

**Incidencia de metabolitos secundarios presentes en
las leguminosas en sistemas silvopastoriles en
caprinos**

MONOGRAFIA

Presentado por:

Gustavo Escobar Montañez

Jurados

Dra. Luz Elena Santacoloma

Dra. Karen Quiroga

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente**

Bogotá D.C., Noviembre 6 de 2009

Incidencia de metabolitos secundarios presentes en las leguminosas en sistemas silvopastoriles en caprinos

Introducción

El presente trabajo de investigación dará a conocer los efectos de los metabolitos secundarios (taninos, saponinas etc.) dentro de un sistema silvopastoril, en una explotación de caprinos. Las investigaciones han generado controversia a lo largo de los estudios realizados encontrándose tanto efectos negativos como benéficos. Los efectos negativos de los metabolitos secundarios en caprinos pueden ser reducidos por la capacidad fisiológica que tienen los caprinos para contrarrestarlos en su metabolismo, o al suplementar las leguminosas con gramíneas para así mejorar su nutrición. Además, los taninos disminuyen la tasa de degradación de la proteína y desaminación en el rumen. Pero algunos estudios nos indican que estos definitivamente son la solución de la nutrición de caprinos.

Resumen

Los Metabolitos secundarios algunos de ellos son sustancias fenólicas solubles en agua, de estructura química y pesos moleculares variables, que se encuentran presentes en distintas concentraciones en algunas plantas. Estos se dividen en nitrogenados, terpenoides y fenolicos, dentro de éstos últimos están los taninos y dentro de estos están los hidrolizables y condensados. Estos representan uno de los medios, que las plantas tienen para defenderse contra factores externos, siendo los primeros los más comunes en la naturaleza, se presentan en forma extractable o ligada a la proteína y a los carbohidratos de la pared celular. Los taninos (condensados) tienen la propiedad de formar complejos insolubles en las proteínas nutricionales y con aquellas de origen endógeno, a diferencia de los hidrolizables, son más estables y menos susceptibles a la hidrólisis en el rumen. Tienen una incidencia en la digestión y producción en los rumiantes. La inclusión en la alimentación ha tenido contradictores que reportan efectos negativos, pero también se han encontrado efectos benéficos como la proteína sobrepasante.

1. Planteamiento del problema

¿Cuáles son los efectos de los metabolitos secundarios (taninos) presentes en las leguminosa bajo sistemas silvopastoriles en los procesos digestivos de los caprinos?

2. Objetivos General

Analizar la literatura correspondiente a la incidencia que tienen los factores antinutricionales presentes en las leguminosas forrajeras bajo sistemas silvopastoriles en los procesos digestivos de los caprinos.

2.1 Objetivos específicos

2.1.1 Analizar los efectos que tiene sobre el medio ambiente los sistemas silvopastoriles como estrategia en la alimentación de rumiantes (Caprinos).

2.1.2. Indagar acerca de la naturaleza de los metabolitos secundarios presentes en algunas plantas que se utilizan como forrajes en sistemas silvopastoriles en el trópico.

2.1.3. Analizar los efectos que tiene sobre la nutrición de rumiantes (caprinos) la presencia de metabolitos secundarios en los forrajes tropicales.

3. Revisión de literatura

3.1 Descripción de la especie

La cabra pertenece al Orden Artiodactyla, los Artiodactilos son paraxónicos, esto es, el plano de simetría de cada pie pasa entre el tercer y cuarto dedo. En todas las especies el número de dedos se reduce al menos por la pérdida del primero; el segundo y el quinto son muy pequeños en muchos animales pertenecientes a este orden. El tercer y cuarto dedo, sin embargo, permanece grande y soportan el peso total en todos los artiodáctilos. (Tours M.)

3.2 Orígenes de la cabra en Colombia

Algunas cabras de diferentes razas como la malagueña, la serrana, la andaluza, la canaria, la murciana y la granadina llegaron por Santa Marta. Este rebaño no vino directamente de España, sino de las islas de Centroamérica, a donde habían llegado, allí sí de España. (Tours M.)

En condiciones de áreas boscosas nativas, son escasos los trabajos efectuados sobre silvopastoreo con grandes y pequeños rumiantes que midan alguna característica relacionada con la respuesta animal. Hay algunas estimaciones de producción de pequeños rumiantes en sabanas venezolanas, destacándose la posibilidad de lograr mejores índices bajo un manejo silvopastoril.

No se pretende que los ganaderos introduzcan sus animales en todas las áreas boscosas de sus unidades de producción; pero sin duda el aprovechamiento racional del recurso forestal en sistemas silvopastoriles, es preferible a la destrucción irracional de los bosques con el objetivo de fundar potreros, no solo por los altos costos de la deforestación, sino por el impacto negativo en el ambiente que se causa al fragmentar las áreas selváticas.

Algunos ganaderos tradicionales utilizan en los llanos el recurso bosque como una pastura más para alimentar su ganado en épocas críticas. Esta práctica de manejo del calendario forrajero se efectúa desde tiempos de la colonia sacando ventaja en la condición de sus animales en comparación con los ganaderos que no reservaron áreas boscosas.

Entre las ventajas de aplicar el manejo silvopastoril del bosque tenemos:

- Oferta forrajera variada en tiempos de sequía.
- Mejor estatus nutricional de los rumiantes.

- Buenas condiciones de salud de los animales.
- Dispersión de semillas de los frutos de las plantas más consumidas.
- Resguardo de los animales de las inclemencias ambientales: sol, lluvias y vientos.
- Menor incidencia de incendios en bosques con animales pastando.
- No obstante de las bondades señaladas, el ganadero que incursiona por primera vez en la utilización del bosque con sus vacas, búfalos, ovejas o cabras, podría encontrarse con algunos inconvenientes, en especial en la época húmeda, tales como:
 - Dificultad para localizar animales extraviados o alzados.
 - Depredadores ocultos.
 - Abigeato.
 - Presencia de plantas tóxicas.
 - Insectos hematófagos.
 - Animales ponzoñosos.
 - Deficiencias de algunos nutrimentos en la dieta como el fósforo.
 - Degradación del bosque por sobre pastoreo.

La ganadería bovina incluye una gran variedad de sistemas productivos manejados por distintas etnias y grupos sociales, enmarcados en diferentes regímenes climáticos, tipos de suelos y formaciones vegetales. Los sistemas agroforestales, parte sustancial de este proceso de cambio, se diferencian en cinco grupos:

1. Sistemas silvopastoriles en ganadería extensiva.
2. Plantaciones forestales con pastoreo de ganado.
3. Cercos vivos, barreras contra el viento, linderos arborizados, corredores biológicos y espacios para el sombrero de animales.
4. Sistemas silvopastoriles con manejo de la sucesión vegetal.
5. Nuevos sistemas para ganadería intensiva y otras especies animales.
 - 5.1. Silvopastoriles de alta densidad arbórea.
 - 5.2. Sistemas de corte y acarreo: bancos de proteína puros, policultivos de corte, policultivos de varios estratos y múltiples usos).

Al igual que en otras regiones de América tropical, en Colombia existen crecientes ejemplos empíricos de uso ganadero de esta estrategia, sin duda la

reforestación más económica. En los últimos años se incrementaron también las investigaciones en este tema.

El manejo de la sucesión vegetal en áreas pastoriles se hace mediante la abolición de formas indiscriminadas de eliminar las plantas que aparecen invadiendo (recuperando) las praderas como quemas, deshieras mecánicas y aplicación generalizada de herbicidas. La vegetación y los animales hacen el resto en una primera etapa que puede durar entre tres y seis años dependiendo de la región. Varias especies son diseminadas por el ganado después de ser consumidas. Después se realizan podas selectivas y entresacas de madera hasta conformar de dos a tres estratos de vegetación compatibles con los pastos. (Murgueitio R.)

Los estudios de silvopastoreo se han efectuado principalmente con plantas leñosas introducidas: *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Morus alba* y *Cratylia argentea*. Los bosques nativos no intervenidos o secundarios, vienen siendo evaluados últimamente con mucho interés con el objetivo de aplicar sus resultados para un desarrollo sustentable de la ganadería, tanto ovino como caprino. (Hidalgo V.)

4. Importancia de los bosques

Los árboles y arbustos contribuyen al mejoramiento del ecosistema pastizal proporcionando forraje, sombra, protegiendo al suelo de la erosión, sirviendo de barrera cortavientos, reciclando nutrientes por medio de la hojarasca y preservando la humedad del suelo. Por otra parte es bien conocido el papel de los árboles, particularmente las leguminosas leñosas en la producción animal. Su contribución al mejoramiento del ecosistema pastizal está fundamentada por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y a través de su transferencia al suelo garantiza el crecimiento de las gramíneas acompañantes, además de incrementar el valor nutritivo y alimenticio de las pasturas.

En particular las arbustivas constituyen excelentes sumideros de CO₂ en la biomasa viva, con los consiguientes efectos beneficiosos sobre la capa de ozono, reduciendo el efecto invernadero; también son fuentes de leña, carbón, energía renovable por gasificación, madera, cercas vivas, construcción de corrales, viviendas rurales, canoas y comederos para los animales. La siembra de especies forestales garantiza un ingreso extra y revaloriza las unidades de producción agrosilvopastoriles (Preston, 1992; Chacón *et al.*, 1998).

A pesar de las bondades que los bosques pueden proporcionar a los sistemas agrícolas en las regiones llaneras, su destrucción acelerada puede conducir a una pronta desaparición, sino se toman medidas urgentes. (Hidalgo V.)

