

DIGESTIBILIDAD *IN Vitro* EN *Brachiaria*, *decumbens*, *humidicola* y *mutica* EN EPOCA SECA¹

Rojas, A.F.P², Peducassé³, C.A. Aguirre, L⁴.
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia U.A.G.R.M.

I. RESUMEN

El estudio se realizó para conocer el coeficiente de digestibilidad de tres especies de *Brachiaria* (*decumbens*, *humidicola* y *mutica*) en condiciones de época seca (Mayo 12 a Julio 1988). Se tomaron muestras de 3 parcelas, considerándose 6 edades de corte, con diferencia de 12 días cada muestra en triplicado, fue secada a 40° C molida a 1. mm. El método utilizado en la digestibilidad *in Vitro* fue el de Tilley y Terry modificado por Moore. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza, para un diseño de bloques al azar con parcelas perdidas y la interacción de especies vs. edades de corte. Los coeficientes de digestibilidad vs. análisis proximal en función a edades dentro de especies, se la sometieron a la prueba de correlación múltiple. Observándose en los resultados lo siguiente: las medias generales de **DIVMS** por especies son: *Brachiaria decumbens* 63,98% *Brachiaria humidicola* 61,28% y *Brachiaria mutica* 61,98%. Por edades de corte (días) fue: *Brachiaria decumbens* 73,09% (12); 68,84% (24); 66,00% (36); 64,71% (48); 62,37% (60) y 48,86% (72) para *Brachiaria humidicola* 71,08% (12); 65,74% (24); 61,98% (36); 59,61% (48); 58,05% (60) y 51,25% (72) y para *Brachiaria mutica* de 69,35% (12); 64,53% (24); 62,40% (36); 61,94% (48); 58,41% (60) y 54,81% (72). Se observó diferencias significativa ($P < 0,05$) para la interacción de especies vs. edades de corte. En la prueba de correlación múltiple se observó significancia ($P < 0,05$) de coeficientes de digestibilidad Vs. edades de corte (días) MS, PB, FB y P.

-
1. Tesis de grado presentada por Rojas, F. Paúl para obtener el título de Veterinario Zootecnista.
 2. Barrio Salud, Calle 6 # 5, Telf.: 53-4838
 3. Profesor titular de Nutrición Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.A.G.R.M. Santa Cruz, Bolivia.
 4. Profesor titular de forrajicultura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

II. INTRODUCCIÓN

En la producción ganadera a nivel mundial juega un papel preponderante la calidad de los forrajes, constituyéndose en una fuente económica y natural de alimentación que cubre en la mayoría de los casos el 100% de la dieta diaria de los animales.

En nuestro país en los últimos años se ha difundido la utilización de pasturas cultivadas aumentando el rendimiento de UA/Ha, con éste fin se ha estado utilizando diferentes especies de gramíneas pero, debido a las características tropicales, éstas especies son de buena producción en verano mientras que en invierno su producción decae. Habiendo por ello la necesidad de determinar las edades post rebrote óptimas, que equilibren la digestibilidad, con su valor nutritivo.

Para esto se consideró necesario determinar el valor nutritivo con un análisis bromatológico y determinar la digestibilidad de las pasturas. La digestibilidad se puede determinar mediante técnicas de apoyo en laboratorio, como es la técnica *in vitro*, que facilita la evaluación de un gran número de muestra y repetibilidad, siendo por esto un método de bastante confiabilidad en la evaluación de forrajes.

Por este motivo el presente trabajo se plantea como objetivos (a) determinar los coeficientes de digestibilidad con la técnica *in Vitro* y (b) efectuar la correlación del coeficiente de digestibilidad con relación a los valores nutritivos según la edad de rebrote de la especie *Brachiaria* en tres variedades (*decumbens*, *humidicola* y *mutica*) en la época seca.

III. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1. DIGESTIBILIDAD

La digestibilidad mide la desaparición de los nutrientes en su paso a través del tracto digestivo debido a la absorción. La prueba de digestión implica cuantificar los nutrientes consumidos en las cantidades que se eliminan en las heces (Crampton y Harris, 1974; Maynard, Loosli, Hintz y Warner, 1981).

Crampton y Harris (1974), sugieren que las heces deben representar en forma cuantitativa el residuo no digerido del alimento consumido previa medición. Observándose que los rumiantes necesitan de 150 a 200 horas para eliminar todos los residuos, pero el 95% es eliminado en 140 horas.

3.1.1. FACTORES QUE AFECTAN LA DIGESTIBILIDAD

Existe un gran número de factores, que pueden afectar la digestibilidad. En estudios efectuados por diferentes investigadores se encontraron más de 50 factores distintos, que pueden afectar la eficiencia de la digestibilidad y se pueden indicar los siguientes:

a) Composición química del alimento

La composición química de un alimento esta relacionado con la digestibilidad. Debido a que la presencia de un determinado elemento en su composición, puede afectar en mayor o menor grado la digestibilidad del alimento.

b) Efecto asociativo de los alimentos

La digestibilidad de un alimento no solamente se ve afectada por su composición química, sino también por la de otros alimentos consumidos al mismo tiempo, por ejemplo la digestibilidad de forrajes disminuye en raciones con alto contenido de carbohidratos de fácil digestión.

c) Preparación del alimento

Los cambios en la forma física del alimento, afectan positiva o negativamente en la digestibilidad de sus componentes. Existen tratamientos por lo que un alimento, es molido o picado con el propósito de mejorar y evitar pérdidas en su consumo, pero ocurre el fenómeno de una rápida evacuación del alimento, disminuyendo su digestibilidad (Ortega, 1987)

Este autor atribuye este fenómeno a la menor digestibilidad de la fibra en forrajes picados, que en los enteros, debido a una selección de las partes más

digestibles por el animal. Aunque el valor nutritivo de los alimentos no disminuye, siendo suplidos por la mayor cantidad de ingesta. Se observaron algunos cambios al ofrecer forrajes tratados físicamente como: a) Menor tiempo de prehensión y masticación, b) Reducción de la secreción de saliva, c) Disminuye la rumiación d) Aumenta el nivel de fermentación ruminal, e) Disminuye el p.H. Ruminal, f) Disminución en la relación acetato-propionato, g) Aumento de la tasa de pasaje de las partículas alimenticias del rumen, h) Aumenta el consumo de materia seca, i) Mayor aceptación y gustosidad del forraje tratado. El tratamiento de molido, picado o peletizado, es aconsejable cuando se administra granos en la dieta de los rumiantes, aumentándose la digestibilidad y disminuyendo las pérdidas en las heces. Ej.: sorgo entero, 42% en heces, sorgo quebrado, 4,8%, molido, 1,5% (Maynard *et al*, 1981; Ortega, 1987).

d) Cantidad del alimento consumido.

Ortega, (1987) concluye que después de diferentes investigaciones, está demostrado que la cantidad de alimento consumido afecta la digestibilidad, observándose que cuando el alimento sólo cubre los requerimientos de mantenimiento se da la mayor digestibilidad.

La causa por la que se reduce la digestibilidad del alimento al elevarse el consumo es que aumenta la velocidad del paso del alimento a través del tracto digestivo, reduciendo el tiempo de exposición a la fermentación y

acción enzimática, como resultado se tiene una digestión en menor proporción (Maynard *et al*, 1981).

e) Frecuencia de alimentación y consumo de agua.

Ortega (1987), afirma que tanto la frecuencia de alimentación e ingestión de agua no afectan la digestibilidad, todo dentro de los límites normales. Habiendo hasta las fechas solo datos imprecisos referentes al tema.

f) Temperatura ambiental.

Está comprobado que la temperatura ambiental puede afectar la digestibilidad. Estando relacionado este efecto, con la velocidad aumentada del paso del alimento a través del tracto gastrointestinal, por una mayor motilidad y actividad ruminal. Ortega (1987), observó que en dietas con 100% de concentrado, no influye la temperatura del medio, en la digestibilidad, sin embargo en dietas a base de forrajes, peletizados y molidos, la temperatura influye en la digestibilidad. Ocasionalmente la exposición al frío aumenta el reciclaje de nitrógeno ureico al rumen, mejorando así la eficiencia en la síntesis microbiana, reduciéndose la degradación de proteínas.

g) Adaptación a los cambios de ración.

El cambio de ración afecta al rumiante especialmente por que un cambio de dieta, hace variar el tipo de bacterias y

protozoarios presentes en el rumen, disminuyendo la digestibilidad hasta que la población microbiana se adapte, siendo un periodo de adaptación de dos a tres semanas Ortega (1987).

h) Gustosidad del alimento.

Puede afectar de dos formas, una dependiendo de la palatabilidad propia del alimento Ej.: (Urea, gallinaza) y la otra del proceso físico que sufra el alimento, por Ej.: el pasto se consume mejor si se lo oferta picado o molido, Ortega (1987).

i) Raza.

Maynard *et.al*, (1981), y Ortega, (1987), confirman que el coeficiente de digestibilidad esta influenciado por el factor raza produciéndose variabilidad de acuerdo a la raza.

j) Características de cada animal.

