,10
Requerimiento Energético Cubierto	123%	111%	99%	99%	90%	80%

En el cuadro 27 que corresponde al Trébol rojo var. Keenland se puede observar que la DIVMS en la época lluviosa es mayor que en la época seca, esto dado por el contenido de FDA que en la época lluviosa es 7 puntos menor al de la época seca. Esta disminución provoca un incremento de 9% en la DIVMS.

La calidad del Trébol rojo var. Keenland es mejor en la época de lluvias que en la época seca y cubre los requerimientos energéticos para VP15 y VP17 en la época lluviosa y no cubre los requerimientos para VP20. El trébol rojo al igual del trébol blanco debe mezclarse con pastos que aporten fibra a la dieta ya que es una leguminosa que también produce meteorismo.

Cuadro N° 27 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporte energético del Trébol rojo var. Keenland

TREBOL ROJO KEENLAND	EPOCA DE LLUVIAS			EPOCA SECA		
	VP15	VP17	VP20	VP15	VP17	VP20
PB	24,57%			28,41%		
FDN	34,58%			47,00%		
FDA	31,00%			38,14%		
DIVMS	64,75%			59,19%		
EM /Kg MS	2,34			2,14		
Consumo de FDN (Kg)	3,47			2,55		
Capacidad de consumo Vaca Producción (Kg MS)	17,35			12,77		
Aporte Energético del Forraje (Kcal EM)	40,54			27,26		
Requerimiento Energético (Kcal EM)	34,00	37,70	42,10	34,00	37,70	42,10
Requerimiento Energético Cubierto	119%	108%	96%	80%	72%	65%

En el cuadro 28 que corresponde al Pasto azul var. Potomac se puede observar que la DIVMS en la época lluviosa es mayor que en la época seca, esto dado por el contenido de FDA que en la época lluviosa es 5 puntos menor que en la época seca; esta disminución provoca un incremento del 2% en la DIVMS en la época lluviosa.

La calidad del Pasto azul var. Potomac es mejor en la época de lluvias que en la época seca. La FDN en la época lluviosa es 8 puntos menor en la época seca lo que permite un incremento del 17% en el consumo de materia seca.

El Pasto azul var. Potomac no cubre los requerimientos energéticos de las vacas modelo del estudio, tanto en la época lluviosa como en la época seca y generalmente se lo mezcla con pastos Ryegrass y Tréboles.

Cuadro N° 28 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporte energético del Pasto azul var. Potomac

PASTO AZUL POTOMAC	EPOCA DE LLUVIAS			EPOCA SECA		
	VP15	VP17	VP20	VP15	VP17	VP20
PB	15,58%			17,20%		
FDN	47,64%			55,55%		
FDA	29,75%			35,27%		
DIVMS	65,72%			61,42%		
EM /Kg MS	2,37			2,22		
Consumo de FDN (Kg)	2,52			2,16		
Capacidad de consumo Vaca Producción (Kg MS)	12,59			10,80		
Aporte Energético del Forraje (Kcal EM)	29,87			23,94		
Requerimiento Energético (Kcal EM)	34,00	37,70	42,10	34,00	37,70	42,10
Requerimiento Energético Cubierto	88%	79%	71%	70%	63%	57%

En el cuadro 29 y 30 corresponde al Pasto azul var. Crown Royal. Y pasto azul var. Kara. No se tiene referencia comparativa de DIVMS en la época lluviosa ya que al momento de la toma de muestra no había suficiente disponibilidad de material para recolección.

El Pasto azul var. Crown Royal y Pasto azul var. Kara no cubren los requerimientos energéticos de las vacas modelo del estudio en la época seca y por lo tanto se debe mezclar con otro tipo de pastos para incrementar su aporte energético

Cuadro N° 29 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporte energético del Pasto azul var. Crown Royal

PASTO AZUL CROWN ROYAL	EPOCA DE LLUVIAS			EPOCA SECA		
	VP15	VP17	VP20	VP15	VP17	VP20
PB	ND			14,67%		
FDN	ND			55,50%		
FDA	ND			32,60%		
DIVMS	ND			63,50%		
EM /Kg MS	ND			2,29		
Consumo de FDN (Kg)	ND			2,16		
Capacidad de consumo Vaca Producción (Kg MS)	ND			10,81		
Aporte Energético del Forraje (Kcal EM)	ND			24,77		
Requerimiento Energético (Kcal EM)	34,00	37,70	42,10	34,00	37,70	42,10
Requerimiento Energético Cubierto	ND	ND	ND	73%	64%	57%