Según estudio realizado en Chaco árido (Argentina), el mayor porcentaje de ramoneo en la dieta de los rumiantes se produce durante la estación seca. Este ramoneo es la forma en que los animales mejoran la ingesta de proteína debido a que los pastos en esta etapa del año tienen su menor calidad con niveles de proteína inferiores al 3% (Baumer, 2000; Pisani *et al.*, 2000). Se encuentran diferentes trabajos sobre composición química y valor nutritivo de Pasturas nativas y cultivadas de la región, pero existe una vacante de información científica en lo que respecta a las especies de ramoneo, a pesar de su comprobada importancia en la dieta de caprinos y bovinos (Dalmasso *et al.*, 1995; Burghi *et al.*, 2002). Los muestreos se realizaron en diferentes potreros de la Estación Experimental Agropecuaria "Juan C. Vera" del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (Rossi C. A.)

En la zona baja del Estado Trujillo (Venezuela) existen numerosos árboles y arbustos con elevado potencial para sistemas silvopastoriles de los cuales, en

muchos casos, no se conocen sus características forrajeras para la alimentación animal. Aún cuando recientemente se han realizado investigaciones para evaluar algunos de los más promisorios, por su elevada distribución geográfica y perfil multipropósito (García *et al.*, 2006), existen otros que no han sido estudiados con animales; considerando que la producción de rumiantes, y particularmente de ganado menor, constituye uno de los rubros más importantes en la región. Es de vital importancia conocer la aceptabilidad que pueden tener los animales por la biomasa de las especies leñosas de mayor importancia en el Estado, para el diseño de módulos agroforestales que las incluyan, como alternativas para mejorar la productividad de los rumiantes en condiciones comerciales. (García D. E.)

En un sistema silvopastoril se encuentran leguminosas forrajeras que contienen metabolitos secundarios que al ser consumidos por los caprinos estos pueden tener un efecto positivo o negativo al consumirlos. Los metabolitos secundarios son los compuestos químicos sintetizados por las plantas que cumplen funciones no esenciales en ellas, de forma que su ausencia no es fatal para la planta, ya que no intervienen en el metabolismo primario de las mismas. Los metabolitos secundarios de las plantas intervienen en las interacciones ecológicas entre la planta y su ambiente, cumplen funciones de defensa, sirven para atraer a los polinizadores, actúan como agentes alelopáticos. Además su presencia en las plantas les ha conferido a éstas propiedades biológicas contra diversos padecimientos lo que ha alentado el estudio de las plantas en la búsqueda de nuevas drogas, antibióticos, insecticidas y herbicidas. Pero desde en punto de vista nutricional los metabolitos tienen algunas propiedades antinutricionales como efectos gastrointestinales, pero también se tienen estudios sobre aprovechamiento de las proteínas y además pueden reducir la emisión de metano en rumiantes.

Un sistema de producción pecuaria en donde las leñosas perennes (árboles y/o arbustos) interactúan con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales) bajo un sistema de manejo integral, ha sido planteado con base en resultados investigativos, como una alternativa de producción sostenible que permite reducir el impacto ambiental de los sistemas tradicionales de producción.

En un sistema silvopastoril existen diferentes interacciones las cuales pueden ser positivas o negativas dependiendo de las especies seleccionadas, la densidad de componente arbóreo, del arreglo espacial y del manejo aplicado. Los sistemas silvopastoriles podrían recibir pagos por la disminución en la emisión de metano por ser mitigadores del calentamiento global y por otros servicios ambientales. Por una ventaja económica frente a los procesos de mejoras tecnológicas y otros mecanismos mucho más costosos, con valores cinco veces superiores a lo que significa un proceso hecho a través de los bosques; y, • Por la contribución potencial a la conservación y uso sostenible de los bosques. El monitoreo del secuestro de carbono es una herramienta fundamental en los proyectos de mitigación. (García D. E.)

Giraldo y Vélez, 1993) La Acacia (*Acacia decurrens*) por las características que ha presentado en estudios anteriores, puede ser una alternativa para implementar estos sistemas en clima frío. Se ha evaluado el comportamiento del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en asocio con Acacia (*Acacia decurrens*) a diferentes densidades, para analizar componentes del sistema silvopastoril, y algunos indicadores como producción de leche y crecimiento. (Giraldo L.A.).

El incremento de la cobertura de vegetación como la conversión de praderas a sistemas silvopastoriles incrementa la cantidad de carbono almacenado. Se tienen reportes que la reforestación, la agroforestería y la protección de bosques de 300 a 600 mil Ha. en los trópicos podrían conservar y almacenar entre 36 - 71 Pg de carbono durante más de 50 años. (Ibrahim M.)

Por otro lado, teniendo en cuenta que los sistemas silvopastoriles permiten mejorar la calidad de la dieta y la producción bovina, el uso de sistema silvopastoril podría ser una alternativa para disminuir las emisiones de metano por parte de la ganadería bovina. El silvopastoril es una alternativa que permite producir con múltiples beneficios al medio ambiente. (Sadeghian S.).

A pesar de que la lista de árboles y arbustos con uso potencial como forraje abarca más de 300 especies, el énfasis se ha dado a muy pocas especies. Esto pone en peligro la sobre-dependencia en tan pocas especies, lo cual ha sido ilustrado por la epidemia mundial de *Heteropsylla cubana* en *Leucaena*

leucocephala y por la desaparición de valiosas especies locales para forraje como la *Terminalia avicennioides* en Nigeria, debido a su reemplazo con *Gliricidia sepium*. (Ramos G.)

Los rumiantes (especialmente cabras) cuando se les deja ramonear *ad libitum* preferirán una dieta variada. Los ensayos de "cafetería" han sido usados ampliamente para determinar las diferencias de palatabilidad relativa dentro de diferentes especies arbóreas.

Aparte de mostrar las preferencias del animal por una especie forrajera en particular, también demuestran que, dada la oportunidad, los rumiantes se alimentarán con mezclas de forrajes. En Libia, Le Houérou (1991) evaluó el consumo en ovejas de 9 especies arbustivas entre nativas e introducidas, ofrecidas ya fueran solas o en una mezcla. Los resultados demostraron que el consumo de arbustos mezclados era más alto que aquel de las especies individuales. (Rosales M.)

Los sistemas silvopastoriles también incrementan la velocidad de descomposición de las excretas dentro de la pradera, así en un estudio efectuado en sistema silvopastoril se presentó una rápida descomposición de las excretas de bovinos, las cuales habían perdido más de 94% de su peso pasadas las 168 horas de haber sido depositadas; en el sistema sin árboles sólo habían perdido alrededor del 40% de su peso a las 168 horas, así mismo se encontró mayor número de individuos por metro cuadrado de la fauna del suelo con respecto al tratamiento control lo cual influyó positivamente en la velocidad de descomposición de la excreta. (Soca M.).

Además se observó una disminución rápida en el conteo fecal de huevos y una reducción en el porcentaje de infestación de las excretas en el sistema silvopastoril, el cual fue del 100% a los siete días de haber sido depositados; en el sistema de pastos en monocultivo fue del 85%. La mayor presencia de coleópteros en el sistema silvopastoril se relacionó positivamente con la velocidad de descomposición y con la reducción del porcentaje de infestación de las excretas.

Las parasitosis son consideradas como uno de los problemas más importantes en rumiantes a nivel mundial, en especial en los países tropicales donde los pastos constituyen su base alimenticia, las condiciones climáticas tropicales favorecen el desarrollo de estas parasitosis (Bianchin 1996). Al respecto, las excretas proveen condiciones microclimáticas favorables y constituyen verdaderas “incubadoras” sobre las praderas pastoreadas, en las que se desarrollan las larvas hasta alcanzar el estado infeccioso. Las excretas son un reservorio para las larvas infestantes, las cuales van migrando hacia la hierba a medida que las condiciones externas sean favorables (Almería y Uriarte 1999^a, 1999^b). Los árboles en pasturas se les atribuyen dentro de otros beneficios, efectos directos en sobrevivencia de los animales en pastoreo por la disminución de parásitos y vectores que diseminan enfermedades (Pezo e Ibrahim 1998), también mencionado por (Rodríguez et al 1998) y Reineck citado por Lobo y Veiga (1990) establece que si las heces contaminadas son enterradas por los coleópteros, antes de que los parásitos alcancen el estado infestivo, el parasitismo potencial de cada excreta se reduce. (Soca M.)

5. Efectos positivos de los sistemas silvopastoriles en el suelo

- Efectos positivos sobre el suelo: La incorporación de leñosas perennes (árboles y arbustos) en los sistemas ganaderos tradicionales, permite incrementar la fertilidad del suelo, mejorar su estructura y disminuir los procesos de erosión. Estos resultados han sido explicados por el mayor reciclaje de nutrientes que ocurre, la fijación de Nitrógeno, la profundización de las raíces de los árboles, la mayor actividad de la macro y micro fauna y el control de la erosión, lo menciona (Sadeghian S, Rivera JM, Gómez ME.1998)
- Reciclaje de nutrientes: el manejo de gramíneas acompañado con árboles y/o arbustos, permite que una fracción representativa de los nutrientes que son extraídos de la solución edáfica sea retornada a ella mediante la deposición, en la superficie del suelo, del follaje y residuos de pastoreo o podas. Esta mayor deposición de materia orgánica, contribuye a modificar las características físicas del suelo como su estructura (Mahecha L.).
- Fijación de N: las leguminosas se asocian con bacterias del género *Rhizobium* para captar nitrógeno atmosférico haciéndolo disponible para las gramíneas en el suelo. En promedio se estima una fijación de 200 kg N/ha/año en el trópico.
- Profundidad de las raíces: el sistema radicular extendido y profundo de los árboles, aumenta el área disponible para captar agua y nutrientes.
- Acción de micro y macro fauna: la mayor presencia de materia orgánica en el suelo y el microclima (humedad y temperatura) creado por la presencia de árboles, favorece la actividad biológica de micro y macro fauna, lo cual resulta en una mayor mineralización y disponibilidad de N en el suelo. Además, la materia orgánica que es incorporada paulatinamente al suelo por la acción de la endofauna, contribuye a mejorar la estabilidad del suelo y la capacidad de infiltración de agua.

