



22

SUBGERENCIA DE INVESTIGACION
SUBGERENCIA DE TRANSFERENCIA
Regional No. 5
CRECED Altiplano de Nariño - C. Obonuco

Curso: ALTERNATIVAS NO TRADICIONALES PARA ALIMENTACION DE RUMIANTES

76138

Pasto, Agosto

16/38

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
SUBGERENCIA DE INVESTIGACION
CENTRO DE INVESTIGACION OBONUCO
REGIONAL No. 5
PROGRAMA GANADO DE LECHE

ANALIZADO

CURSO

ALTERNATIVAS NO TRADICIONALES PARA ALIMENTACION DE RUMIANTES

San Juan de Pasto,
Agosto 12, 13, 14 de 1992

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

P R E S E N T A C I O N

Dentro de las nuevas funciones encomendadas al Instituto Colombiano Agropecuario ICA, de acuerdo a la Ley de Descentralización y el Decreto 501, se tiene la de Investigar y Transferir Tecnología.

El ICA como entidad encargada de capacitar a los usuarios intermediarios para que den asistencia Técnica a los usuarios, ha preparado el presente curso, con el objetivo de lograr la difusión de una serie de conocimientos y resultados de investigación, en forma amplia, metódica y práctica.

Es indudable que para poder alimentar a los animales, no debe competirse con el humano y por éllo deben buscarse alternativas no tradicionales en la alimentación de los rumiantes, pero para que estas alternativas sean prácticas debemos conocer los diferentes aspectos fisiológicos, así como su metabolismo intermediario y los compuestos antinutricionales en el rumiante.

El uso y manejo adecuado de las diferentes especies de forrajes naturalizados y el mejoramiento del valor nutritivo de estas especies por medio de ensilaje y

henificación así como el uso de los subproductos agroindustriales son de importancia fundamental para integrar a los sistemas productivos y hacer más prácticas y rentables estas explotaciones.

La producción pecuaria tendrá futuro, siempre que el esfuerzo de los investigadores y transferidores se dedique a tener sistemas sostenibles en las zonas tropicales.

Como Director del CRECED Altiplano de Nariño, me complace por intermedio de los profesionales del Programa de Ganado de Leche y Pastos y Forrajes, transferir a usted la Tecnología generada por estos Programas, para que de esta forma los resultados de investigación lleguen a los productores finales, razón de nuestro trabajo.

RAMON CORREA NIETO
DIRECTOR CRECED ALTIPLANO DE NARIÑO
PASTO

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
SUBGERENCIA DE INVESTIGACION
CENTRO DE INVESTIGACION OBONUCO
REGIONAL N^o. 5
PROGRAMA GANADO DE LECHE

FISIOLOGIA DIGESTIVA DEL RUMIANTE

SAN JUAN DE PASTO
JULIO, 1992

FISIOLOGIA DIGESTIVA DEL RUMIANTE

Jose I Pulido H.¹ *eyera*

INTRODUCCION

El estudio detallado de las características anatómicas, fisiológicas y en general, del metabolismo del sistema digestivo del rumiante, ha permitido el desarrollo de técnicas y procedimientos para su explotación eficiente, las que han redundado en un mayor beneficio para la humanidad.

Con base en el entendimiento de la fisiología digestiva de los rumiantes y comparándola con lo que ocurre con los animales monogástricos, el proceso digestivo de los rumiantes resulta particularmente complejo. Las diferencias que se presentan entre estas especies, *de* ~~debidas~~ principalmente al proceso evolutivo de las mismas; ha colocado a los bovinos en una situación de dependencia simbiótica con la actividad microbial que se desarrolla de manera especial en el rumen, para la toma de la mayor parte de sus nutrientes. Así, mientras que en el animal monogástrico los nutrientes son tomados gracias a la acción

¹ Zootecnista, M Sc. Producción Animal. Programa Ganado de leche, ICA, Obonuco. San Juan de Pasto, Colombia. AA 339. Tel: 927-233532.

directa del animal sobre los componentes de la dieta; en el rumiante, el alimento es inicialmente degradado gracias a la acción de microorganismos y luego el propio "hospedante" (rumiante) actúa sobre los productos resultantes de la fermentación para tomar sus nutrientes.

Los animales monogástricos no pueden tomar mayor provecho de los forrajes, ya que no pueden degradar los carbohidratos de alto peso molecular, tales como celulosa y hemicelulosa, componentes éstos, importantes de la pared celular de las plantas, en compuestos simples como glucosa y otros azúcares necesarios para su nutrición.