La digestibilidad, se considera que es más propiedad del alimento que del animal que lo consume. Pero es sabido que los factores supeditados al animal afectan, como la especie animal, rumiantes y no rumiantes, y dentro de la misma especie, como bovinos y ovinos, la edad y la salud, (enfermedades parasitarias o infecciosas), que pueden hacer variar la digestibilidad (Ortega, 1987)

3.1.2. DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD

Una prueba de digestión implica, cuantificar los nutrientes consumidos y las cantidades que se eliminan en las heces. Es importante que las heces representen el residuo no digerido, del alimento consumido previo pesado. O también el residuo de materia seca no digerida, en el proceso de digestibilidad *in vitro*. En los rumiantes, la ración a probarse, debe ser administrada en una misma cantidad por varios días como periodo preliminar a la evaluación, con la finalidad de eliminar restos de alimentos que no correspondan al alimento en estudio. Terminado el período preliminar se inicia el período de recolección, que puede prolongarse de 8 a 10 días. En general se considera, que cuanto más se prolongue el periodo de recolección se obtienen datos más precisos, ya que se reducen los efectos de las fluctuaciones periódicas. En la evaluación de la digestibilidad existen dos métodos completamente diferentes: a) Método *in vivo* b) Método *in Vitro*. En el método *in vivo* se evalúa la digestibilidad desde el punto de vista del animal vivo, procediéndose a la recolección de heces para su posterior evaluación. En el proceso de recolección de heces se debe evitar que se contaminen con la orina, utilizándose con esta finalidad diversos sistemas, como las jaulas metabólicas arneses que llevan sacos colectores de heces. También se usan sustancias inertes como medios indicadores que son administradas antes y después del alimento, determinando el inicio y al final de la digestión de la ración (Maynard, *et al* 1981)

Otra técnica utilizable en este método es la bolsa de nylon, la cual es exclusiva para evaluar la digestión ruminal. En esta técnica el alimento en cuestión se introduce en bolsas de nylon, se suspende en el rumen de un animal provisto de fístula ruminal, luego de un período de tiempo se retiran las bolsas y se determina la pérdida de material por la fermentación ruminal. Esta técnica proporciona valores similares a la digestión ruminal directa pero es de mucha utilidad cuando se trata de estudiar la digestión en rumen de los concentrados que no se puede efectuar en la técnica *in Vitro* (Church y Pond, 1977).

La técnica *in vitro* permite efectuar una simulación de la fermentación ruminal bajo condiciones controladas. Dentro de esta técnica se dispone de varios métodos como el de Tilley y Terry, Van Soest, y Tilley y Terry modificada por Moore, el de Alexander y McGowan y el de Texas A & M. La elección depende del objetivo buscado (Church y Pond, 1977; Narváez y Lascano, 1989).

La técnica *in vitro* en forma general, se usa licor ruminal de un animal fistulado, este material se coloca en el recipiente con una cantidad de líquido tampón, que simula la saliva y una muestra del forraje en estudio, entonces se deja fermentar a temperatura del rumen (39°C) durante un período de tiempo. Luego se procede a la digestión enzimática usando según la técnica, diferentes sustancias cáusticas que produzcan una digestión similar a

la efectuada por las enzimas del tracto digestivo del rumiante (Church y Pond, 1977: Goering y Van Soest, 1970).

3.1.2.1 Coeficiente de digestibilidad.

Lloyd, McDonald y Crampton (1982), definen que el coeficiente de digestibilidad es simplemente la cantidad del alimento ingerido, que no es recuperado posterior a la digestión y se expresa como porcentaje de absorción.

3.2. TÉCNICAS DE DIGESTIBILIDAD *IN VITRO*.

Las pruebas de digestión *in vivo* llevan bastante tiempo y son costosas especialmente en el ganado vacuno determinando la puesta a punto de técnicas *in Vitro* que permitan simular la fermentación ruminal bajo condiciones controladas. Estos métodos de fermentación ruminal han demostrado su utilidad para alimentos tamizados, como también en casos de disponer de poca cantidad de muestra de un forraje. Considerándose que el proceso nutricional de los rumiantes, no era sencillo como se suponía, se optó por efectuar investigaciones científicas que lleven a dilucidar los procesos físicos químicos del proceso digestivo de los rumiantes.

Para esto se llegó a investigar los procesos de degradación que sufrían los alimentos y sustancias nutricionales en el tracto digestivo. Determinando también los factores que coadyuvan en el proceso, observándose

diferencias que podrían existir en cuanto a edad, sexo y tipo de alimentación. Utilizándose en estos trabajos diferentes metodologías para lograr dicho objetivo, dividiéndolos en dos categorías definidas, técnicas *in vivo* y técnicas *in vitro*. Siendo esta última la que en el desarrollo de éste trabajo de investigación se utilizará para determinar la digestibilidad de las tres variedades *Brachiaria* (Goering y Van Soets 1970).

3.2.1. HISTORIA.

Los datos de investigación sobre digestibilidad *in vitro* que se tienen, según Goering y Van Soets citan a Moxon y Bentley (1955), Bentley (1959) y Johnson (1963), posterior a éstas primeras investigaciones se han desarrollado técnicas nuevas con objeto de poder obtener mayor precisión en los resultados, debido a que ocurren procesos biológicos que escapan en ciertos momentos a la voluntad del investigador. Entre los usos que se le pueden dar a la técnica *in vitro* se pueden observar:

- a) Digestión de 1a celulosa y factores que la afectan.
- b) Utilización de proteínas no nitrogenadas
- c) Metabolismo intermediario en ambos cultivos puros y asociados.
- d) Estudio de una proporción de fenómenos que requieren un estado de situación no estable.
- e) Estudio de simbiosis utilizados en ambos sistemas en vidrio y fluidos quimiostáticos continuos.

- f) Evaluación de estudios foráneos.
- g) Estudios de bioenergéticos presentes en la fermentación.
- h) Determinar coeficiente de digestibilidad de variedades forrajeras

Indudablemente a las técnicas *in vitro* se le puede dar una variedad de usos que pudieren ser añadidos a esta lista, sin embargo esto es suficiente para darse cuenta de su utilidad. Las ventajas que se tienen con las técnicas *in vitro* se basa en su facilidad de poder procesar gran cantidad de muestras a la vez, pudiéndose hacer estudios de actividad microbiana fuera del control e influencia del hospedero animal. Se han determinado dentro de las técnicas *in vitro* los sistemas: (a) Sistemas continuos de flujo y (b) Sistemas cerrados.

a) Sistemas continuos de flujos.- Este sistema consiste en simular durante el ensayo todos los procesos que puedan efectuarse dentro del rumen. Siendo ayudados por una serie de aparatos y técnicas que satisfacen este objetivo.

Durante el proceso se observará una serie de adiciones de nutrientes, que teóricamente ocurren en el rumen y que se efectúan durante el ensayo, dando de ésta forma la posibilidad de estudiar procesos microbiales que ocurren a nivel de rumen en un medio parecido al rumen *in situ*.

b) Sistemas cerrados.- Este sistema en contraste con el anterior es más simple, puesto que solamente cuantifica

ciertos procesos que se dan en la población microbiana del rumen. A pesar de haber recibido este sistema críticas se determinó que los resultados obtenidos son representativos con relación a los realizados en el rumen *in vivo* (Goering y Van Soets 1970)

3.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Para desarrollar en laboratorio la técnica de digestibilidad *in vitro*, es necesario conocer detalladamente los factores que a continuación se describen:

a) Soluciones Buffer.

Se han hecho varias investigaciones, en cuanto a la composición de soluciones Buffer, pero la mayoría de los experimentos de fermentación *in vitro* han estado utilizando la solución de McDougall's, que llega a ser una saliva artificial. No obstante de ser la más comúnmente usada, varios autores añaden algunas modificaciones.

Burroughs *et.al* (1950) añaden trazas de minerales a la solución de McDougall's. Donefert *et al* (1960) ajusta el pH con un proceso de fermentación de la solución. De ésta manera se determinó que pueden ocurrir variaciones en la preparación de la saliva artificial de acuerdo a las necesidades y tipo de experimento a efectuarse. Partiendo del hecho que los diferentes tipos de bacterias ruminales tienen sus medios óptimos para su desarrollo, Ej.: las

bacterias celulolíticas, son considerablemente sensibles a niveles altos de nitrógeno de úrea, dificultando la digestión de la celulosa. (Goering Van Soest, 1970)

b) Recipiente de fermentación.

El recipiente en el cual se efectuará la fermentación puede ser de vidrio o sintético. Siendo los recipientes de vidrio los que se utilizaban con mayor frecuencia por su practicidad, pero ahora se están utilizando los de plástico por su menor fragilidad y además habiéndose observado que no existe ninguna diferencia significativa en los resultados obtenidos, que pueda sugerir el desechado de alguno de los dos sistemas. Los recipientes pueden variar en tamaño de acuerdo al volumen (ml) que se requiera, 100, 150, 200 y 1,000 ml.

Durante el proceso de fermentación se debe considerar la remoción del material, en el tubo. Esto se lo puede hacer, por agitación o añadiendo en forma periódica CO_2 . La utilización de cualquiera de estos sistemas no muestra diferencias significativas en los resultados, por lo tanto se deja a criterio del técnico su utilización.

c) Temperatura.