- Control de erosión: los árboles en sistemas silvopastoriles cumplen funciones ecológicas de protección del suelo disminuyendo los efectos directos del sol, el agua y el viento. Gómez J.C & Velásquez (J.C), demostraron que en suelos descubiertos o con monocultivos de gramíneas, la pérdida de suelo es mayor que en los bosques. El control de la erosión hídrica por parte de los árboles se debe a varios efectos:
 - * Reducción del impacto de la lluvia sobre el suelo
 - * Aumento de la infiltración
 - * Permanencia de materia orgánica sobre la superficie del suelo
 - * Efecto agregado de las partículas del suelo. (Mahecha L.).

6. Efectos positivos de los sistemas silvopastoriles sobre la diversidad biológica

Los sistemas silvopastoriles no sólo contribuyen a incrementar la diversidad de endofauna, también permiten incrementar la diversidad de aves. Cárdenas et al (1999), realizó un estudio de comparación de la composición y estructura de la avifauna en diferentes sistemas de producción (forestal, agrícolas y silvopastoriles) en la Reserva Natural El Hatico, Valle del Cauca, los sistemas silvopastoriles fueron los que presentaron una mayor riqueza y diversidad de especies de aves, especialmente el sistema silvopastoril de frutales. Se registraron 17 especies de aves en los monocultivos de caña de azúcar con quema, 27 especies en un bosque de guadua, 35 especies en un relicto de bosque seco, 43 en un sistema silvopastoril de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) con árboles de varias especies arbóreas con predominio de *Prosopis juliflora*, 46 en un sistema silvopastoril similar al anterior pero con un estrato adicional de vegetación arbustiva (*Leucaena leucocephala*) y 56 en un sistema silvopastoril antiguo que combina árboles frutales, maderables y ornamentales. En total se registraron 133 aves pertenecientes a 39 familias, se destaca la presencia de tiránidos (atrapamoscas).

De igual forma, otros autores han reportado que el sistema silvopastoril aumenta la diversidad faunística fomentando los depredadores, especialmente insectos y aves que atacan plagas, siendo el ecosistema menos susceptible a estos en comparación con el monocultivo. El censo de las aves se realizó por medio del método de parcelas circulares (Reynolds *et al.*, 1980), mencionado por Cárdenas, existen efectos positivos sobre la preservación de fuentes de agua. La presencia de árboles afecta la dinámica del agua de varias formas: actuando como barreras, las cuales controlan la escorrentía; como cobertura, la cual reduce el impacto de gota, y como mejoradores del suelo, incrementando la infiltración y la retención de agua. Mencionado por (Cárdenas C Giovanni).

La zona tropical contiene la mayor diversidad genética en el mundo, diversidad que se expresa en el gran número de plantas vasculares por unidad de área. Sin embargo, a pesar de esta riqueza, los modelos de alimentación animal se han basado principalmente en el uso de muy pocas especies vegetales. Esto

cobra mayor vigencia en el caso de los árboles y arbustos forrajeros. Una revisión de los sistemas alimenticios utilizados en climas cálidos sugiere que la sostenibilidad del sistema depende en parte, de hacer uso de los diferentes recursos biológicos locales. (Ramos G.).

Finalmente el uso de mezclas de leguminosas que pueden ser cultivadas en la finca contribuiría a aumentar la biodiversidad en los sistemas de producción agropecuaria y ayudaría a reducir los costos de producción, la dependencia de insumos comprados y los riesgos de enfermedades y plagas. (Monsalve L. M).

7. Efectos de los sistemas silvopastoriles en la mitigación del cambio climático

Algunas manifestaciones del cambio climático son el incremento de cerca de medio grado centígrado desde el siglo pasado (Ciesla 1996) y cambios en los regímenes hídricos. La concentración de gases de invernadero — dióxido de carbono (CO₂), metano y óxidos nitrosos — en la atmósfera ha aumentado considerablemente, lo cual fortalece el efecto invernadero, con el consecuente sobrecalentamiento del planeta.

El CO₂, principal gas de efecto invernadero, incrementó su concentración de 280 p.p.m en el año 1.750 a 360 p.p.m en el año 2.000, y el uso de combustibles fósiles genera en la actualidad del 80 al 85% del CO₂ emitido (Gómez- Echeverri 2000). Los sistemas tradicionales de producción en rumiantes han sido culpados de aportar grandes cantidades de metano a la atmósfera, debido al proceso digestivo de los bovinos y otros rumiantes (Ciesla 1996). La degradación de pasturas contribuye de manera significativa al aumento del CO₂ atmosférico, ya que en estos sistemas hay una rápida descomposición del carbono de la materia orgánica y, por ende, mayor emisión (Carvalho M. M.).

Desde hace tiempo los rumiantes están reconocidos como una de las fuentes principales de emisión de metano en el mundo y así juegan un papel importante en el calentamiento climático del planeta. Ya se han emprendido muchos intentos de disminuir la actividad metanogénica en el rumen pero éxitos se encuentran muy pocos. El descubrimiento, que taninos de *Lotus corniculatus* suelen reducir la emisión de ese gas al efecto invernadero (Woodward et al, 2001), resultó en un nuevo resalte de investigación sobre taninos y su efecto sobre la digestión del rumiante. Trabajos posteriores tuvieron como objetivo evaluar la calidad de las leguminosas taníferas principalmente usadas en este proyecto in vivo, con énfasis en su efecto sobre la emisión de metano en rumiantes. (Murgueitio R.).

8. Naturaleza de los metabolitos secundarios presentes en algunas plantas que se utilizan como forrajes.

Los taninos de las plantas son un grupo distintivo de polifenoles soluble en agua, de relativo alto peso molecular, que tienen algunas propiedades, que se encuentran presentes en distintas concentraciones en algunas plantas, que aparte de las reacciones fenólicas, tienen la propiedad de precipitar alcaloides, ácidos nucleicos, esteroides, saponinas, gelatinas, proteínas, minerales y carbohidratos. Los taninos están subdivididos en hidrolizables y condensados. Los hidrolizables son de bajo peso molecular (500 -3.000) y más solubles en agua mientras los condensados no contienen carbohidratos y son polimeros compuestos de flavan 3-ol (catequizas), flavan 3,4 diol (leucoantocianidina y sus derivados, tienen un peso molecular entre 1.900 y 28.000, son los más predominantes de la colección de germoplasma del CIAT, no son fáciles de hidrolizar. (Pabón M.)

(Palo 1987) Menciona que las plantas poseen más de 1200 clases de metabolitos secundarios muchos de los cuales les sirven como medio de defensa. Estas barreras para los consumidores son de dos tipos: compuestos que inhiben la digestión, compuestos de efecto tóxico sobre el animal y precursores de compuestos antinutricionales. Por lo anterior, los fenoles son probablemente una defensa muy efectiva contra el ramoneo. El efecto permanece aún después de remover la mayor parte de sustancias solubles en un extracto fenólico. El efecto de éste extracto se manifiesta rápidamente y dura 6 horas.

Mencionado por (Preston y Leng 1989). Una de las características de las leguminosas arbóreas utilizadas como árboles forrajeros es la de recircular, a través de su metabolismo, cantidades altas de nitrógeno y la presencia de proteína que al estar enlazada a compuestos químicos, especialmente a compuestos de tipo fenólico, permite escapar a la degradación ruminal (proteína sobrepasante) y ser fuente importante de proteína de alta calidad biológica para rumiantes.

La mayoría de las leguminosas contienen elevados niveles de metabolitos secundarios, compuestos que bajo determinadas circunstancias pueden causar efectos diversos y hasta contrastantes en la fisiología animal (Ojeda, 1996). El

estudio del metabolismo secundario de forma integral, en las principales especies arbóreas utilizadas en la alimentación animal, resulta de vital importancia en aras de realizar un mejor manejo de la biomasa que aportan y un óptimo aprovechamiento de esta fuente de alimento. (Rosales M.)

El primer limitante para la productividad de rumiantes alimentados con gramíneas de baja calidad es el deficiente contenido de proteína en muchas de las especies forrajeras tropicales. Para mejorar la eficiencia de fermentación ruminal de estos forrajes es primordial asegurar niveles adecuados de amonio ruminal (Leng 1990). Esto se puede lograr mediante la suplementación con leguminosas, porque generalmente presentan mayores niveles de N que las gramíneas. Si se elimina la deficiencia de N se puede incrementar la actividad de los microorganismos fibrolíticos, resultando en una mejor degradación de los forrajes (Hess *et al.*, 2003). Por otra parte, en algunas leguminosas con potencial para ser utilizadas en los sistemas de alimentación en los trópicos presentan factores denominados antinutricionales. Entre estos están los taninos condensados los cuales son capaces de reducir la digestión de fibra y proteína y por lo tanto afectar la fermentación ruminal (Carulla, 1994). Sin embargo, los taninos condensados en niveles bajos pueden tener efectos benéficos en la nutrición de rumiantes como es el de evitar pérdidas de amonio en el rumen al reducir la degradación de proteínas e incrementar el flujo de nitrógeno al duodeno (fracción sobrepasante) y de esa forma asegurar una mayor absorción de N en el tracto posterior (Min *et al.*, 2003).