Los ruminantes por su parte, pueden transformar los componentes más importantes de la pared celular en otros más sencillos, mediante la fermentación ruminal, la cual se lleva a cabo gracias a la presencia de una gama muy variada de especie de microorganismos que se hospedan en el rumen y el retículo principalmente.

Con motivo de las ventajas comparativas que esta especie ofrece sobre otras domésticas, hacen necesario revisar y discutir los conceptos de fisiología digestiva del rumiante, con el objeto de interesar a los profesionales involucrados en actividades pecuarias sobre los posibles medios que hacen más eficiente la utilización de alimentos por parte de los bovinos especialmente.

2. CAMBIOS EN EL APARATO DIGESTIVO DURANTE LA VIDA DEL RUMIANTE.

El rumiante al nacer tiene el estomago dividido tal como el rumiante adulto en cuatro compartimientos, sin embargo, solo el abomaso o cuajar es funcional. El volumen relativo del abomaso es significativamente mayor en el recién nacido, con respecto al rumiante adulto (Cuadro 1).

El estomago o abomaso presenta durante las primeras horas de vida del ternero una capacidad hidrolítica limitada a los peptidos lacteos por acción de la renina y poco desarrollo de las celulas encargadas de secretar al ácido clorhidrico. Lo anterior, facilita el escape del contenido gastrico de inmonoglobulinas calostrales para su absorción en el intestino delgado. Esta situación favorece el traslado de la resistencia de enfermedades de la madre hacia el hijo. Al respecto Stott et al (1979), indica que la condición que favorece la absorción de inmonoglobulinas dura muy poco tiempo (Cuadro 2).

Efectivamente a las 24 horas postnacimiento, por un lado la mucosa estomacal inicia una hidrólisis parcial de la proteína calostrala y por otro, la concentración de inmonoglobulinas en el calostro decrece desde las ocho horas (Stott et al 1979, 1983), además la pepsina aumenta su

actividad específica en el estómago, contribuyendo de esta forma a reducir el escape de proteínas no digeridas.

Únicamente el estómago verdadero (abomaso) presenta funcionalidad en el ternero recién nacido, los demás divertículos estomacales permanecen relativamente aislados del alimento hasta la implantación de la flora microbial y su adaptación anatómica para este proceso. El rumiante joven está dotado de un mecanismo natural para desviar el alimento líquido que recibe de la madre, de tal forma que no entra a los pre-estómagos sino que sigue su curso al abomaso (Paterson et al 1983). De esta forma se evita que un alimento rico en nutrientes, y por lo tanto altamente fermentable se acumule temporalmente en los compartimentos no aptos todavía para la fermentación. Si esto ocurriera, se presentarían dispepsias que se traducen en muchas ocasiones en diarreas y deshidratación.

El intestino delgado presenta gran actividad en el recién nacido, sin embargo, Balmore et al 1983 indica que esta capacidad puede saturarse si se suministran cantidades de lactosa superiores a 200 g/día (Cuadro 3). Así mismo, la digestibilidad de las grasas depende de la cantidad ingerida y al menos hasta las tres semanas de edad, la ternera no podrá absorber más de 5.4 g/Kg de Peso vivo, de lo anterior se deduce que dietas altas en la oferta de leche con contenidos normales de grasa pueden causar diarreas, a pesar

de la alta digestibilidad de la leche y su grasa (Mendez, 1988, citado por Pulido 1987).

Por otro lado, la actividad enzimática sobre los almidones a temprana edad es baja durante los primeros días de vida y es tan solo efectiva hasta los dos meses de edad, haciéndose más efectiva en los cereales que en los propios tubérculos. Sin embargo, los procesos térmicos de gelatinización y peletización de alimentos generalmente aumentan su digestibilidad.

En cuanto a las proteínas no lácteas, su digestibilidad aumenta en el curso del primer mes; los valores más altos (90 - 94 %) se han obtenido con sueros lácteos deshidratados y harinas de pescado. Las proteínas de origen vegetal por su parte, tienen una digestibilidad baja; pero en el caso de soya, algodón y otros elementos proteicos se ha logrado mejorar por el aumento de las temperaturas y la eliminación de factores negativos en su digestibilidad (ej factores antitripsinicos). Adicionalmente, a pesar de que no está determinado aún cuales aminoácidos son realmente esenciales para la ternera, se afirma que son los mismos que necesita el cerdo y la rata en crecimiento. (Church 1969, citado por Pulido 1987).