Cuadro N° 30 FDN, FDA, DIVMS, EM y aporte energético del Pasto azul var. Kara

PASTO AZUL KARA	EPOCA DE LLUVIAS			EPOCA SECA		
	VP15	VP17	VP20	VP15	VP17	VP20
PB	ND			18,18%		
FDN	ND			76,90%		
FDA	ND			60,40%		
DIVMS	ND			41,85%		
EM /Kg MS	ND			1,51		
Consumo de FDN (Kg)	ND			1,56		
Capacidad de consumo Vaca Producción (Kg MS)	ND			7,80		
Aporte Energético del Forraje (Kcal EM)	ND			11,78		
Requerimiento Energético (Kcal EM)	34,00	37,70	42,10	34,00	37,70	42,10
Requerimiento Energético Cubierto	ND	ND	ND	35%	30%	27%

1.3. Implicaciones.

En época de lluvias el comportamiento de los Ryegrass anuales y bianuales fue muy similar para MS, PB, FDN, DIVMS y EM (cuadro 31), por lo tanto se espera similar consumo de materia seca y similar respuesta de los animales con cualquiera de las pasturas por su puesto siempre y cuando la producción de materia seca por hectárea y la carga animal sea similar entre ellos.

Cuadro N° 31 Calidad nutritiva de distintos Ryegrases anuales y bianuales en época lluviosa

FORRAJE	MS (TM/Ha/Corte)	PB	FDN	DIVMS	EM (Mcal/Kg MS)
RYEGRASS ANUAL MOATA	1,2	10,9%	40,8%	69,0%	2,5
RYEGRASS ANUAL REY VERDE	1,2	10,3%	40,7%	67,0%	2,4
RYEGRASS BIANUAL ARROYO	1,4	10,7%	41,3%	68,3%	2,5
RYEGRASS BIANUAL MAVERICK	1,2	9,8%	43,0%	66,8%	2,4
Media aritmética	1,2	10,4%	41,4%	67,8%	2,4
Desviación estándar	0,1	0,5%	1,1%	1,1%	0,04

El comportamiento de los Ryegrass perenne fue muy similar para MS, PB, FDN, DIVMS y EM (cuadro 32), por lo tanto se esperaría similar producción en animales que consuman cualquiera de estas variedades incluso comparadas con las variedades anuales y bianuales.

Cuadro N° 32 Implicaciones de Ryegrass perennes en época de lluvias

FORRAJE		MS (TM/Ha/Corte)	PB	FDN	DIVMS	EM (Mcal/Kg MS)
RYEGRASS BANQUET	PERENNE	1,2	11,9%	45,0%	66,5%	2,4
RYEGRASS GIGANT	PERENNE	1,2	10,7%	39,7%	68,1%	2,5
RYEGRASS KINGSTON	PERENNE	1,3	11,3%	43,9%	64,9%	2,3
RYEGRASS PERENNE ONE- 50		1,2	12,5%	43,8%	66,4%	2,4
Media aritmética		1,2	11,6%	43,1%	66,5%	2,4
Desviación estándar		0,1	0,8%	2,3%	1,3%	0,05

Los Tréboles Blancos mostraron un comportamiento similar para MS, PB, FDN, DIVMS y EM; sin embargo el Trébol Rojo marca una diferencia en los parámetros antes indicados especialmente en producción de MS.

Cuadro N° 33 Implicaciones de los Tréboles en época de lluvias

FORRAJE		MS (TM/Ha/Corte)	PB	FDN	DIVMS	EM (Mcal/Kg MS)
TREBOL EMERALD	BLANCO	0,9	15,3%	46,7%	69,6%	2,5
TREBOL BLANCO LADINO		0,7	12,7%	43,8%	70,1%	2,5
TREBOL BLANCO TRIBUTE		0,7	25,1%	33,1%	63,9%	2,3
TREBOL ROJO KEENLAND		1,2	24,6%	34,6%	64,8%	2,3
Media aritmética		0,9	19,4%	39,5%	67,1%	2,4
Desviación estándar		0,2	6,3%	6,7%	3,2%	0,12

Al comparar entre Ryegrass durante la época seca (cuadro 34) se observó que los rangos de FDN se movieron entre 44% y 58% y los rangos de DIVMS se movieron

entre 56% y 68% resaltando el Ryegrass anual var. Rey Verde por tener la FDN más baja en este rango lo que favorece al consumo de MS y por tener la DIVMS más alta, favoreciendo a la producción. Los parámetros de MS y PB son muy similares para estos pastos por lo tanto el Ryegrass Rey Verde tendría mayores opciones de ser utilizado por su mayor adaptación a la época seca y similar comportamiento en la época lluviosa.