Otros estudios (Abreu, Monsalve, y Valencia, 2003) sugieren que la combinación de leguminosas con y sin taninos permitiría aprovechar las ventajas de cada uno de estos grupos de plantas. Por un lado las leguminosas libres de taninos (e.g. Caupí) aumentarían el suministro de nitrógeno fermentable y la actividad microbial en el rumen (Hess *et al.*, 2003). Por otro lado los taninos presentes en leguminosas arbustivas como *Calliandra calothyrsus*, *Flemingia macrophylla* protegerían parte de la proteína de la degradación ruminal (Salunkhe *et al.*, 1989) y aumentarían el suministro de proteína sobrepasante (Min *et al.*, 2003). (Monsalve L.M)

En un estudio se realizó básicamente según los ensayos cualitativos individuales para cada grupo químico por Danny E. García (et al) Mediante el

tamizaje fotoquímico se investigó la presencia de algunos grupos de metabolitos secundarios (fenoles, taninos condensados, saponinas, cianógenos y alcaloides) en la biomasa comestible de cuarenta y uno especies presentes en la vegetación del bosque deciduo tropical de los Llanos Centrales de Venezuela. El 44% de las especies encontradas correspondieron a plantas leguminosas. La subfamilia Mimosoide agrupó al 50% de los casos; mientras que Faboide y Caesalpinoide estuvieron presentes en el 28 y 22%, respectivamente. Los fenoles (83%) y los alcaloides (61%) fueron los metabolitos de mayor distribución general. Las combinaciones cuádruples de grupos secundarios fueron las más abundantes en leguminosas (33%) y la doble en las no leguminosas (61%). En algunas de las especies más representativas se observó un efecto marcado de la época, el tipo de bosque y la ubicación geográfica, en la presencia de dichos grupos funcionales. Sin embargo, dependió de las particularidades fotoquímicas en cada caso. Mediante pruebas micro histológicas se observó un amplio rango de aceptabilidad por parte de los bovinos y caprinos. En sentido general, los bovinos consumieron ávidamente aquellas especies con pocas combinaciones de metabolitos, mientras que los caprinos no mostraron preferencias específicas. Se concluye que las especies analizadas contienen en su biomasa algunos metabolitos secundarios cuya presencia en algunos casos varía con la época, el tipo de bosque y su ubicación. Los fenoles y los alcaloides son los grupos que requieren mayor atención en cuanto a su posible repercusión antinutricional, por su elevada distribución en la vegetación. (García D. E.)

9. Característica Nutricional

Se considera que cuando los rumiantes son alimentados con forrajes de baja calidad nutritiva, se presentan deficiencias en nutrientes esenciales para los microorganismos ruminales, por lo que la eficiencia en el crecimiento de éstos en el rumen es baja. Bajo estas circunstancias, la producción de metano podría representar entre el 15 y el 18% de la energía digestible. La corrección de estas deficiencias nutricionales podrían reducir las pérdidas a valores cercanos al 7%.

La deficiencia de proteínas en la dieta de rumiantes es una de las principales causas de la baja producción ganadera en el trópico. Un objetivo que se persigue en la formulación de sistemas de alimentación es el de asegurar niveles adecuados de amonio en el rumen que permitan una actividad microbiana adecuada. Los taninos presentes en algunas especies de leguminosas tropicales forman fuertes enlaces con proteínas y evitan así su degradación ruminal. Hay reportes que indican que los taninos pueden tener efectos positivos sobre el aprovechamiento de las proteínas y además pueden reducir la emisión de metano en rumiantes. Resultados de ensayos anteriores han mostrado que existen diferencias grandes en las concentraciones de taninos en leguminosas tropicales. Además, no es claro si los taninos presentes en diferentes especies de leguminosa tienen efectos similares en la fermentación ruminal. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de diferentes concentraciones de taninos extraídos de leguminosas tropicales sobre parámetros de fermentación in Vitro (Tiemann T. T).

La cantidad de nutrientes que un rumiante puede extraer de un alimento puede ser modificada por el tipo y cantidad de otros alimentos consumidos el mismo día. Todos estos procesos interactivos pueden tener consecuencias sustanciales para la nutrición y producción animal. Este fenómeno es conocido como efecto asociativo, así los efectos asociativos entre componentes de una dieta mezclada ocurren como resultado de los procesos interactivos, el valor nutritivo de la mezcla no es igual a la suma de sus componentes individuales. Estos efectos pueden ser positivos o negativos (cuando existe sinergismo o antagonismo entre los componentes de la mezcla). Al respecto existen algunos estudios del efecto de mezclas de gramíneas y leguminosas tropicales como el

de Rosales en 1996, que pretendía entender los factores que determinan los efectos asociativos y las interacciones entre taninos y otros componentes del alimento. Se realizaron también estudios acerca del valor nutricional de mezclas de follaje arbóreo, los resultados in Vitro sugieren que los efectos asociativos de mezclas de hojas de árboles forrajeros están gobernados por el grado de sincronización de las tasas de fermentación de los diferentes componentes de la mezcla y estos a su vez, dependen de la fermentabilidad de sus componentes químicos, por lo que se demostró que existen efectos asociativos de mezclas de follaje arbóreo (Rosales M.)

Chamorro (1998) Menciona en uno de sus trabajos, que incrementar el consumo voluntario de los bovinos, caprinos y ovinos en pastoreo, éste está asociado con el flujo de proteína al tracto gastrointestinal, por lo tanto, es importante el aporte proteico del componente leguminoso, dado la interacción de diferentes fracciones proteicas. El follaje de leguminosas herbáceas, arbustivas, arbóreas ofrece a rumiantes proteína soluble, proteína lentamente degradable y alto porcentaje de proteína en leguminosas arbóreas.

El consumo de leguminosas en praderas depende de factores como, precipitación relacionada con disponibilidad total MS, arquitectura de la pradera, proporción de componentes gramínea-leguminosa, facilidad de acceso al follaje, metabolitos secundarios presentes en las arbustivas y arbóreas principalmente y cultura de consumo de los animales, mayores porcentajes de leguminosas en la dieta se presentan durante la época de sequía en un 36.11%, con relación a la época de máxima precipitación 18.21% (Chamorro D. R.).

El tipo y las concentraciones de esos compuestos secundarios en plantas pueden verse afectados por factores del medio ambiente tales como la fertilidad de los suelos que al consumirlas pueden tener tanto efectos positivos como efectos negativos sobre la eficiencia de conversión alimenticia y la utilización de proteínas. (Häkkinen)

10. Efectos de los metabolitos secundarios en la Nutrición de caprinos

Taninos. Los taninos son sustancias no bien definidas químicamente, pero que se agrupan debido a que tienen algunas propiedades comunes. Comprenden una pequeña parte del tan amplio como diverso grupo de los compuestos fenólicos vegetales, que abarca los ácidos fenólicos de 7 a 9 átomos de carbono, tales como los ácidos gálico y p-cumárico, los flavanos de 15 átomos de carbono, y las ligninas, las cuales tienen un alto grado de polimerización (Wong, 1973). A pesar de su indefinición química, generalmente los taninos se dividen en hidrolizables y condensados, aunque ambos tipos pueden sufrir procesos hidrolíticos en medio acuoso (Mole and Waterman, 1987). Los taninos hidrolizables están constituidos por un núcleo compuesto por un glúcido, cuyos grupos hidroxilo se encuentran esterificados con ácidos carboxílicos fenólicos. Por su lado, los llamados taninos condensados (proantocianidinas) son polímeros no ramificados de hidroxiflavonoles (flavan 3,4-diol, como el monómero leucoantocianidina y flavan 3-ol, tal como la catequina) (Wong, 1973; McLeod, 1974; Deshpande *et al.*, 1986; Mole and Waterman, 1987; Stafford, 1988; Hagerman and Butler, 1991; Mueller-Harvey and McAllan, 1992; Reed, 1995). Tanto unos como otros son insolubles en solventes no polares (éter, cloroformo, benceno) y solubles en agua y alcohol (Deshpande *et al.*, 1986; Mole and Waterman, 1987; Hagerman and Butler, 1991). La imposibilidad de una clasificación rígida se pone de manifiesto cuanto más se avanza en el estudio de las estructuras de los taninos (Mueller-Harvey and McAllan, 1992; Reed, 1995; Foo *et al.*, 1996).