La temperatura en el proceso *in vitro* es de mucha importancia por la presencia de bacterias que son sensibles a los cambios de temperatura, y que puede determinar el fracaso o éxito de un trabajo. La temperatura óptima que se

ha fijado para las bacterias ruminales es de 39°C, con una variación $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Las bacterias ruminales son más sensibles a las altas temperaturas, más de 40°C, que a las bajas temperaturas.

Los medios adecuados para mantener la temperatura en forma estable se conocen: el baño Maria, incubadoras y estufas. En general aparatos que puedan garantizar una temperatura estable a 39°C. (Goering *et al*, 1970).

d) pH óptimo.

La determinación del pH óptimo en este trabajo es de suma importancia, debido a que según éste varía la posibilidad de utilización por parte de las diferentes bacterias, en cuanto a la sustancia en cuestión, Ej.: la celulosa tiene su pH óptimo a 6,9 para ser digerida. En general se aconseja que el pH deba fluctuar entre 6,7 a 7,0. Estando en este rango se obtiene el pH óptimo para el proceso *in vitro*. (Goering *et al*, 1970)

e) Fuentes de inoculación

El manejo de la fuente de inoculación es importante en la técnica *in vitro*, siendo una fuente de error frecuente que influye en la variabilidad.

Existen varios sistemas de recolectar inóculos consistiendo el primer paso para cualquiera de estos en estandarizar durante un período de tiempo el alimento, Ej.:

la muestra en estudio son gramíneas. El segundo paso consiste en el sistema de colección que puede ser:

- a) Obtener el contenido ruminal y colocarlo intacto a los tubos de trabajo.
- b) Obtener el contenido ruminal someterlo a un exprimido utilizando una prensa y tamices.
- c) Obtener el contenido ruminal y someterlo a un centrifugado entre 1500 a 3000 rpm para luego someter este centrifugado a un lavado con solución Buffer.
(Goering y Van Soest, 1970)

f) Tiempo de fermentación

El tiempo de fermentación es variable dependiendo de los componentes a ser digeridos. Pero una digestión total ocurre en 48 horas, Ej. Los carbohidratos solubles se digieren a 1 o 2 horas de la digestión, la celulosa natural se digiere a las 6 horas, etc.

g) Terminación de fermentación *in vitro*.

La fermentación *in vitro* o celulosítica termina a las 48 horas siguiendo la digestión enzimática por el lapso de 24 horas, tiempo en el cual termina la digestión *in vitro* (Goering, Van Soets 1970)

3.3. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO PARA FORRAJERAS.

Para, conocer el rendimiento nutritivo de los forrajes es preciso conocer, su composición química no olvidando que una vez ingeridos los forrajes, no son aprovechados íntegramente por el rumiante. De una manera general se conocen dos clases de análisis; mediano e inmediato. El mediano determina los elementos biogénicos del forraje y el inmediato determina el valor nutritivo cuantitativamente. Utilizando agentes físicos como el calor, la disolución, la filtración, la destilación, etc. para lograr una desintegración analítica (Flores, 1977).

El sistema más usado para efectuar el análisis inmediato, según cita Bateman (1970), es el de Weende, por ser completo. Estando diseñado éste sistema para apoyar pruebas de digestión de forrajes.

3.3.1. Materia seca.

La determinación de materia seca consiste en la eliminación de agua libre por medio de calor, seguido por la determinación del peso del residuo. Para obtener materia seca es necesario someter las muestras a secado en hornos a temperaturas de 100°C por 24 horas para asegurar la eliminación de agua libre (MS total), pero también se puede obtener materia seca parcial a temperaturas de 60°C por 24 horas.

Church y Pond (1977), afirma que se constituye en el análisis que con mayor frecuencia se realiza en los laboratorios de nutrición, la razón consiste en que los alimentos naturales, tejidos, y demás productos contienen agua en porcentaje variable, y es necesario conocer el contenido de agua si se va a hacer una comparación analítica de los alimentos. En todo alimento la materia seca está constituida por dos porciones, una incombustible, compuesta por sales minerales, sales inorgánicas y cenizas; la porción combustible compuesta por proteína cruda, grasa cruda, extracto libre de nitrógeno y fibra bruta. La materia seca se mide sobre dos bases a saber: (a) secada al aire y (b) base seca.

a) Secado al aire.- Se refiere a aquel material que está en equilibrio de agua con el medio ambiente. Siendo esto una dificultad para realizar trabajos científicos, ya que el contenido de agua libre en la muestra variaría de acuerdo a la humedad del medio ambiente. (Bateman, 1970)

b) Base seca.- Es la materia seca determinada de acuerdo a su peso, efectuada por secado en horno, facilitando el manejo de muestras y su conservación sin que sufran cambios significativos (Bateman, 1970)

3.3.2. Fibra bruta.

El principal componente de la fibra bruta (FB) es la celulosa, debido a esto su digestibilidad depende de la cantidad de celulosa que contenga, también la componen

hemicelulosa y lignina, variando en su proporción de acuerdo al tipo de FB. La digestión de la FB es llevada a cabo por una flora microbiana que se encuentra en el rumen y ciego, que viven en forma simbiótica en estas porciones del tracto digestivo del hospedador, cuya dieta está formada por material fibroso de plantas (Crampton y Harris, 1974; Maynard *et al*, 1981).

Al ser atacada por la flora microbiana, la celulosa y la hemicelulosa se degradan principalmente en ácidos grasos volátiles (propionico, acético y butírico), y los procesos fermentativos que ocurren en el tracto digestivo dan origen a grandes cantidades de Dióxido de carbono y metano. La capacidad de digerir la FB difiere de una especie a otra e incluso entre individuos de la misma especie y edad, debido a la diversidad y tamaño de la microflora ruminal (McDonald, Edwards y Greenhalgh, 1975).

La formación de dióxido de carbono y metano como consecuencia del proceso fermentativo de la FB, por un alto contenido de celulosa, produce una pérdida de energía útil que el animal podría obtener de la FB. El animal puede perder 400 Kcal. diarias en este proceso, que equivale a una tercera parte de la energía de mantenimiento de un animal de 550 Kg. de peso vivo, por tanto se considera que en este proceso fermentativo se pierde 10% de Energía Digestible (ED) de la dieta (McDonald, *et al* 1975; Crampton y Harris 1974). Estos productos finales de la digestión de la FB ingresan al metabolismo intermediario como ácidos grasos, no como azúcares y no siguen el camino glicolítico

de azúcares o piruvatos, en su lugar, el ácido acético se convierte directamente en Acetil Coenzima A, el ácido propionico ingresa en el ciclo tricarboxílico como succinil coenzima A. Por su parte los gases son eliminados por eructos y por impregnación en las heces (Maynard, *et al* 1981).

3.3.2.1 Función física de la fibra.

Dentro de las funciones físicas que cumple la fibra, se consideran dos:

- a) **Proporciona volumen y energía.-** La fibra proporciona volumen en la dieta por su poco valor nutritivo y baja digestibilidad, que puede ser compensado utilizando alimentos poco voluminosos concentrados. La utilización de fibra como volumen se la efectúa cuando se quiere dar dietas poco nutritivas pero que satisfagan el hambre del animal, o sea, se cubre el volumen pero se disminuye la ingestión calórica (McDonald, *et al* 1975; Maynard, *et al* 1981).
- b) **Propiedades laxantes.-** La fibra tiene propiedades laxantes, debido a que los ácidos grasos producidos en la digestión actúan como irritantes, que produce la acción laxante, habiéndose comprobado que los residuos con mayor efecto laxante contienen mayor cantidad de ácidos grasos. Esta propiedad laxante puede ser disminuida por la

presencia de niveles altos en lignina (Maynard, *et al* 1981 y McDonald *et al*, 1975).

3.3.2.2 Factores que alteran la utilización de fibra bruta.

Los factores que afectan la utilización de la fibra bruta son diversos:

- La edad de los animales (los adultos digieren mejor la (FB).
- Composición nutritiva de la dieta.
- Composición de la microflora ruminal
- Forma de presentación del alimento fibroso.
- Naturaleza propia de la fibra (Si está o no lignificada).

La lignina se constituye en un problema importante en la utilización de la FB dificultando su degradación por parte de la microflora celulolítica, retardando el proceso digestivo. Pero, se ha visto, que se puede ayudar a este proceso sometiendo a la FB lignificada, a un proceso de prefermentación mediante métodos químicos, quedando rota la cubierta dura y de esta manera se agiliza la acción digestiva microbiana (Lloyd, MacDonald y Crampton 1982; McDonald *et al*, 1975).

3.3.3. Proteína bruta.

Lloyd, *et al* (1982) destaca que las proteínas están formadas por una o más cadenas de aminoácidos. Estas

cadenas reciben el nombre de polipéptidos debido a que los aminoácidos están unidos por uniones amidas, conocidos como enlaces peptídico. La forma como se combinan los aminoácidos determinan la composición bioquímica de la proteína, pero su valor nutritivo está determinado por la cantidad de los distintos aminoácidos que entran en su composición. En caso de deficiencia energética las proteínas pueden ser utilizadas como fuente de energía, pero generalmente actúan como fuente de aminoácidos, para que el organismo sintetice sus propias proteínas estructurales y funcionales.