Cuadro N° 34 Implicaciones de los Ryegrass anuales y bianuales en época seca

FORRAJE	MS (TM/Ha/Corte)	PB	FDN	DIVMS	EM (Mcal/Kg MS)
RYEGRASS ANUAL MOATA	1,2	11,3%	57,8%	55,8%	2,0
RYEGRASS ANUAL REY VERDE	1,2	10,9%	43,9%	67,7%	2,4
RYEGRASS BIANUAL ARROYO	1,4	12,5%	51,0%	64,3%	2,3
RYEGRASS BIANUAL MAVERICK	1,2	12,3%	58,2%	52,3%	1,9
Media aritmética	1,2	11,7%	52,7%	60,0%	2,2
Desviación estándar	0,1	0,8%	6,8%	7,2%	0,26

Durante la época seca (cuadro 35) los Ryegrass perennes mostraron valores de FDN que se movieron entre 43% y 66% y la DIVMS entre 47% y 68% resaltando el Ryegrass perenne var. Gigant por tener la FDN más baja en este rango lo que favorece al consumo de MS y la DIVMS más alta, favoreciendo la producción durante la época seca que es la más crítica en sistemas pastoriles de producción de leche. Como los parámetros de producción de MS y contenido de PB son muy similares para estos pastos, el factor decisivo sería el contenido de FDN favoreciendo a la variedad Gigant.

Cuadro N° 35 Implicaciones de los Ryegrass perennes en época seca

FORRAJE		MS (TM/Ha/Corte)	PB	FDN	DIVMS	EM (Mcal/Kg MS)
RYEGRASS PERENNE BANQUET		1,2	14,4%	61,4%	46,9%	1,7
RYEGRASS PERENNE GIGANT		1,2	10,8%	42,8%	68,3%	2,5
RYEGRASS PERENNE KINGSTON		1,3	14,2%	65,5%	46,8%	1,7
RYEGRASS PERENNE ONE- 50		1,2	13,5%	52,2%	65,2%	2,4
Media aritmética		1,2	13,2%	55,4%	56,8%	2,0
Desviación estándar		0,1	1,7%	10,1%	11,5%	0,42

Durante la época seca los Tréboles tuvieron rangos de FDN que se movieron entre 38% y 51%, resaltando el Trébol blanco var. Emerald por tener la FDN más baja en este rango lo que favorece al consumo de MS (cuadro 37).

Los parámetros de MS, PB, DIVMS y EM son muy similares para estos forrajes. El trébol rojo Keenland sería el recomendable para la época seca por su mayor producción y mayor contenido de PB, en combinación con el Ryegrass anual Rey Verde.

Las variedades de Pasto Azul durante la época seca tuvieron un comportamiento similar entre ellas

Los rangos de FDN se movieron entre 56% y 77% y para la DIVMS se movieron entre 56% y 64% resaltando el Pasto Azul var. Crown Royal con la FDN más baja y con la DIVMS más alta.

Los parámetros de MS y PB son muy similares para estos forrajes, pero el pasto Azul var. Kara tiene la EM más baja.

Cuadro N° 36 Implicaciones de los Tréboles en época seca

FORRAJE		MS (TM/Ha/Corte)	PB	FDN	DIVMS	EM (Mcal/Kg MS)
TREBOL EMERALD	BLANCO	0,9	25,3%	38,3%	65,0%	2,3
TREBOL LADINO	BLANCO	0,7	26,5%	50,8%	61,3%	2,2
TREBOL TRIBUTE	BLANCO	0,7	25,8%	40,4%	63,1%	2,3
TREBOL KEENLAND	ROJO	1,2	28,4%	47,0%	59,2%	2,1
Media aritmética		0,9	26,5%	44,1%	62,1%	2,2
Desviación estándar		0,2	1,4%	5,8%	2,5%	0,09

Cuadro N° 37 Implicaciones de los Pasto Azul en época seca

FORRAJE		MS (TM/Ha/Corte)	PB	FDN	DIVMS	EM (Mcal/Kg MS)
PASTO AZUL POTOMAC		0,9	17,2%	55,6%	61,4%	2,2
PASTO AZUL ROYAL	CROWN	0,7	14,7%	55,5%	63,5%	2,3
PASTO AZUL KARA		0,8	18,2%	76,9%	41,8%	1,5
Media aritmética		0,8	16,7%	62,7%	55,6%	2,0
Desviación estándar		0,1	1,8%	12,3%	11,9%	0,43

VI. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos de acuerdo a la metodología utilizada en esta investigación se concluye que:

- La digestibilidad de la materia seca de las diferentes variedades de pastos están dentro de los rangos requeridos para la nutrición animal de animales de potencial medio pero no alto, posiblemente debido a la edad de corte.
- La época del año tiene un efecto directo sobre la calidad de los pastos evaluados, siendo en la época lluviosa donde se presentan los mayores valores nutricionales.
- La estimación de requerimientos y el establecimiento del balance energético de las pasturas es una excelente herramienta para la toma de decisiones en la validación de variedades que se desean introducir en el mercado.