La gran cantidad de grupos hidroxilo fenólicos que poseen los taninos les hace muy reactivos, proporcionándoles numerosos puntos de anclaje susceptibles de formar puentes de hidrógeno, siendo éste el motivo por el que forman asociaciones reversibles con otras moléculas, demostrando mayor afinidad por las proteínas debido a la fuerte tendencia a formar puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de los taninos y el oxígeno del grupo carbonilo de los péptidos (McLeod, 1974). Se ha comprobado que los complejos tanino-proteína se forman con mayor facilidad a un pH próximo a 6,0, correspondiente a los valores medios en el rumen (Koupai-Abyazani *et al.*, 1993) y que se disocian a un pH menor de 3,5 y superior a 8,5 (Jones and Mangan, 1977). Además, se

ha observado que la unión es más fuerte conforme avanza el tiempo (Terrill *et al.*, 1994b) y cuanto más insoluble en agua es la molécula de tanino (Spencer *et al.*, 1988). Las especiales características de estas interacciones tanino-proteína hacen que los taninos condensados tengan menor afinidad hacia la formación de enlaces con las proteínas que los taninos hidrolizables, los cuales poseen una posibilidad de su molécula (Makkar *et al.*, 1988b; Spencer *et al.*, 1988). Tanto los taninos hidrolizables como los condensados se encuentran, principalmente, en hojas de árboles, arbustos y leguminosas herbáceas (McLeod, 1974; Abreu, 1993; Perevolotsky, 1994), habiéndose observado, además, considerables cantidades de polifenoles resistentes a la hidrólisis en granos de cereales como el sorgo (*Sorghum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*) y mijo (*Panicum miliaceum*) (Jansman, 1993), localizados fundamentalmente en la testa de la semilla (McGrath, *et al.*, 1982). El contenido en taninos de árboles y arbustos varía ampliamente entre especies (Makkar *et al.*, 1991; Abreu, 1993), así como estacionalmente y con el estado fenológico de la planta (Palo, 1984; Terrill *et al.*, 1990; Makkar *et al.*, 1991).

El efecto de los taninos en la nutrición animal ha sido tratado en numerosos trabajos. Su alto grado de reactividad conduce a su interacción, tanto con las proteínas de las plantas que constituyen el pasto (Wong, 1973; Jones and Mangan, 1977; Reed *et al.*, 1982), lo que disminuye su accesibilidad, como con las enzimas digestivas de los herbívoros (Griffiths, 1979, 1981; Horigome *et al.*, 1988; Liener, 1990; Silanikove *et al.*, 1994), lo que reduce su aprovechamiento por el animal (disminución de la digestibilidad de la materia orgánica), así como también con las mucoproteínas de la saliva (Wong, 1973) o directamente con los receptores gustativos (McLeod, 1974), lo que provoca la sensación de astringencia característica de los taninos y, consecuentemente, la baja palatabilidad de las plantas que contienen cantidades elevadas de estos compuestos (McLeod, 1974; Harborne, 1993). En la célula viva, los taninos son almacenados en una vacuola producto de la coalescencia de vesículas del retículo endoplasmático (Burns, 1978; Stafford, 1988). Sin embargo, en estados de senescencia y muerte de la célula, los taninos condensados pasan a formar parte de la pared celular (Stafford, 1988; Makkar *et al.*, 1991; Iason *et al.*, 1995). Los taninos condensados contenidos en la vacuola de la célula viva son liberados con el procesado del alimento (trituration, molido, etc.) o su

masticación por el animal, uniéndose entonces a las proteínas vegetales, a los polisacáridos y proteínas de la pared celular y permaneciendo parte de ellos como taninos libres (Price *et al.*, 1979; Reed *et al.*, 1982; Deshpande *et al.*, 1986; Rittner and Reed, 1992; Terrill *et al.*, 1990, 1992, 1994a; Jackson *et al.*, 1996). En su paso a través del sistema digestivo de los rumiantes, estas tres fracciones experimentan diferentes transformaciones e intercambios entre ellas, siendo los taninos libres los únicos susceptibles de sufrir degradación o absorción (Pérez-Maldonado and Norton, 1996b). Una vez que los taninos condensados han pasado por el rumen, las secreciones gástricas (pH 2,5) y pancreáticas y biliares (pH 8-9) disociarían el complejo tanino-proteína (Jones and Mangan, 1977; Mangan, 1988; Pérez-Maldonado and Norton, 1996b), permaneciendo una cantidad sustancial de tanino condensado ligado a la pared celular que va a ser excretado en las heces junto a la lignina, lo que contribuiría a una disminución aparente de la digestibilidad de la fibra ácido detergente contenida en la dieta (Pérez-Maldonado and Norton, 1996b).

Para dilucidar las transformaciones que sufren los taninos condensados en su paso por el tracto digestivo de los rumiantes, se han realizado diversas pruebas con taninos marcados con ¹⁴C, indicando algunas cierto grado de absorción y/o digestión de los taninos condensados libres (Terrill *et al.*, 1994b; Pérez-Maldonado and Norton, 1996a). Ahora bien, el efecto de los taninos varía, tanto con la particular fisiología del animal como con la estructura de los taninos ingeridos (Ramos G.).

Los contenidos de Proteína bruta (PB) de las plantas de ramoneo estudiadas resultan estratégicos en un este período del año húmedo. Mediante el ramoneo de los árboles y arbustos, los animales obtienen mayores niveles de proteína y energía en la dieta y así compensan la baja calidad que les ofrece el pastizal diferido en este período seco (Balmaceda y Digiuni, 1983; Miñón *et al.*, 1991; Pisani *et al.*, 2000). Mencionado por (Rossi C. A.)

Al analizar las características fitoquímicas de todas las especies, una buena parte de ellas presentaron Fenoles y Alcaloide (83 y 61%, respectivamente) y tanto las especies leguminosas y gramíneas exhibieron individualmente considerables proporciones de dichos metabolitos. Estos resultados coinciden con lo planteado por Kumar (1992), Sotelo *et al.*, (1995), Rosales (1998) y Varona (2006) en relación a que los polifenoles y los compuestos nitrogenados

de naturaleza no proteica constituyen los dos grupos de metabolitos secundarios de mayor distribución en las plantas superiores. Por tales motivos, estos compuestos presentan la mayor importancia en cuanto a sus efectos adversos en la alimentación animal en condiciones de pastoreo.

En el estudio de dietas en el bosque deciduo tropical de los llanos centrales venezolanos, en todos los casos, los caprinos consumieron más especies que contenían mayor diversidad de compuestos secundarios en comparación con los bovinos. No obstante, se observó un patrón homogéneo en cuanto a que los Fenoles y Alcaloides seguido por los Cianuros y Saponinas fueron los metabolitos presentes en las dietas más consumidas.

Al respecto, estudios bioquímicos han determinado que los rumiantes, y particularmente las cabras, se encuentran provistos de defensas fisiológicas tales como: la secreción bucal de proteínas con elevadas proporciones de prolina e hidroxiprolina, la adaptación de las bacterias ruminales para degradar compuestos nitrogenados no proteicos, la conjugación de los cianuros con el azufre endógeno y la hidrólisis ácida de los glucósidos saponínicos como mecanismos para contrarrestar las elevadas dosis de Fenoles, alcaloides, cianuros y saponinas, respectivamente. (Baldizán A.)

Las proteínas son compuestos orgánicos conformados por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos estos intervienen en diversas funciones vitales esenciales, como el metabolismo, la contracción muscular o la respuesta inmunológica. El metabolismo proteico en el rumen es bastante complejo; los microorganismos degradan los alimentos, destruyendo inicialmente la pared de las células e iniciando el proceso hidrolítico continuo de las proteínas. La destrucción proteica por desaminación fermentativa produce dióxido de carbono, amoníaco y ácidos grasos de cadena corta. (Chamorro D. R.).

Los taninos condensados (TC) ligan las proteínas en el rumen protegiéndolas de la degradación microbial, luego el complejo tanino proteína formado en el rumen se rompe cuando llega al abomaso lo que puede resultar en un aumento de flujo de proteína dietaria al tracto posterior. Sin embargo, el grado de

protección de la proteína en el rumen y la estabilidad del complejo tanino-proteína en las condiciones del abomaso parecen estar relacionadas con la estructura del tanino. Esto sugeriría que no todos los taninos tendrían un mismo efecto sobre la proteína dietaria en los rumiantes. Con el objeto de establecer el efecto de diferentes fuentes de TC de leguminosas tropicales sobre la digestibilidad de la proteína in vitro se realizaron, tres experimentos uno con taninos purificados y dos con el material completo (Carulla et al., 2001). Se utilizaron cuatro niveles de TC purificados: 0, 30, 60 y 90% (peso a peso) con relación a la proteína de torta de soya incubada. Se utilizó la técnica de digestibilidad in vitro de dos etapas (Tilley y Terry, 1963) modificada en el Laboratorio de Nutrición Animal (Carulla y Pabón, 2004). Se midió la digestibilidad in vitro de la proteína en la etapa de fermentación por 48 h

Estas pruebas rápidas para forrajes consisten en la evaluación cualitativa (por cambios de coloración) de la presencia de factores antinutricionales como son los fenoles, esteroides, alcaloides y saponinas (Larrahondo 1985). (Cortés J. E.)

La mezcla de Polietilén glicol (PEG), es un agente que forma un complejo con los taninos, cuyo peso molecular varia desde 2000 hasta 35.000, este hecho le permite unirse a los taninos cuando se encuentran a pH neutros (Makkar et al,1995). La principal función de este agente es inactivar los taninos y evitar que afecte los proceso de fermentación ruminal (Makkar, 2003). El PEG ha sido utilizado satisfactoriamente en las evaluaciones nutricionales para forrajes ricos en taninos (Yañez et al. 2004), pues dada su característica de disociar el complejo tanico-proteína ayuda a clasificar la presencia de los efectos que realmente tendrían los taninos cuando son ingeridos por los rumiantes (Martín et al, 2004).