El exceso de ingestión de proteínas puede producir trastornos metabólicos por que los aminoácidos no pueden ser almacenados como los carbohidratos y grasas. Al contrario son inmediatamente catabolizados y debe ser excretado el nitrógeno. La proteína constituye el 16% de la composición del organismo de un adulto (McDonal *et.al*, 1975).

El material a ser utilizado es digerido en primer lugar por ácido sulfúrico concentrado que transforma el nitrógeno en SO_4NH_4 , posteriormente se enfría ésta mezcla se diluye con agua y se neutraliza con Nitrato de Amonio que pone el nitrógeno en forma de amonio ionizado, se destila la muestra y el destilado se titula (Church y Pond, 1977).

3.3.4. Fósforo.

Al igual que con el calcio, su mayor concentración se encuentra en los huesos, donde se localiza el 85% del fósforo orgánico en el plasma se encuentra en niveles de 4 a 9 miligramos por 100 ml. El fósforo debe estar presente en los alimentos en cantidades tales que la relación calcio-fósforo sea de 3 a 1, exceptuando a la vaca lechera que debe tener una relación 5 a 1. Además de la formación ósea, el P también es esencial para el funcionamiento adecuado de los microorganismos del rumen, especialmente aquellos que digieren las celulosas de las plantas y la utilización de la energía de los alimentos y en el metabolismo de las proteínas (Mc Dowell, Conrad, Ellis y Loosli, 1984)

3.4. FORRAJERAS

Las forrajeras en general, se constituyen en la fuente principal de alimentación de] ganado, en su distintas clases y tipos que a su vez estos poseen alimentos de alta calidad para el hombre. Los forrajes se constituyen en una alternativa para la agricultura. El cultivo de forrajeras se utiliza habitualmente como parte de un proceso de recuperación de suelos a los que puede aportar mejorando, su estructura, fertilidad, evitando la erosión eólica e hídrica que generalmente son causas de la degradación de los suelos.

Las pasturas se pueden clasificar en perennes y temporales, caracterizándose las primeras por no necesitar de una siembra anual pues tan solo puede hacerse una siembra de cobertura, en el segundo caso es necesario la siembra anual para poder disponer de ella (Cortez, 1982).

Las variedades a las que nos dedicaremos en el experimento se las clasifican en perennes, específicamente al género ***Brachiaria***, en sus especies ***decumbens***, ***humídicola*** y ***mutica***, de las que a continuación describiremos algunas de sus características generales.

3.4.1. *Brachiaria decumbens*

Es originaria del Continente Africano, propiamente del Este Africano de donde fue introducida a América. De un modo general la ***B. decumbens*** adapta bien en las áreas tropicales, zonas donde la estación seca no dure más de 4 a 5 meses. Esta gramínea necesita precipitaciones pluviales de 1.000 mm por año. (Braguin, 1980).

Características.- Tiene una alta producción de materia verde, es bastante agresiva, soporta el pisoteo y la quema. En zonas fértiles puede formar capas de 30 a 90 cm. de altura. Es útil en el combate de la erosión debido a su capacidad de cobertura. Tiene una buena digestibilidad y palatabilidad, soportando de dos a cinco cabezas por ha., puede producir una ganancia de peso de 0.80 a 1,200 g/día una producción de masa verde de 20 a 35 Tn/ha, resistente a las plagas.

Puede ser asociada con **Siratro**, **Centrosema**, **soya perenne** y **Pueraria**, teniendo especial cuidado en la época y densidad de siembra por la agresividad que demuestra la **B. decumbens**. Se necesitan de 6 a 10 Kg. de semilla por ha, recomendándose la siembra en épocas lluviosas, en los meses de Octubre a Febrero. Debiéndose esperar entre 90 a 120 días para someter al primer pastoreo (Braguim, 1980).

Plagas.- Las gramíneas del género **Brachiaria**, se difundieron rápidamente por su adaptación y producción de materia verde. Lamentablemente, la **Brachiaria decumbens** es susceptible al ataque de plagas pertenecientes a la familia **Cercopidae**, como la **Zulia spp.**, **Aeneolamia astralis** y **Makanaba spp.** Produciendo una disminución en el rendimiento de materia seca por hectárea (Valles, 1984; Ferrufino y Vallejos, 1986).

Cualidades Nutritivas.- En trabajos efectuados, para determinar el valor nutritivo de la **B. decumbens**, se reportan estudios **DIVMS**, efectuado por Laredo (1981), trabajo que comprendió la época seca y lluviosa, tomándose muestras semanales que reportaron los siguientes resultados, para la época lluviosa 60,3% de **DIVMS** y la época seca 61,2% de **DIVMS**.

Moura, (1980) reporta trabajos realizados en la Escuela de agricultura Queirón en el Brasil, en Noviembre de 1974 a Junio de 1975 en **B. decumbens** por el método de la bolsa de nylon, en muestras de cortes a los 45, 90 y 135 días de

rebrote dando como resultado los siguientes datos para la digestibilidad de materia seca; 70,5% a los 45, 61,4% a los 90 y 61,9% a los 135 días. Para la materia orgánica; 70,8% a los 45, 60% a los 90 y 62,8% a los 135 días.

En el CIAT- Misión Británica el departamento de pastos reporta datos de FB, PB y P para ***B. decumbens*** como se muestra en el cuadro 1.

CUADRO 1. Análisis bromatológico (BMS) de ***Brachiaria decumbens*** a los 12, 24, 36, 48, 60 y 72 días de rebrote.

Rebrote (días)	Proteína bruta	Fibra -----	Calcio %	Fósforo -----
12	18,5	22,5	9,30	0,52
24	16,0	24,9	0,31	0,52
36	12,4	25,1	0,27	0,48
48	10,8	25,6	0,33	0,42
60	6,9	25,5	0,34	0,29
72	4,0	27,2	0,15	0,31

Fuente: Aguirre y Cardona (1988)

3.4.2. *Brachiaria humidicola*

Esta variedad también es originaria del África, pero crece espontáneamente en la región amazónica. Es una variedad que tiene una capacidad de adaptación notable, en relación a las otras.

Tiene un crecimiento rastrero inicialmente, luego se hace erecta. Además se pudo observar que el inicio de su implantación se desarrolla lentamente para tornarse agresiva. Desarrollando una capacidad de cobertura casi de 100%. Es un pasto que necesita un buen manejo para evitar su endurecimiento debido a la edad. Los resultados de análisis bromatológicos revelaron no haber diferencias marcadas entre la *humidicola* y las demás *Brachiarías* (Braguin, 1980).

Características.- Es una gramínea perenne, puede crecer de 30 a 100 cm. de altura dependiendo de las condiciones de fertilidad del suelo, pudiendo ser utilizada en pastoreo directo o formación de heno. Se ha observado una digestibilidad y palatabilidad buena, tiene una capacidad de soporte de 2 a 5 cabezas/ha/año, soporta precipitaciones pluviométricas arriba de los 600 mm anuales. Dando una ganancia de peso de 0,700 a 1,2 Kg., buena resistencia al frío o sequía, una producción de materia verde de 30 a 35 tn/ha, resistencia a las plagas. Para la siembra es necesario de 6 a 8 Kg./semilla/ha. La época recomendada de siembra es entre los meses de Noviembre a Diciembre. Su asociación con otros pastos es difícil, recomendándose la con *Pueraria y Siratro*. El primer pastoreo puede efectuarse después de los 120 a 150 días (Braguim, 1980).

Plagas.- Inicialmente se utilizó la *Brachiaria humidicola*, por su demostrada resistencia en las plagas. Pero en estudio reciente se reporta que son atacadas por distintas variedades de cigarrillas de las pasturas como la *Dois*

spp., *Zulia spp* y la *aenolamia reducta* (Diaz Filho, 1983). También se reportan que la cochinilla *Antonina graminis*, fue observada atacando fuertemente pastos de *B. humidicola*. Otras plagas verificadas también son las larvas de *Lepidópteros* como la *Mosistaptises* y *Spodopteras frujiperma* que ataca. En el Brasil también se reporta el ataque de un hongo en *B. humidicola* el *Ephellis spp*, atacando paniculas y provocando Hipertrofia de la semilla (Diaz Filho, 1983).

Cualidades Nutritivas.- Sobre las cualidades nutritivas de la *B. humidicola* se tienen varios estudios como los que da Diaz Filho (1983), donde informa que la *B. humidicola* tiene 7,7; 6,7 y 4,9 de proteína bruta y una digestibilidad *in vitro* de materia seca 59,3, 54,6 y 51 1% en corte de 35,65 y 95 días de crecimiento (Hoyos y Lascano, 1985). Camarao *et al* (1983) en Belén, Brasil reporta para la *B. humidicola* sometida a digestibilidad *in vitro* en corte de 35, 65, y 95 días con los siguientes resultados 59,3%, 54,6% y 51,1%, causando una reducción en la digestibilidad *in vitro* de 0,13% por día promedio.

En el CIAT-Misión Británica, el departamento de pastos reporta datos de FB, PB y P para *B. humidicola* como se muestra en el cuadro 2.