Desde el punto de vista de la utilización de la energía, todos los estudios realizados en terneras pre-rumiantes que

reciben leche de vaca y otros elementos suplementarios, indican que la eficiencia de la energía metabolizable para mantenimiento y crecimiento es del orden del 70 % .

La leche constituye obviamente el mejor alimento para la ternera prerumiante, sin embargo en nuestras condiciones de explotación, interesa que el consumo sea el mínimo posible. Este objetivo puede alcanzarse de dos maneras que no son excluyentes entre si; suministrando cantidades limitadas de leche a los niveles mínimos compatibles con un adecuado desarrollo y /o utilizando sustitutos de origen lacteo o alimentos concentrados balanceados.

El pre-ruminante, inicia muy pronto su adaptación al alimento sólido y tosco, en situaciones de crianza artificial con libre acceso al concentrado y forraje se observa la iniciación de la ingestión de forraje al término de la segunda semana de edad. Con ello, las pequeñas cantidades de material sólido ingerido comienzan a desarrollar la actividad de los preestomagos, ya que por lo general no se desvian al estomago verdadero. Dependiendo del sistema de cria utilizado, el desarrollo de los preestomagos y las características digestivas del rumiante aparecen entre los dos y los cuatro meses de edad. Sin embargo, solo al término de los cuatro meses de vida, la digestión como el metabolismo del rumiante adulto estan plenamente definidos y funcionales.

3. DIGESTION EN EL RUMIANTE ADULTO.

3.1. El rumiante

Para que los alimentos ingeridos por los rumiantes puedan ser digeridos efectivamente en el rumen, previamente sufren una reducción muy importante de tamaño durante la masticación y remasticación del bolo alimenticio, luego de un proceso de fermentación relativamente rápido en el medio ruminal. Este paso previo a la fermentación completa del alimento, definido como rumia, junto con las saculaciones completas del estomago caracterizan de manera específica al rumiante (Peña, 1988).

3.2. Consumo de alimento:

Aunque aparentemente simple el problema de la ingestión del alimento y sus controles todavía no se han entendido a cabalidad en las diferentes especies animales; el hecho de que el animal consuma mayor o menor cantidad de un ingrediente en comparación con otro y satisfaga o no sus necesidades orgánicas esta determinado por un buen número de fenómenos. Estos fenómenos están asociados con el animal y con el alimento. Los comunmente discutidos en condiciones de campo son los relacionados con el alimento, como disponibilidad, volumen, contenido de fibra, contenido de

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

compuestos energéticos, contenido y relación de minerales, olor y sabor.

El consumo de alimento por parte de los rumiantes es un aspecto fundamental para la nutrición de estos, ya que este factor determina la cantidad de nutrientes que ingresan a su aparato digestivo y en esa misma medida determina la función y la respuesta en producción y crecimiento de los animales; Pero al mismo tiempo la digestibilidad y utilización de los nutrientes por parte del rumiante definen en gran medida la cantidad de alimento consumido (Van Soest, 1982).

Segun Preston et al (1989), la productividad de los rumiantes está determinada por diversos factores, pero dos de los más importantes son determinar qué consumen y en qué cantidad. Aunque los rumiantes comen una gran variedad de alimentos, algunos de los cuales pueden ser en un principio poco palatables, son sumamente selectivos y al parecer les gusta comer unos más que otros. Normalmente toman pastos verdes o granos de cereales con gusto, consumiendo otros más lentamente y sin tanto interes. Al parecer los rumiantes reconocen las sensaciones tanto agradables como desagradables asociadas con los alimentos ya sea antes o después de consumirlos.

Generalmente, en el pastoreo existe una variedad de plantas disponibles. Sin embargo, sólo seleccionan algunas y éstas

no son necesariamente las más abundantes en la pastura. Es muy común que las plantas que representan sólo una pequeña porción del pasto, son las que conforman la mayor parte de la dieta. Cuando la presión de pastoreo no es muy alta, los animales seleccionan las hojas de las plantas; sin embargo, es obvio que cuando hay menor cantidad de pasto disponible, la selección es menor.