Igualmente, (Canbolat et al, 2005) ha demostrado que la adición de PEG en las dietas puede formar complejos estables con los taninos mientras se previene las uniones entre taninos y las proteínas.

Narváez, 2000 indica que el uso de PEG permite separar el efecto de la concentración de taninos condensados con otro tipo de efectos con el que se puede dar con la concentración de lignina sobre la digestibilidad in Vitro de la

materia seca, por ejemplo, uno de los efectos mas marcados que se ha observado con la adición de PEG es la variación en la síntesis de proteína microbial (Makkar et al 1997), por que los nutrientes presentes en las hojas de forrajes ricos en taninos con presencia de PEG se hacían más disponibles, y por ello su gran potencial de incrementar la eficiencia de utilizar de las dietas que contienen taninos. Se ha reportado que realmente se deprime la eficiencia de utilización de la síntesis de proteína microbial probablemente por causa de la pobre relación energética, que debe ser corregida con suplementación adecuada (Makkar, 2003) (Bernal L. C).

11. Efectos negativos de los metabolitos secundarios presentes en las leguminosas.

Los factores antinutricionales (FANs) son compuestos químicos generados por las plantas, que influyen en la aceptabilidad animal (Ahn, Elliott y Norton, 1997), inhiben la digestión al afectar la actividad catalítica de algunas enzimas (Delgado, 1998), producen efectos tóxicos (Midjavila, 1990) y pueden limitar la absorción de los alimentos (Liener, 1997). En este sentido, las plantas contienen 1.200 clases de compuestos secundarios (Kumar, 1992). Por su elevada diversidad no todos se encuentran bien estudiados, aunque existen algunos grupos como los polifenoles (Ahn *et al.*, 1997), glucósidos cianogénicos (Sotelo, Contreras y Flores, 1995), alcaloides (Sotelo, Sousa y Sánchez, 1995), saponinas y esteroides (Galindo, Rosales, Murgueitio y Larrahondo, 1989), fitohemoaglutininas (Le Guen y Birk, 1993; Goodbole, Krishna y Brata, 1994), triterpenos, aminoácidos tóxicos y el ácido oxálico (Kumar, 1992), que son los más conocidos. Los grupos menos estudiados los conforman las anticarbohidrasas, antiroideos, tioalidonas, tiocianatos e isotiocianatos, ácido fítico, antiaminas, antibiotinas y las sustancias que aumentan de forma particular las pérdidas catabólicas (Midjavila, 1990). El término factor antinutricional es muy controvertido y polémico, ya que en los últimos años varios autores informan que algunos de los metabolitos pertenecientes a este grupo no solamente pueden afectar la nutrición, sino que pueden causar efectos estrogénicos e interferir en la reproducción de los rumiantes y los monogástricos (Grabiela-Anca, Dean y Wiley, 1997). Según Ojeda (1996), los FANs pueden definirse como aquellas sustancias generadas por el metabolismo natural de las especies vegetales y que, por diferentes mecanismos, ejercen efectos contrarios a la nutrición óptima de los animales por la disminución de los efectos digestivos y/o metabólicos. (García D. E.)

El análisis cualitativo de algunos metabolitos secundarios asociados a un efecto antinutricional fue efectuado a 13 malezas que son usadas como forraje en el estado de Querétaro, México las plantas objeto de estudio fueron: *Amaranthus hybridus*, *Brassica rapa*, *Cosmos bipinnatus*, *Cynodon dactylon*, *Desmodium molliculum*, *Ipomoea purpurea*, *Malva parviflora*, *Oxalis decaphylla*,

Parthenium hysterophorus, *Sanvitalia procumbens*, *Simsia amplexicaulis*, *Sorghum halepense*, y *Tithonia tubiformis*.

Los resultados obtenidos mostraron que los glucósidos cianogénicos están presentes en *Brassica rapa*, *Cosmos bipinnatus*, *Oxalis decaphylla*, *Simsia amplexicaulis*, *Sorghu halepense* y *Tithonia tubiformis*, la saponinas en *Amaranthus hybridus*, *Brassica rapa*, *Cosmos bipinnatus*, *Cynodon dactylon*, *Desmodium molliculubm*, *Ipomoea purpurea*, *Malva parviflora*, *Oxalis decaphylla*, *Parthenium hysterophorus*, *Sanvitalia procumbens*, *Simsia amplexicaulis*, *Sorghum halepense*, y *Tithonia tubiformis*. Por último no se encontró algún resultado contundente que indicara presencia de alcaloides en alguna de las plantas. (García D. G).

Se ha observado en la saliva la presencia de proteínas ricas en el aminoácido prolina (Robbins *et al.*, 1987b). Este tipo de proteínas muestran una especial afinidad por los taninos formando complejos solubles tanino-proteína (Jones and Mangan, 1977; Austin *et al.*, 1989; Pérez- Maldonado *et al.*, 1995), que, al contrario de los demás complejos tanino-proteína, son estables en el rango de pH de todo el tracto digestivo (Austin *et al.*, 1989), lo que contribuiría a anular el efecto adverso de los taninos en la palatabilidad y, por tanto, en la ingestión del alimento, y en el proceso digestivo subsiguiente (Robbins *et al.*, 1987b, 1991; Cheeke and Palo, 1995). Aunque la extensión e incidencia de las proteínas ricas en prolina en la defensa de los herbívoros frente a los taninos no parece estar muy clara (Mole *et al.*, 1990), resulta indudable que la ingestión de plantas con altos contenidos en taninos desencadena cambios morfológicos y bioquímicos en las glándulas parótidas conducentes a la producción de dichas proteínas (Mehansho *et al.*, 1992; Silanikove *et al.*, 1996). Las diferencias interespecíficas son claramente manifiestas en este terreno. Se cree, por ejemplo, que las cabras deben tener algún otro tipo complementario de mecanismo destoxicador de los taninos ya que no presentan ninguna consecuencia lesiva, a pesar de sus conocidos hábitos ramoneadores en arbustos y árboles con alto contenido en taninos y de no secretar, de modo específico, proteínas ricas en prolina en su saliva (Cheeke and Palo, 1995; Narjisse *et al.*, 1995; Pérez-Maldonado and Norton, 1996b; Silanikove *et al.*, 1996). Un posible medio destoxicador sería el rumen, en el cual se ha

identificado una cepa de la bacteria *Selenomonas ruminantium* subsp. *ruminantium* provista de enzimas con actividad taninoacilhidrolasa y, por ello, capaz de crecer en medios con ácido tánico o taninos condensados como única fuente de energía (Skene and Brooker, 1995), si bien, es probable que sea necesario un consorcio de microorganismos para metabolizar los taninos (Skene and Brooker, 1995). En efecto, el medio ruminal representa un lugar eficiente de destoxificación para un amplio rango de compuestos secundarios de las plantas (terpenos, fenoles, ácidos, etc), de modo que la toxicidad de las plantas consumidas por los rumiantes puede ser modificada significativamente después de los cambios químicos sufridos por los compuestos potencialmente tóxicos en el rumen (Duncan and Milne, 1992a,b; Domínguez-Bello, 1996). La composición de la población microbiana del rumen es lábil y puede diferir sensiblemente entre especies, entre poblaciones, a lo largo del tiempo, y como adaptación a la ingestión de determinados compuestos en la dieta. Esto puede, evidentemente, tener una importante influencia en la transformación de los compuestos secundarios y, por ende, en la toxicidad de los alimentos (Allison and Reddy, 1984). De hecho, las diferencias interespecíficas en las reacciones metabólicas han sido señaladas como uno de los factores responsables de las diferencias interespecíficas en la selección y preferencia de la dieta (Kronberg and Walker, 1993). El metabolismo ruminal del ácido oxálico, tras un periodo de adaptación, es uno de los ejemplos que mejor se ajustan a esta teoría, habiéndose observado diferencias significativas entre especies en su ritmo de degradación (Duncan *et al.*, 1997b), así como el efecto de la adaptación ruminal a este compuesto secundario en la selección de la dieta (Frutos *et al.*, 1997). El ácido tánico representaría otro ejemplo de la destoxificación gracias a las bacterias ruminales (Skene and Brooker, 1995; Silanikove *et al.*, 1996). Es probable que el mecanismo primario por el que los rumiantes pueden tolerar altos contenidos de taninos en la ración sea mediante la adaptación de los microorganismos ruminales y su capacidad de destoxificar estos compuestos (Smith, 1992; Narjisse *et al.*, 1995; Silanikove *et al.*, 1996) siendo, por ello, los rumiantes menos susceptibles que el resto de herbívoros a los efectos perjudiciales de los taninos (McLeod, 1974). Lógicamente, la destoxificación de los compuestos secundarios, o toxinas, de la dieta también puede tener lugar en otros puntos, tales como el intestino delgado, los riñones o, de modo

fundamental, el hígado (Cheeke, 1994). Ahora bien, incluso cuando el animal dispone de mecanismos detoxificadores eficaces, éstos no tienen una capacidad ilimitada y el animal se ve obligado a ejercer una activa selección del alimento (Robbins *et al.*, 1991). Los herbívoros seleccionan su dieta entre una amplia variedad de especies vegetales, tratando, por una parte, de cubrir sus necesidades nutritivas y, por otra, de evitar la ingestión de compuestos tóxicos. Dicha selección está basada en un proceso de aprendizaje tipo prueba/error (Provenza, 1995). Algunos autores han señalado que para un mamífero herbívoro alimentándose de vegetación arbustiva, es probablemente más importante evitar la intoxicación que optimizar la ingestión de nutrientes (Iason and Waterman, 1988; Bryant *et al.*, 1992; Provenza, 1995). En este sentido, la utilidad de las proteínas ricas en prolina se basaría más en evitar el daño que una ingestión elevada de taninos podría causar en los tejidos y órganos del animal, que en disminuir el efecto en la digestibilidad del alimento o en la absorción de aminoácidos (Harborne, 1989; Provenza *et al.*, 1990; Hagerman and Butler, 1991). (Ramos G.)