CUADRO 2 Análisis bromatológico de (BMS) *Brachiaria humidicola* a los 12, 24, 36, 48, 60 y 72 días de rebrote.

Rebrote (días)	Proteína bruta	Fibra -----	Calcio %	Fósforo -----
12	11,0	25,6	0,37	0,49
24	10,3	28,8	0,42	0,57
36	8,8	29,1	0,42	0,45
48	6,9	32,9	0,28	0,37
60	6,1	32,5	0,33	0,38
72	5,0	34,1	0,19	0,36

Fuente: Aguirre y Cardona (1988)

3.4.3. *Brachiaria mutica*.

Es un pasto nativo de África y América tropical creciendo como especie nativa de Colombia. Es abundante en regiones tropicales y subtropicales húmedas (Braguin, 1980, Cortez, 1982).

Características.- Gramínea estolonífera perenne, tiene capacidad de cobertura total, adaptable a regiones tropicales y subtropicales en alturas de 1,800 mts sobre el nivel del mar. Resistente a inundaciones prolongadas, heladas y se mantiene verde durante todo el año. Tiene una capacidad de carga de 1.5 cabezas/ha/año, la siembra puede

ser por estolones o semilla, en el primer caso se utiliza 1,5 a 2 Tn de material vegetativo y si es por semilla se aconseja de 6 a 8 Kg./Ha. La siembra preferentemente se la debe hacer en épocas húmedas para el rápido establecimiento de la pastura. Se aconseja practicar un pastoreo rotacional evitando de esta manera casos de sobre pastoreo que se puedan dar por su palatabilidad (Braguin, 1980; Cortez, 1982).

Plagas.- Las plagas mas comunes observadas en ésta variedad son las comúnmente conocidas, como ser la ***Dois spp.*** ***Zulia spp.*** ***A Aenolomia astralis***. (Días Filho, 1983).

Características Nutritivas.- Existen pocos estudios sobre las cualidades nutritivas de la ***B. mutica***, reportando Forero (1973) estudios en Colombia en el valle del Cauca sobre la digestibilidad de materia seca y materia orgánica en ***B. mutica*** obteniendo promedios de 59,3%, 61,47% y 60,27%.

En el CIAT-Misión Británica el departamento de pastos reporta datos de FB, PB y P para ***B. mutica*** mostrados en el cuadro 3

CUADRO 3 Análisis bromatológico (BMS) de *Brachiaria mutica* a los 12, 24, 36, 48, 60 y 72 días de rebrote.

Rebrote (días)	Proteína bruta	Fibra -----	Calcio %	Fósforo -----
12	15,1	22,5	0,31	0,43
24	12,0	22,5	0,33	0,49
36	11,2	24,7	0,34	0,48
48	9,2	26,2	0,41	0,50
60	7,3	27,4	0,31	0,47
72	7,0	28,3	0,28	0,40

Fuente: Aguirre y Cardona (1988)

3.5 ACTUALIZACION BIBLIOGRAFICA.

En trabajos realizados en Colombia, con la finalidad de medir el rendimiento, persistencia y la capacidad de carga de la **B. decumbens**, se realizó experimentos con novillos en pastoreo continuo. Donde se realizaron análisis en laboratorio para la evaluación de proteína cruda (método de Kjeldahl, 1960), de fibra en detergente ácido por el método descrito por Harris (1970), y la digestibilidad **in vitro** por el método de Tille y Terry (1963), modificada en laboratorios del ICA (Velásquez y Cuestas, 1990).

Para evaluar la solubilidad de la proteína y la degradabilidad ruminal de **Brachiaria humidicola** en sistemas Silvopastoriles con **Acacia mangium**, realizada en el instituto del **CATIE**, tratando de definir si la asociación de gramíneas con árboles afectaban la digestibilidad (**DIVMS**) de forma significativa. En el análisis químico las muestras de **B. humidicola** fueron refrigeradas durante el transporte, posteriormente secadas a 60°C durante 48 horas y posteriormente molidas en el molino de Milley. En este trabajo se determinó la fibra bruta, lignina, cenizas y proteína cruda, la digestibilidad **in vitro** de materia seca se determino por la técnica de Tille y Terry (1963), la solubilidad de la proteína mediante la solución buffer de borato-fosfato (Bolívar **et.al**, 1999).

En los últimos trabajos realizados en el CIAT de Colombia con la finalidad de seleccionar y promover el desarrollo de

genotipos en gramíneas y leguminosas con alta calidad forrajera, seleccionando híbridos de **Brachiarías** con alto contenido de proteína cruda y alta digestibilidad, se han desarrollado técnicas innovadoras como el NIRS, que es una ecuación de calibración espectroscópica de infrarrojo cercano, para medir la proteína cruda en estos híbridos, siendo la digestibilidad (**DIVMS**), evaluada por la técnica de Tilley y Terry en sus dos fases (Ávila P.,Lascano J.W., **et al**, 2004).

Para (López **et al**, 2000), en su trabajo de evaluación de la influencia del manejo de pastoreo, cuando determina las técnicas de análisis del forraje, en la determinación de la digestibilidad(DIVMS), la realizo con el método de Tilley y Terry (1963), usando muestras de forraje seco, sometiénolas a digestión con microorganismos del rumen por 48 horas, seguido de una digestión por 48 horas con pepsina y ácido clorhídrico, midiendo de esta forma la fracción fibrosa y soluble digestible de las muestras.

Se ha observado que el método de Tilley y Terry (1963), es una de las técnicas mas utilizadas en los procesos de evaluación de la digestibilidad **in vitro** de los forrajes tanto gramíneas y leguminosas, obteniéndose resultados de buena confiabilidad, prueba de ello es la revisión citada, en la cual se demuestra la vigencia de esta alternativa laboratorial en la evaluación de forrajera.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Material

4.1.1. Descripción del Área de Estudio

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental de Saavedra (E.E.A.S.) dependiente del CIAT. Ubicado a 17° 14' de latitud Sur y 63°10' de longitud Oeste, a una altitud de 230 a 380 m.s.n.m., localidad de General Saavedra, capital de la segunda sección de la Provincia Obispo Santiestevan del Departamento de Santa Cruz, Bolivia.

El área se caracteriza climatológicamente por una temperatura anual media de 23,5°C, una humedad relativa de 73,84 % y una precipitación pluvial de 1.250 mm (promedio de los 10 últimos años).¹

4.1.2. Unidad de Muestreo

En el presente trabajo se utilizaron muestras de pastos de tres especies de *Brachiaria* (*decumbens*, *humidicola* y *mutica*). Que fueron obtenidas en la E.E.A.S de parcelas sembradas para fines de evaluación bromatológica en época seca y lluviosa.

4.2. Métodos

¹ Datos obtenidos del servicio de meteorología e hidrológica de CIMCA Santa Cruz – Bolivia.

4.2.1. Método de Campo

Las parcelas fueron desbrozadas simultáneamente a una misma altura. Las edades de corte para obtener las muestras fueron a los 12, 24, 36, 48, 60 y 72 días desde el rebrote, en cada corte se carecieron tres repeticiones.

4.2.2. Método de Laboratorio

Las muestras fueron llevadas al laboratorio, para ser secadas en estufas a 40°C por 72 horas y luego molidas, siendo conservadas en bolsitas de nylon previamente identificadas. En el laboratorio del CIAT Misión Británica, se efectuó el análisis bromatológico de las muestras y posteriormente se las llevo al laboratorio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, para someterla a digestibilidad *in vitro*, por el método de Tilley y Terry modificado por Moore. (Goering y Van Soest, 1970)

Para el trabajo de digestibilidad *in vitro*, se utilizó un animal fistulado, de un año de edad del cual se hizo colección de] inóculo. El animal fue alimentado diariamente a corral, con una gramínea de corte (Taiwán) y se suplementó sal minera] (50 g/día), mezclada con afrecho (2 Kg. /día).

El animal fue sometido a un período de acostumbramiento de 10 días, para fortalecer la flora bacteriana. La colección del inóculo fue por prensado del contenido ruminal extraído en un recipiente gaspak enriquecido con

CO₂, para luego ser llevado al laboratorio donde se efectuó un segundo filtrado antes de ser utilizado en los tubos. En el procesamiento de las muestras se hicieron nueve repeticiones por corte. Laboratorio se utilizó la técnica de Tilley y Terry, citado por Goering y Van Soest (1970), que a continuación se describe en forma resumida:

Día 1

- a) Se pesa la muestra a 0,5g de materia seca, y se coloca al tubo agregándole 3 ml de agua destilada para humedecer la muestra.
- b) Preparar tres tubos para colocar licor ruminal sin muestra (blancos).
- c) Pesar un gramo de muestra y pasar al crisol, el crisol debe ser pesado previamente, el crisol con muestra se coloca al horno a 105°C por 24 horas. Para conocer el peso de M.S de la Muestra.
- d) Preparar la saliva artificial tomando en cuenta que la relación saliva-licor que es de 4 a 1. Luego colocar a la estufa a 39°C

Día 2

- a) Preparar los tubos en orden para colocar el inóculo.
- b) Calibrar el pH de la Saliva artificial a 6.9 y mantener a 30°C.
- c) Colectar el inóculo del animal fistulado, en un recipiente de gaspak enriquecido con CO₂ y atemperado.