VII. RECOMENDACIONES

- Ajustar la planificación forrajera en función del desempeño en la época lluviosa con las siguientes variedades de pastos: Ryegrass anual var. Moata, Ryegrass Bianual Arroyo, Ryegrass perenne var. Gigant, Trébol blanco var. Ladino, Trébol blanco Tribute, Trébol rojo var. Keenland y el pasto azul var. Potomac.
- Ajustar la planificación forrajera en función del desempeño en la época seca con las siguientes variedades de pastos: Ryegrass anual var. Rey Verde, Ryegrass Bianual Arroyo, Ryegrass perenne var. Gigant, Trébol blanco var. Emerald y el pasto azul var. Crown Royal.
- Sugerir a las empresas comercializadoras, asesores técnicos y ganaderos el uso de la FDN, PB, digestibilidad y producción de MS como parámetros mínimos de evaluación para la toma de decisiones en nutrición animal en sistemas pastoriles de carne y leche.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Arango, J., & Rivera, B. y. (2000). Elaboración y Validación de Modelos de Estimación de Producción Lechera en Sistemas Especializados. Universidad de Caldas departamento de Sistemas de Producción Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecor. Universidad de Caldas .
- Bernal, J. (2003). Pastos y Forrajes Tropicales Producción y Manejo. . Bogotá: Ecoe .
- Calsamiglia. (1997).
- Carvajal E. y Cardenas, E. (2014). Evaluación y adaptación de una colección de variedades comerciales de Ryegrass en la sabana de Bogota. Grupo de Investigación en Nutrición Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. . Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Castelán. (2008). Calidad Nutritiva de trifolium repens cv. Haifa. Facultad de Ciencias Agrarias. UNNE. Buenos Aires: Corrientes.
- Correa, H. (2008). Métodos para la evaluación de forrajes. . Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Departamento de Producción Animal. .
- Cruz, M. C., Guevara, L., Pereda, R., Muñoz, J., & Tamayo, Y. R. (2012). Evaluación Agronómica de cuatro nuevas Variedades de Pastos. Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Camagüey, Jimaguayú, Camagüey,. Camagüey.
- Debano, L. y. (1974). ♣ Effect of a Wetting Agent and Nitrogen Fertilizer on Establishment of Ryegrass and Mustard on a Burned Wathershed. Journal Range management.
- Demagnet, R. (2011). Manual de especies forrajeras y manejo de pastoreo. Programa Desarrollo Productores. . Santiago.
- Di Marco, O. (2011). Estimación de calidad de los forrajes. Facultad de Ciencias Agrarias. Unidad Integrada Balcarce INTA Balcarce. Buenos Aires.
- FAO. (1996). Estado de los Recursos Fitogenéticos del Mundo preparado para la Conferencia Técnica Internacional sobre Recursos Fitogenéticos. .
- Fernández, A. (2008). Cuadros de requerimientos energéticos – proteicos y “algunas dietas alternativas. Rodeo Lechero. . Buenos Aires: EEA INTA Bordenave.

- García, D., Medina, M., Moratinos, P., Cova, L., Torres, A., & Santo, O. y. (2009). Caracterización químico – nutricional de forrajes leguminosos y de otras familias botánicas empleando análisis descriptivo y multivariado. .
- Hickey, M. y. (1989). Winter Feed Value of Grasslands Moata Tetraploid Italian Ryegrass in Southland. Proceeding of the New Zeland Grassland Association 50.
- León, R. (2003). Pastos y forrajes, producción y manejo. Ediciones científicas Agustín Alvarez. Cia. Ltda. Páginas: 12 – 35.
- Linn, J. (2001). Necesidades Nutritivas del Ganado Vacuno Lechero: Resumen de las Normas del NCR (2001). XVIII de especialización.
- Lippke. (2002).
- López, I. (2006). Filocromo, producción de fitomasa y calidad nutritiva de una pradera de *Lolium perenne* L./ *Trifolium repens* L. sometida a tres frecuencias e intensidades de defoliación.
- Pavinato. (2014). Production and nutritive value of Ryegrass (cv. Barjumbo) under nitrogen fertilization. Centro de Ciencias Agrarias – Universidad Federal do Ceara, Fortaleza, CE. Universidad Federal do Cear.
- Sierra, J. (2005). Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. . Bogotá.
- Silva. (1988). Influencia de la altura de corte en el valor nutritivo del trébol rosado (*Trifolium pratense*), variedad Quiñequeli. Agricultura Técnica. Santiago.