Para el estudio de estos metabolitos secundarios antinutricionales en las plantas es necesario detectarlos en ellas para enseguida conocer la concentración y saber si la planta puede ser tóxica o no, para lo cual se realiza inicialmente un rastreo cualitativo basado en procedimientos químicos (reacciones que dan productos coloreados, que forman precipitados), así como la identificación por cromatografía de capa fina (Marini-Bettolo y col 1981). Los antinutrientes son sustancias naturales no fibrosas generadas por el metabolismo secundario de las plantas, como un mecanismo de defensa ante el ataque de mohos, bacterias, insectos y pájaros, o en algunos casos, productos del metabolismo de las plantas sometidas a condiciones de estrés (Andrade H. J.)

Los taninos pueden reducir el consumo de las plantas que consumen las cabras por disminución de la palatabilidad o por afectar negativamente la digestión. La astringencia es la sensación causada por la formación de complejos entre taninos y glucoproteínas salivales. La astringencia puede incrementar la salivación y disminuir la palatabilidad. Se ha sugerido que la

disminución en el recambio y tasa de digestión ruminal son más importantes que la palatabilidad para reducir el consumo. (Ramírez R. G.).

12. Palatabilidad en Leguminosas

Una gran variedad de plantas perennes, entre ellas las leguminosas han sido señaladas con propiedades antihelmínticas en algunos momentos de su crecimiento (Hammond *et al.*, 1997). Se ha comprobado que las leguminosas, no solo las arbóreas, sino también algunas forrajeras tradicionales, presentan altos niveles de taninos condensados. Según Waller (1998) y Nieven *et al.* (1998), las plantas con estas características disminuyen las infestaciones parasitarias en los animales, además contribuyen a mejorar el plano nutricional por su rol en la protección de la proteína pasante a nivel de la degradación ruminal.

Los resultados alcanzados hasta el momento, en estudios con ovinos, la sitúan como una estrategia importante de investigación para el futuro en los países tropicales y templados, dentro del programa de control integrado del parasitismo. Estos trabajos han estado dirigidos fundamentalmente en dos vertientes, los primeros relacionados con los resultados bajo condiciones de pastoreo/ramoneo y en segundo lugar con la utilización de los extractos de las plantas, ya que no siempre se encuentra una relación adecuada entre el nivel de metabolitos y el consumo del forraje por los animales. En investigaciones realizadas en Nueva Zelandia en la década de los 90, con ovinos, en condiciones de ramoneo vs pastoreo, en sistemas con plantas que presentaban taninos condensados, se alcanzó una disminución significativa del parasitismo gastrointestinal en los animales (Hoste, 2002). Según el autor la inclusión de plantas con estas características en la dieta de los animales contribuye a la restauración del apetito y la reducción de la frecuencia de diarreas, lo cual está relacionado con una disminución de los parásitos adultos y de las excreciones de huevos en las heces fecales.

Estos efectos también han sido reportados en cabras en pastoreos, donde se ha observado un decrecimiento significativo del conteo fecal de huevo y la reducción de las afectaciones a nivel de la mucosa gastrointestinal, causadas por el género. (Soca M.).

Estos resultados ponen de manifiesto que, en las especies evaluadas, existe una influencia negativa de los metabolitos relacionados con los isoprenoides (ET, Terp y Sap) en el consumo voluntario que realizan las cabras y no con los compuestos fenólicos (FT y TC); aspecto singular que difiere de lo expresado

por Makkar (2003) con relación a que los fenoles, y especialmente los taninos, constituyen los compuestos de mayor influencia en el consumo voluntario de los rumiantes. Además, los resultados obtenidos coinciden con los informados por Personious *et al.* (1987) quien determinó que cuando la especie ofertada presenta baja concentración de compuestos fenólicos, pero elevados contenidos de isoprenoides, estos últimos también pueden influir significativamente en la preferencia de los forrajes. Quizás las bajas concentraciones de taninos y fenoles en las especies evaluadas, exceptuando a *B. cumanensis*, y los considerables contenidos de ET, Terp y Sap en algunos casos, pudieron influir en los resultados obtenidos.

Por otra parte, las especies de la familia *Leguminosae* no solamente fueron los forrajes preferidos por las cabras. Este aspecto enfatiza la necesidad de utilizar y evaluar en la dietas para los animales herbívoros otras plantas no leguminosas, que pudieran cubrir los requerimientos de dichos animales;

Considerando que en algunos estudios quimiotaxonómicos se ha informado que las especies no leguminosas, pueden tener menor diversidad y concentración de metabolitos causantes de trastornos digestivos en vacunos y caprinos. (García D. E.).

13. Discusión

El Silvopastoreo es un sistema de producción pecuaria en donde árboles y arbustos interactúan con los componentes tradicionales, bajo un sistema de manejo integral, ha sido planteado con base en resultados investigativos, como una alternativa de producción sostenible que permite reducir el impacto ambiental de los sistemas tradicionales de producción. Por tal motivo los sistemas tradicionales llevados por años han cambiado la estructura de los suelos desmejorándolos y ser improductivos.

Un gran porcentaje de ramoneo en la dieta de los caprinos se produce durante la época de verano, para mejorar la ingesta de proteína se debe dejar consumir arbustos, debido a que los pastos en esta etapa del año tienen menor calidad y unos niveles bajos de proteína. Por la composición química y valor nutritivo de pasturas nativas se aconseja suplementar con polientilenglicol (PGE) y la mezcla con leguminosas obteniendo mucha satisfacción, dicho en algunos estudios.

Existe una vacante de información científica en lo que respecta a las especies de ramoneo, a pesar de su comprobada importancia en la dieta de caprinos y bovinos, donde investigadores pueden realizar un gran sin números de estas.

Toda investigación conlleva la necesidad de ahondar más y más pues éstas, no se han podido culminar con temas sobre la importancia en los metabolitos secundarios, los condensados si son capaces de precipitar proteína, pues en algunos de los autores, la concentración de proteína es relativa. Los taninos son un grupo distintivo de polifenoles solubles en agua y con un relativo alto peso molecular, aparte de las reacciones fenólicas tienen la propiedad de precipitar alcaloides, ácidos nucleicos, esteroides, saponinas, gelatinas, proteínas, minerales y carbohidratos (Rosales M)

Sobre la digestibilidad de los taninos, se da por la capacidad fisiológica de cada animal y el tiempo de estar expuestos a estos, da una mayor adaptabilidad a poderlos aceptar. De otro lado los taninos artificiales y los taninos presentes en los forrajes tienen mayor efectividad sobre los artificiales, por ende protegiendo las proteínas, para luego llevarlas a una efectiva asimilación en el intestino delgado.

14. Conclusiones

- Los rumiantes (especialmente cabras) cuando se les deja ramonear *ad libitum* preferirán una dieta variada. La incorporación de leñosas perennes (árboles y arbustos) en los sistemas silvopastoril, permite incrementar la fertilidad del suelo, mejorar su estructura y disminuyen los procesos de erosión.
- La degradación de pasturas contribuye de manera significativa al aumento del CO₂ atmosférico, debido a descomposición del carbono de la materia orgánica, por lo tanto los árboles forrajeros dentro de los potreros juegan siempre un papel significativo en la disminución de degradación de pasturas.
- Se ha encontrado que la presencia de algunos taninos suele reducir la emisión de gas metano a la atmosfera por parte de los rumiantes disminuyendo así el impacto en el efecto invernadero.
- Las leguminosas arbóreas utilizadas como árboles forrajeros pueden hacer recircular, a través su metabolismo, cantidades altas de nitrógeno y la presencia de proteína que al estar enlazada a compuestos químicos, especialmente a compuestos de tipo fenólico, permite escapar a la degradación ruminal (proteína sobrepasante) y ser fuente importante de proteína de alta calidad biológica para los rumiantes.
- El estudio del metabolismo secundario de forma integral, en las principales especies arbóreas utilizadas en la alimentación animal, resulta de vital importancia en aras de realizar un mejor manejo de la biomasa que aportan y un óptimo aprovechamiento de esta fuente de alimento.

- Los animales alimentados con leguminosas, aprenden a convivir con los taninos saponinas etc. La combinación de leguminosas con y sin taninos permiten aprovechar las ventajas de cada uno de estos grupos de plantas. Por un lado las leguminosas libres de taninos aumentarían el suministro de nitrógeno fermentable y la actividad microbiana en el rumen. Por otro lado los taninos presentes en leguminosas arbustivas protegen parte de la proteína de la degradación ruminal y aumentan el suministro de proteína sobrepasante.
- El propósito de la formulación de sistemas de alimentación en rumiantes es el de asegurar niveles adecuados de amonio en el rumen que permitan una actividad microbiana adecuada. Los taninos presentes en algunas especies de leguminosas tropicales forman fuertes enlaces con proteínas y evitan así su degradación ruminal. En estudios se observó un patrón homogéneo en cuanto a que los fenoles y alcaloides seguidos por los cianuros y saponinas fueron los metabolitos presentes en las dietas más consumidas.
- Algunas forrajeras tradicionales, presentan altos niveles de taninos condensados, las plantas con estas características disminuyen las infestaciones parasitarias en los animales, además contribuyen a mejorar el plano nutricional por su rol en la protección de la proteína pasante a nivel de la degradación ruminal. La inclusión de plantas con estas características en la dieta de los animales contribuye a la restauración del apetito y la reducción de la frecuencia de diarreas.
- Corroborando la literatura de algunos autores, se puede determinar que los metabolitos secundarios, son necesarios para un manejo adecuado de la mezcla de leguminosas con gramíneas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a las Doctoras Luz Elena Santacoloma y Karen Quiroga el magnifico apoyo dado durante la consecución de este trabajo y al Doctor Reinaldo Bernal el haber revisado los borradores de este documento.