- d) Colocar el licor ruminal o inóculo en la saliva artificial en relación 4 a 1.
- e) Se coloca el inóculo en forma continua en los tubos (50 ml por tubo).
- f) Se colocan los tubos en estufas a 39°C para la incubación por 48 horas.

Día 3

- a) Se continúa con la remoción cada dos horas y control de temperatura de la estufa.
- b) Se colocan los crisoles lavados al horno a 105°C por 24 horas.

Día 4

- a) Se para el agitado y se empieza a dosificar pepsina ácida, colocándose 1,5 ml y se espera que deje de espumear, se coloca otros 1,5 ml y luego 2 ml completando los 5 ml.
- b) Se limpian las paredes de los tubos con agua destilada y se colocan a la estufa por 24 horas.
- c) Se sacan los crisoles del horno al enfriador al vacío de cristal, se espera 2 horas y luego se pesan en la balanza de precisión.

Día 5

- a) Se sacan los tubos y se filtran en los embudos conectados a la batería de vacío, lavando los tubos con agua destilada

abundante, para luego colocar el residuo a los crisoles.

- b) Poner los crisoles a una plancha secadora para eliminar el agua excedente por evaporación evitando que se queme la muestra.
- c) Colocar los crisoles con muestra al horno, a una temperatura de 105 a 110° C por 24 horas.
- d) Sacar las muestras luego de las 24 horas, colocar en el enfriador de vidrio al vacío, y pesar en la balanza de precisión.

4.2.3. Método Estadístico

Los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio de la digestibilidad mediante la técnica de Tilley & Terry modificada por Moore, fueron sometidos a un análisis de varianza para un diseño de bloques al azar con parcelas perdidas. Donde los bloques fueron las especies forrajeras, y los tratamientos las edades de cortes. Determinándose el grado de interacción de ambos factores. También se efectuó el análisis de correlación múltiple, entre el coeficiente de **DIVMS** vs. edades, MS, PB, FB, P. Sometiéndose estos resultados a un cuadro de ANAVA para determinar la significancia de éstos factores.

V. RESULTADOS

Los resultados individuales obtenidos en la determinación de la digestibilidad *in vitro*, para las tres especies de **Brachiaria** en condiciones de época seca comparando seis estados de cortes con diferencia de 12 días cada una se muestra en el cuadro 9 (anexo). El promedio general de **DIVMS** por especie (cuadro 4) fue de 63,98%, 61,28% y 61,91% para las especies **Decumbens**, **humidicola** y **mutica**, respectivamente, se observó que la **Decumbens** fue superior ($P < 0,05$) a **humidicola** y **mutica**.

Como es obvio se observaron diferencias de **DIVMS** dentro de especies ($P < 0,05$) comparando edades, pero así mismo se observa una interacción significativa ($P < 0,05$) Edad de corte por especie. Referente a **B. decumbens** (cuadro 4) ésta presentó un decremento en su coeficiente de digestibilidad de 73,09% a 48,86% en 72 días que duró la primera muestra que para **humidicola** y **mutica** los decrementos fueron de 71,08 a 51,25% y de 69,36% a 54,81% respectivamente. Considerando una comparación de medias en relación a una misma edad de corte entre especies (cuadro 5), se observa que la **decumbens** fue superior ($P < 0,05$) a **humidicola** y **mutica**, sin embargo a la edad de 72 días la **B. mutica** presentó el **DIVMS** superior y **B. decumbens** la inferior.

Efectuado el análisis de correlación múltiple para las tres especies se observó: Para **decumbens** el coeficiente de digestibilidad vs. Edad, MS, PS, FB y P tienen su coeficiente de correlación de: ($r = -0,89$) edad; ($r = -0,76$) MS; ($r = 0,89$) PB; ($r = -0,86$) FB y ($r = 0,76$) P. con un R^2 ajustado para el modelo de regresión de 0,95 (cuadro 6).

El análisis de varianza para el coeficiente de correlación es significativo ($P < 0,05$) para el coeficiente de digestibilidad vs. edad, MS, PB, FB y P (cuadro 12) (Anexo)

En ***B. humidicola*** muestra que los coeficientes de digestibilidad vs. edad ($r = -0,92$), MS ($r = -0,852$); PB ($r = 0,849$); FB ($r = -0,876$) y P ($r = 0,617$) con un $R^2 = 0,908$ (cuadro 7). En el análisis de varianza para el modelo de regresión se observa que los coeficientes de correlación son significativos ($P < 0,05$) para la correlación del coeficiente de digestibilidad Vs. edad (Días) MS, PB, FB y P (cuadro 13) (Anexo) y en ***B. mutica*** la correlación del coeficiente de digestibilidad vs. edad es ($r = -0,949$); MS ($r = -0,876$); PB ($r = 0,942$); FB ($r = -0,899$) y P ($r = -0,378$). Con un R^2 ajustado para el modelo de correlación múltiple de $0,935$, (cuadro 8). El análisis de Varianza del modelo de regresión muestra que los coeficientes son significativos ($P < 0,05$) para la correlación del coeficiente de digestibilidad vs. edad MS, PB, FB y P (cuadro 14) (Anexo)

**CUADRO 4.- COMPARACIÓN DE COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD
(% DIVMS) POR ESPECIES A DIFERENTES EDADES DE**

CORTE.

EDAD (días)	<i>B r a c h i a r i a</i>					
	<i>decumbens</i>		<i>humidicola</i>		<i>mutica</i>	
	$\bar{X}$	$\pm D.S.$	$\bar{X}$	$\pm D.S.$	$\bar{X}$	$\pm D.S.$
12	73,09 ^a	1,52	71,08 ^a	2,69	69,36 ^a	2,82
24	68,84 ^b	0,70	65,74 ^b	0,88	64,53 ^b	0,69
36	66,00 ^{bc}	0,81	61,98 ^{bc}	1,74	62,40 ^b	1,10
48	64,71 ^c	0,59	59,61 ^c	0,44	61,94 ^b	0,48
60	62,37 ^c	0,86	58,05 ^c	0,91	58,41 ^c	1,60
72	48,86 ^d	3,34	51,25 ^d	1,29	54,81 ^d	0,50
GENERAL	63,98 ¹		61,28 ²		61,91 ²	

- a, b, c, d, Exponentes literales distintos entre columnas difieren entre si ($P < 0.05$).
- 1,2, Exponentes numéricos distintos entre líneas difieren entre si ($P < 0.05$)

**CUADRO 5.- COMPARACIÓN DE COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD
(% DIVMS) POR ESPECIES A UNA MISMA EDAD DE
CORTE.**

EDAD (días)	<i>B r a c h i a r i a</i>					
	<i>decumbens</i>		<i>humidicola</i>		<i>mutica</i>	
	X	±D.S.	X	±D.S.	X	±D.S.
12	73,09 ^a	1,52	71,08 ^{ab}	2,69	69,36 ^b	2,82
24	68,84 ^a	0,70	65,74 ^b	0,88	64,53 ^b	0,69
36	66,00 ^a	0,81	61,98 ^b	1,74	62,40 ^b	1,10
48	64,71 ^a	0,59	59,61 ^b	0,44	61,94 ^{ab}	0,48
60	62,37 ^a	0,86	58,05 ^b	0,91	58,41 ^b	1,60
72	48,86 ^b	3,34	51,25 ^b	1,29	54,81 ^a	0,50

- a,b, Exponentes literales distintos entre líneas difieren entre si (P< 0.05)

**CUADRO 6.- COMPORTAMIENTO PROMEDIO DE DIVMS (%) DE LA
B. *Decumbens* CONSIDERANDO EDAD Y ANÁLISIS
BROMATÓLOGICO.**

EDAD (días)	DIVMS %	COMPOSICION BASE MATERIA SECA ^a			
		MS	PB	FB	P
12	73,09	21,6	18,5	22,5	0,52
24	68,84	24,8	16,0	24,9	0,52
36	66,00	27,4	12,4	25,1	0,48
48	64,71	30,2	10,8	25,6	0,42
60	62,36	30,9	6,9	25,5	0,29
72	48,86	31,2	4,0	27,2	0,31
Media	63,98	27,69	11,42	25,11	0,42
* -0,89		-0,76	+0,89	-0,86	0,86

$$Y = 57.28 - 0.839 (\text{edad}) + 2,76 (\%MS) - 0,473 (\%PB) - 0,199 (\%FB) - 0,611 (\%P).$$

$$R^2 = 0,905$$

- a Fuente de valores Bromatológicos: Cardona M. (1988)
- Coeficiente de correlación múltiple.

CUADRO 7.- COMPORTAMIENTO PROMEDIO DE DIVMS (%) DE LA *B.humidicola* CONSIDERANDO EDAD Y ANÁLISIS BROMATOLÓGICO.