Bibliografías

Andrade H. J. & Ibrahim M. Agroforestería en las Américas Vol. 10 # 39 – 402003. Recuperado Noviembre 28 de 2008, en <http://www.fao.org/docrep/nonfao/lead>

Baldizán A. & Domínguez C. & García D. E. & Eduardo Chacón E. & Aguilar L. Metabolitos secundarios y patrón de selección de dietas en el bosque decido tropical de los llanos centrales venezolanos. Recuperado Mayo 20 de 2009 en <http://www.scielo.org.ve/scielo.php>

Bernal L. C. Efecto de las mezclas de las leguminosas. Recuperado en Noviembre 28 de 2008 en <http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/>

Cárdenas C. G. Comparación de la Composición y Estructura de la Avifauna en Diferentes Sistemas de Producción. Recuperado Noviembre 1 de 2008, en <http://www.fao.org/docrep/>

Carvalho M. M. & Xavier Deise F. & Alvim Maurílio J. Archivos FAO
Recuperado en Noviembre 13 de 2007.
En <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/fris/espanol/document/agrofor1/>

Cortés J. E. & Moreno B. & Pabon M. L & Carulla J. E. Efecto de taninos de cuatro leguminosas sobre la digestión in Vitro de proteína.
Memorias del Segundo Taller de Taninos en la Nutrición de Rumiantes p. 26
Recuperada en Mayo 4 de 2008.
En <http://www.db-alp.admin.ch/de/publikationen/docs/pub>

Chamorro D. R. & Gallo J. E. & Arcos J. C. Gramíneas y leguminosas, consideraciones agrozootécnicas para ganadería del tópic bajo. -Ibague, 1998. 183 p, Cdrs, ilus. CORPOICA, El Espinal. Colombia, Regional 6. Recuperado en Abril 10 de 2009. En <http://www/ciat.org>

García D. E. & Medina M. G. & Domínguez C. & Baldizán A. & Humbría J. & Cova L. Evaluación química de especies no leguminosas con potencial forrajero en el estado Trujillo, Venezuela. Recuperado Noviembre 12 de 2008, en <http://www.scielo.org.ve/scielo/>

García D. E. & Medina M. G. & Cova L. J. & Humbría J. & Torres A. & Moratinos P. Preferencia Caprina por especies forrajeras con amplia distribución en el estado de Trujillo Venezuela. Recuperado en Mayo 20 de 2008 en <http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/>

García D. E. Principales factores antinutricionales de las leguminosas forrajeras y sus formas de cuantificación Pastos y Forrajes, Vol. 27, No. 2, 2004 101. Recuperado en Agosto 27 de 2008 . En <http://www.scielo.org.co/scielo>.

García D. G. & Gutiérrez D. M. Rastreo Cualitativo de Alcaloides, Saponinas y Glicosidos cianogénicos en malezas usadas como forrajes en el estado de Querétaro México. Facultad de Química Universidad Autónoma de Querétaro México. Recuperado en Noviembre 30 de 2008, en <http://www.uaq.mx/investigacion/.../memorias-2007>

Giraldo L. A. & Bolívar D. M. Evaluación de un Sistema Silvopastoril de Acacia decurrens asociada con pasto kikuyo Pennisetum clandestinum, en clima frío de Colombia. Tomado en Junio 1 de 2007 en <http://www/agronet.gov.co>

Häkkinen & Törrönen (2006). Segundo Taller Taninos en la Nutrición de Rumiantes en Colombia 30 de Noviembre y 1 de Diciembre 2006 Recuperado Agosto 10 de 2007.

Hess H.D. & Gómez J. & Lascano C.E. Efecto de taninos extraídos de leguminosas arbustivas sobre la dinámica de fermentación ruminal. Memorias del Segundo Taller de Taninos en la Nutrición de Rumiantes en Colombia 30 de Noviembre y 1 de Diciembre 2006 P.15 Recuperado Mayo 15 de 2007, en http://www.db-alp.admin.ch/.../pub_HessHD_2006_16347

Hidalgo V & Domínguez C. & Diaz Y & Espinoza F. & Mireles M. Tecnologías apropiadas para la ganadería de los llanos de Venezuela – I Simposio, tomado Abril 4 de 2009, en http://www.arpa.ula.ve/eventos/i_simposio_tecnologas

Ibrahim M. (2001) Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales. Conferencia electrónica en potencialidades de los sistemas Silvopastoriles para la generación de servicios ambientales. FAO. Recuperado en 17 de Diciembre de 2008, en http://web.catie.ac.cr/informacion/RAFA/rev33-34/noticias_agro

Mahecha L. Proceso integral de recuperación y manejo de praderas, condición fundamental para el desarrollo ganadero en Caquetá. En Boletín Técnico Corpoica - Pronatta. 1999; p. 227 a 231. Recuperado Junio 1 de 2009. En <http://www/rccp.udea.edu.co>

Mahecha L. El silvopastoreo: Una producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina recuperado Marzo 19 de 2009 en <http://200.75.42.3/SitioWeb/Archivos/Foros/DOCUMENTO>

Mahecha L. (2002) Una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. - El silvopastoreo. Revista Colciencia Pec Vol. 15: 2, 2002 En http://http://rccp.udea.edu.co/v_anteriores Tomado Enero 29 de 2009

Monsalve L. M. (2007) Efecto de Suplementación con mezclas de leguminosas sobre la fermentación ruminal, el flujo de proteína duodenal y la absorción de nitrógeno en ovinos. Recuperada Mayo 4 de 2008 en <http://www.alp.admin.ch/dienstleistungen/>

Murgueitio R. Sistemas Agroforestales para la Producción Ganadera en Colombia. Recuperado en Noviembre 8 de 2008.

En <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Murgueitio>

Pabón M. & Ossa J. (2005). Nutrición y alimentación de la vaca, Bioquímica, nutrición y alimentación de la vaca. Edición 2005 Universidad de Antioquia. Cap.7 y Cap 8.

Ramírez R. G. Plantas Tóxicas que afectan al ganado Caprino. Recuperado Noviembre 9 de 2008. En <http://www.cnog.com.mx/Noticias/>

Ramos G. & Giraldez F. J. & Mantecón A. R. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. Recuperado en Agosto 27 de 2007. En <http://www.digital.csic.es/handle/>

Rosales M. Mezclas de forrajes: Uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales- Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica Fundación CIPAV Cali. Recuperado en Enero 15 de 2008 <http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/frg/AGROFOR1/Rosales9>

Rosales M. (2000). Fijación de carbono y emisión de metano y de óxido nitroso en sistemas de producción bovina en Costa Rica, en Intensificación de la ganadería en Centroamérica: Beneficios económicos y ambientales. en Ed: Pomareda C.y Steinfeld, H. CATIE, FAO, SIDE. Pag: 151-171 Recuperado en Dic.7 de 2008 en <http://www/irrd.org/irrd13/5/ruiz135/>

Rossi C. A. & Pereyra A. M. & González G. L. & De León M. & Chagra D. P. Composición química, contenido de polifenoles totales y valor nutritivo en especies de ramoneo del sistema silvopastoril del Chaco árido Argentino. Tomado Julio 15 de 2009 en <http://www.scielo.org.ve/scielo/>

Sadeghian S. & Rivera J.M. & Gómez M.E. (1998). Impacto de la ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo en los Andes de Colombia. En Memorias de la conferencia electrónica sobre agroforestería para la producción animal en América Latina. Recuperado en Agosto 2 de 2007 en <http://www.cenicafe.org/modules>.

Soca M. & Simón L. & Soca M. & Roche Y. & Aguilar A. Rol de los árboles en el proceso de descomposición de las bostas de bovinos jóvenes y en el desarrollo de la biota Edáfica en Sistemas Silvopastoriles en Cuba.

Recuperado en Septiembre 15 de 2008 en <http://www/metabase.net>

Soca M. & Simon L. & Sánchez S. & Gómez E. (2002).

Avance de Investigación – Dinámica parasitológica en bostas (excretas) de bovinos bajo condiciones silvopastoriles Agroforestería en las Américas Vol.9 p. 33 – 34. Recuperado Octubre 15 de 2008, en <http://www/metabase.net/docs>

Soca M. Taninos condensados, una estrategia para el control de los parásitos de los pequeños rumiantes. Matanzas, Cuba.

En <http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/conferencias/agroforesteria> Recuperado en Enero 16 de 2009

Tours M. & Luckart G & Gielly L. & Excoffier L. & Curry V. & Pidancier N. & Bouvet J. Orígenes. (2005), Recuperado en Mayo 25 de 2007 en <http://www.capraproyecto.iepana.es>.