EDAD (días)	DIVMS %	COMPOSICION BASE MATERIA SECA ^a			
		MS	PB	FB	P
12	71,08	22,2	11,0	25,6	0,49
24	65,74	23,7	10,3	28,8	0,57
36	61,98	31,5	8,8	29,1	0,45
48	56,61	32,8	6,9	32,9	0,37
60	58,05	32,5	6,1	32,5	0,38
72	51,25	34,6	5,0	34,1	0,36
Media	61,66	29,18	8,24	30,30	0,44
* -0,95		-0,85	+0,85	-0,87	0,62

$$Y = 103,31 - 0,36 (\text{edad}) - 0,301(\%MS) + 1,055 (\%PB) - 0,144 (\%FB) - 0,116 (\%P).$$

R^2 ajustado = 0,908.

- a Fuente de valores Bromatológicos: Cardona M. (1988)
- Coeficiente de correlación múltiple.

CUADRO 8.- COMPORTAMIENTO PROMEDIO DE DIVMS (%) DE LA *B. mutica* CONSIDERANDO EDAD Y ANÁLISIS BROMATOLÓGICO.

EDAD (días)	DIVMS %	COMPOSICION BASE MATERIA SECA ^a			
		MS	PB	FB	P
12	69,36	20,3	15,1	22,5	0,43
24	64,53	22,0	12,0	22,5	0,49
36	62,40	22,8	11,2	24,7	0,48
48	61,94	23,4	9,2	26,2	0,50
60	58,41	26,9	7,3	27,4	0,47
72	54,81	32,2	7,4	28,3	0,40
Media	61,83	24,81	10,63	25,45	0,48
* -0,95		0,88	0,94	-0,89	-0,38

$$Y = 68,54 - 0,0148 (\text{edad}) + 0,192(\%MS) + 1,003 (\%PB) - 0,579 (\%FB) - 5,820 (\%P).$$

$$R^2 \text{ ajustado} = 0,935.$$

- a Fuente de valores Bromatológicos: Cardona M.
- Coeficiente de correlación múltiple

VI.- DISCUCIÓN

La técnica *in vitro* en pruebas de digestibilidad de alimentos, especialmente tratándose de rumiantes, permite efectuar una simulación de la fermentación ruminal bajo condiciones controladas, evitando de ésta manera la morosidad y elevado costo económico que con lleva la realización de éste tipo de pruebas *in vivo*. Habiéndose desarrollado diferentes técnicas precisas, como el método de Tilley y Terry, Van Soest, Alexander y McGowan, Tilley y Terry modificado por Moore y el de Texas A&M, los cuales pueden ser utilizados indistintamente según el objetivo del trabajo (Church y Pond 1977; Narváez y Lascano, 1988).

El método de Tilley y Terry modificado por Moore, que fue el más adecuado, de acuerdo a datos proporcionados por Narváez y Lascano (1989), en su trabajo de comparación de métodos de determinación incluyendo que los resultados obtenidos por éste método son confiable en los estudios de **DIVMS**.

Reid y Post (1973) citados por Seiffert (1980) en experimentos efectuados sobre la digestibilidad de materia seca (**DIVMS**) de las *Brachiarias* observó que la digestibilidad puede ser modificada, con los grados de fertilización y que también el coeficiente de digestibilidad se mantiene a niveles elevados por largo tiempo como se muestra en el (cuadro 11, Anexo).

Laredo (1981) en trabajos efectuados con ***Brachiaria decumbens*** durante la época seca y lluviosa, con recolecciones semanales de muestras, reporta que obtuvo coeficientes de digestibilidad para la época lluviosa de 60,3% y en la época seca de 61,2% como promedio en el presente trabajo se obtuvo un promedio de 63,98% para ***Brachiaria decumbens*** en época seca.

Diaz Filho (1983) reporta trabajo de **DIVMS** con ***Brachiaria humidicola*** en las cuales obtuvo coeficientes de 59,3%, 54,6% y 51,1% en cortes de 35, 65 y 95 días de rebrote.

Mientras que Camarao **et al** (1983) en Belén Brasil, reporta para ***Brachiaria humidicola*** coeficientes parecidos a los obtenidos por Díaz Filho, de 59.3%, 54.6% y 51.1% a edades de 35.65 y 95 días de rebrote.

Para edades de recolección parecidas, en el experimento, se obtuvieron coeficientes de digestibilidad de 59,61%, 58,05% y 51,25% a edades de 48, 60 y 72 días de rebrote. Observándose que los resultados obtenidos por Camarao **et al**, (1983) en relación con los obtenidos en el experimento, son relativamente parecidos y con una variación menor.

En experimentos efectuados por Forero (1973) Colombia, en ***Brachiaria mutica*** para la época seca obtuvo coeficiente de digestibilidad (**DIVMS**) promedio de 61,27% en el presente trabajo para la misma época en ***Brachiaria mutica*** se obtuvieron coeficientes de digestibilidad promedio de 61,91%.

En análisis efectuados por el NRI de Inglaterra para FEDEPLE de Santa Cruz, (1994 - 1995). Tomándose en cuenta la procedencia de las muestras, se clasifican por zonas. En ***Brachiaria decumbens*** (Z.Integrada, Z. Sur y Z. Norte), ***Brachiaria humidicola*** (Z. Integrada) y ***Brachiaria mutica*** (Z. Integrada). Efectuándose la colecta de estas muestras en las dos épocas. En la época que es la que nos interesa, ellos obtuvieron coeficientes de **DIVMS** para ***B. decumbens*** en Z.I. 59%, Z.S.58% y Z.S. 68%; En ***B. humidicola*** Z.I.57% y ***B. mutica*** Z.I.66%. Los datos obtenidos en nuestro estudio determinan coeficientes de **DIVMS** en promedios para la época seca en la especie ***B. decumbens*** 63,98%; ***B.humidicola*** 61,28%; ***B. mutica*** 61,91%.

VI. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en el trabajo de digestibilidad *in Vitro*, y tomando en cuenta que los forrajes para ser aprovechados en rumiante, deben tener un 7% de PB y 50% de digestibilidad. Se concluye que la especie **Brachiaria** en sus variedades **decumbens**, **humidicola**, y **mutica**, son aceptables en digestibilidad hasta los 60 días de rebrote con porcentajes de digestibilidad de: **Brachiaria decumbens** (62,37%); **Brachiaria humidicola** (58,05%); **Brachiaria mutica** (58,41%) y solamente las variedades **Brachiaria humidicola** (51,25 %) y **Brachiaria mutica** (54,81 %) hasta los 72 días de rebrote. También se pueden observar que los porcentajes de PB de las mismas variedades son aceptables hasta los 48 días de rebrote con 10,8% **Brachiaria decumbens**; 6,9 % **Brachiaria humidicola** y 9,2 % **Brachiaria mutica**, observándose buen porcentaje de PB en la variedad **Brachiaria mutica** hasta los 72 días de rebrote. Aconsejándose por lo tanto que la utilización de éstas variedades de **Brachiaria** es a los 48 días de rebrote.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- BATEMAN V.J.**, 1970. Nutrición animal: Manual de métodos analíticos. Primera edición. Herrera Hermanos. México. Edt. Programex S.A.
- BRAGUIN J.** 1980. Agricultura y Pecuaria, alternativas y viabilidades. Camphinas, Brasil. pp. 99 a 102.
- BOLIVAR D.M.** y **IBRAHIM M.** 1999. Solubilidad de la Proteína y Degradabilidad ruminal de *Brachiaria humidicola* en sistema Silvopastoril con *Acacia mangium*. Medellín, Antioquia. Colombia.
- CAMARAO, AP. BATISTA. H.A.M., LAURENCO, J. DUTRA, B.** 1983. Composición química y digestibilidad *in vitro* de *B. humidicola* en tres edades de corte. EMBRAPA. CPA 51. Belén, Brasil. pp. 17.
- CONVENIO CIAT-MADR.** 2003. Gramíneas y Leguminosas Tropicales. Informe Anual 2003. Granja Mata Azul llanos orientales. Colombia.
- CORTEZ, E. M.** 1982. Producción retrajera y manejo de praderas. Santa Cruz, Bolivia U.A.G.R.M. pp.7-10
- CORDECRUZ** 1984. Estudios básicos para el proyecto de riego en la subregión integrada. Unidad de planificación regional. Santa Cruz, Bolivia.

CHURCH, D.C. Y POND W.G., 1977. Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos: Métodos corrientes de análisis de nutrientes y alimentos. Pedro Ducar Zaragoza, España, Edit. Acribia. pp. 20-57.

CRAMPTON, DE W. Y HARRIS, L.E. 1974. Nutrición animal aplicada: Determinación del consumo y utilización de la energía y nutrientes de los alimentos. Segunda edición, edit. Acerbas. Zaragoza. España. pp. 104-130.

DIAS FILHO, M.B. 1983. Limitaciones y potencia] de la *B. humidicola* para el trópico húmedo Brasileiro. Belén, Brasil. CPATU Volumen 20 pp. 16-20

DO CARMO M, A., MANTORANI, E.A. 1988. Efectos de la fertilización nitrogenada y la época de cosecha en la producción y la calidad de semilla de la *B. decumbens*. Pastos tropicales, Cali, Colombia, Boletín # 2 Volumen 10 pp. 19-21.

FERRUFINO, A.1984. Dinámica de población de *cercopido* en dos especies de *Brachiaria*. Pastos tropicales, Cali, Colombia. Boletín # 2 Volumen 7. pp. 11-13

FERRUFINO Y VALLEMOS, A. 1986. Evaluación de ecotipos de *Brachiaria* en el Chapare, Bolivia, Pastos tropicales, Cali, Colombia. Boletín # 3, Volumen 8 pp. 23-25

- FEGASACRUZ, CORDECRUZ 1983.** Diagnóstico de la ganadería bovina de carne. Santa Cruz, Bolivia.
- FORERO, M.O.1973.** Ceba de novillos en pastos *B. mutica* con rotación de potreros y fertilización nitrogenada, tesis, U.N.C., Bogotá. Colombia. pp. 123-131.
- FLORES. J.A. 1977.** Bromatología animal: definición y clasificación de los alimentos. Primera edición. México. Editorial Limusa S.A. pp. 19-34.
- GOERING H.G. VAN SOEST P.J. 1970.** Forage fiber analysis agricultural. Hand book USDA. Jacket # 387-598, Washington D.C. pp. 45-70.
- HOYOS, P.; LASCANO, C. 1985.** Calidad de *Brachiaria humidicola* en pastoreo en un ecosistema de bosque semi-siempre verde estacional. Pastos tropicales, Cali, Colombia. Boletín # 2, volumen 7. pp. 3-5
- LAREDO C.M.A. 1981.** Valor nutritivo de los pastos tropicales, pastos *B. decumbens* anual y estacional. Revista I.C.A., pp. 123-131.
- LOPEZ A. G. H., TORALVA B. M. et al. 2000.** Ciencias Agropecuarias Pastos y Forrajes. Influencia del Manejo de Pastoreo sobre la Producción y Calidad Nutricional de Pastos Promisorios en OXAPAMPA. Asociación de Ganaderos de OXAPAMPA. Villa Rica. Perú.

- LLOYD, LE. MCDONALD SE., CRAMPTON E.W. 1982.** Fundamentos de nutrición: carbohidratos y su metabolismo. Segunda edición, Zaragoza, España. Editorial Acribia. pp. 61-85.
- MAYNARD, L.A., LOOSLI J.K., HINTZ. H.F., WARNER R.G. 1981.** Nutrición animal; procesos digestivos en diferentes animales. Alfonso Ortega M.V.Z. Séptima Edición. México, México. Editorial Mcgraw-hill. pp. 33-46.
- MOURA J.C. 1980.** Efectos de diferentes estudios de crecimientos en la digestibilidad en bolsa de nylon de las gramíneas *B. decumbens* y *Cynodon dactylon* y *Cloris gayana*. Escuela superior de agricultura de Luis de Queiroz Universidade do Sao Paulo, Piracicaba - SP Brasil. pp. 69.
- MC DONALD. D. P., EDWADS. R.A. Y GREENHALGH, JF 1975.** Nutrición animal: valoración de los alimentos. Segunda edición. Zaragoza, España. Editorial Acribia. pp. 184-196.
- MCDOWELL DAR., COURAD, J.H. ELLIS, G. L., LOOSLI J.K. 1984.** Minerales para rumiantes en pastoreos en regiones tropicales. Dpto. de Ciencia Animal, C.A.T. Universidad de Florida, Gainesville y la agencia de los EE.UU. para el desarrollo internacional. pp. 1518.
- NARVAEZ, VA., LASCANO, C. 1989.** Digestibilidad *in vitro* de especies forrajeras tropicales. 1. Comparación de

métodos de determinación. Pastos tropicales, Cali, Colombia. Boletín 1 Volumen 11 pp. 13-18 1989. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca de especies forrajeras tropicales. 2. Factores asociados con determinación. Pastos tropicales, Cali, Colombia. Boletín 1 Volumen 11. pp. 19-23.

ORDOÑEZ, H. TOLEDO, NÚM. 1984. Recuperación con *B. decumbens* con una pastura degradada utilizando diferentes prácticas agronómicas. Pastos tropicales, Cali, Colombia, Boletín # 2 Volumen 7 pp. 21-23.

ORTEGA, M.A.E. 1987 Factores que afectan la digestibilidad del alimento en rumiantes. Revista veterinaria de México. UNAM. Volumen # 18 pp. 55-59.

STEEL, G.D.R. y TORRIE, H.J. 1985. Bioestadística, Principios y procedimientos, Segunda Edición, Ricardo Martínez. Bogotá, Colombia. Editorial Mcgraw-hill pp. 118-130

SPIEGEL, R.M. 1984. Teoría y Problema de la Estadística. Luis Gómez E., Alberto Lozada V. Bogotá, Colombia. Editorial Mcgraw -hill, pp. 241-281.

VALLES, C.R. 1984 Susceptibilidad de ecotipos de *Brachiaria spp.* al ataque del salivazo. Pastos tropicales. Cali, Colombia. Boletín # 2 Volumen 7 pp. 11-13.

VELASQUES J. E. Y CUESTAS P. A., 1990. Programa de Pastos y Forrajes ICA. Productividad Animal de ***Brachiaria decumbens*** (STAPF) bajo Pastoreo continuo con tres cargas en pie de monte. Florencia. Colombia.

A N E X O

Cuadro 9.- Valores individuales de coeficiente de digestibilidad (%DIVMS) de la *Brachiaria decumbens, humidicola y mutica*. Observados en época seca CIAT/SAAVEDRA (Mayo - Julio, 1988).

EDAD (días)	<i>B r a c h i a r i a</i>			
		<i>decumbens</i>	<i>humidicola</i>	<i>mutica</i>
12	$\bar{X}$ ($\pm$ D.S.)	71,01	73,88	66,80
		74,63	71,91	73,29
		73,62	67,44	67,98
		73,09	71,08	69,36
		1,52	2,69	2,82
24	$\bar{X}$ ($\pm$ D.S.)	68,45	66,84	65,39
		69,82	65,69	64,49
		68,25	64,68	63,70
		68,84	65,74	64,53
		0,70	0,88	0,69
36	$\bar{X}$ ($\pm$ D.S.)	65,78	63,78	62,89
		67,14	62,53	63,43
		65,30	59,63	60,87
		66,0	61,98	62,40
		0,81	1,74	1,10
48	$\bar{X}$ ($\pm$ D.S.)	63,90	59,00	61,27
		65,30	60,00	62,37
		67,91	59,84	62,16
		64,71	59,61	61,94
		0,86	0,44	0,48
60	$\bar{X}$ ($\pm$ D.S.)	61,94	58,79	58,12
		63,57	58,60	60,50
		61,60	56,76	56,60
		62,37	58,05	58,41
		0,86	0,91	1,60
72	$\bar{X}$ ($\pm$ D.S.)	50,01	52,52	55,51
		44,26	51,77	54,55
		52,26	49,47	54,37
		48,86	51,25	54,81
		3,34	1,29	0,59

CUADRO 10.- Análisis de varianza

Fuente de variación	gl	SC	MC	F. Calc.	Signif.
a) Considerando repeticiones p/edad de corte (parcela PPal).					
Repeticiones	2	17.80	8.59	2.17	N/S
Edades de corte	5	1957.08	391.42	98.84	xxx
Error	10	39.63	3.96		
Total	17	2013.89			
b) Considerando edad de corte (EC) y especies (Spp)					
Parcela ppal.	17	2013.89	118.46		
Variedad	2	71.65	35.82	12.31	xxx
EC x Spp	10	135.62	13.36	4.66	xxx
Error	24	69.84	2.91		
Total	53	2291.00			

Cuadro 11: Coeficientes de digestibilidad "*in vitro*" para gramíneas del género *Brachiaria* en sus especies *decumbens*, *humidicola* y *mutica* a diferentes edades de maduración.

EIDADES (Semanas)	B R A C H I A R I A (%)		
	<i>Decumbens</i>	<i>Humidicola</i>	<i>mutica</i>
1	---	76,8	---
2	78,2	74,1	75,6
3	72,8	68,5	78,9
4	73,0	73,5	76,4
5	71,9	72,0	71,2
6	71,0	72,8	---
7	66,7	68,6	59,5
8	66,9	66,5	61,1
9	61,1	63,1	53,8
10	63,7	59,1	48,5
11	58,9	---	---
12	54,8	55,9	47,3
13	---	51,4	---
16	48,9	51,6	38,7

Fuente: Datos de investigación de Reid y Post 1973

Cuadro 12: Cuadro de análisis de varianza de correlación para *Brachiaria decumbens*.

Fuente de variación	Suma de cuadrado	GL	Media de cuadrado	F. Esp.	Signific.
Regresión	1001.89	5	200.38	33.34	xxx
Residual	72.13	12	6.01		
Total	1074.02	17			

Cuadro 13: Cuadro de Anava de análisis de correlación para la *Brachiaria humidicola*.

Fuente de variación	Suma de cuadrado	GL	Media de cuadrado	F. Esp.	Signific.
Regresión	663.55	5	132.71	30.72	xxx
Residual	43.2	10	4.32		
Total	706.75	15			

Cuadro 14: Cuadro de Anava de análisis de correlación para la *Brachiaria mutica*.

Fuente de variación	Suma de cuadrado	GL	Media de cuadrado	F. Esp.	Signific.
Regresión	392.23	5	78.45	41.31	xxx
Residual	17.09	9	1.89		
Total	409.33	14			