Otros factores inherentes al animal son; el peso corporal, la producción de leche, el desarrollo fetal, la función ruminal y algunos factores endocrinos. El funcionamiento ruminal es el principal modificador del consumo de materia seca del rumiante (Balie, 1979, Balch, 1971, citados por Diaz, 1987). Dependiendo de la tasa de pasaje y de la tasa de digestión, el rumen podrá vaciarse rápido o lentamente, determinando el mayor o menor consumo de alimento. El pH del rumen y la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) Karfman 1976, citado por Diaz 1987, determinados por el tipo de dieta y la frecuencia de consumo pueden alterar el funcionamiento ruminal y de esta manera influir en el consumo. Algunos factores endocrinos (Gorski 1970, citado por Diaz 1987) y cambios metabólicos como concentraciones de ácidos grasos libres en la sangre y niveles de hormona del crecimiento están asociados a la regulación del consumo de materia seca, figura 1.

Existen además tres estímulos básicos asociados con el metabolismo y la digestión que surgen como consecuencia de la búsqueda de alimento y su ingestión, y que ya sean solos o combinados inhiben los centros del hipotálamo y, por lo tanto, limitan el consumo alimenticio, esto son, absorción y metabolismo de nutrientes, distensión del aparato digestivo y fatiga. Así, cuando los productos finales de la digestión están en desequilibrio para cumplir con una función productiva, habrá un exceso de energía C_2 la cual se debe gastar en forma de calor. El animal reduce su consumo alimenticio como consecuencia de este desequilibrio, particularmente en climas cálidos. Aunque la distensión del aparato digestivo puede limitar el consumo, se ha indicado que las deficiencias de nutrientes en los productos de la digestión es uno de los principales limitantes, ej. aminoácidos. Igualmente, los animales se cansan de buscar, consumir y rumiar su alimento, el volumen de la digesta que pasa a través del ciclo de la rumia es dos veces mayor a lo que se consume, en animales alimentados con dietas fibrosas; esto implica que la rumia pudiera ser una de las causas de la fatiga, ya que restringe el consumo y el tiempo que se demora el animal en esta actividad.

Por otro lado, de acuerdo con la figura 2, actualmente existe evidencia que el máximo nivel de consumo depende del equilibrio apropiado de nutrientes en la digestión. Esto se comprueba precisamente en vacas especializadas para la

producción de leche, cuya su alimentación estuvo basada en grano de maiz y una suplementación con una fuente de proteína de absorción en el intestino delgado o sobrepasante.

En general el consumo de materia seca a partir de forrajes en los rumiantes oscila, por todos los factores antes mencionados, en un rango entre 2.0 y 3.5 % de peso vivo y en bovinos cuando la dieta es de alta calidad mantienen consumos del orden de 90 a 100 g / Kg P V ^{0.75}.

3.3. Interacciones a nivel del rumen

Para el estudio de la alimentación y nutrición del rumiante es necesario tener en cuenta dos elementos básicos. a) el animal (vaca novilla u oveja etc.) y b) los microorganismos (bacterias y protozoarios) que habitan el rumen reticulo del animal. EL animal tambien conocido como " hospedero" ya que este da hospedaje a los microorganismos (huespedes) mantienen una relación muy estrecha, a la que se le llama interacción de tipo simbiótica huesped-hospedante. pero las acciones de esta interacción estan mediadas y determinadas por el insumo, alimento, de tal forma que este alimento interactua como substrato para los microorganismos ruminales estableciendo una verdadera interacción triple asi: substrato-microroganismos-animal (Figura 3).

El animal rumiante como se mencionó anteriormente, tiene la particularidad de poseer tres compartimentos (rumen retículo y omaso que anteceden al abomaso o estomago verdadero. Estos compartimentos particularmente el rumen juegan el papel más importante en la relación simbiótica substrato-microorganismos-animal.

El rumen además del retículo y el omaso, se encuentra colonizado por millones de bacterias y protozoarios que son indispensables para el aprovechamiento de los alimentos que consume el animal, particularmente aquellos bastos, como los pastos y los forrajes. El mecanismo por medio del cual se degradan estos alimentos, se realiza gracias a que algunos tipos de bacterias que viven en el rumen (celulolíticas) secretan la enzima celulasa capaz de hidrolizar (digerir) la celulosa, componente mayoritario de los tejidos estructurales de las plantas. Lo anterior, toma mayor relevancia en la medida que no existe tejido de mamífero alguno que pueda secretar la enzima celulasa, cuya especificidad está dada precisamente en términos de poder quebrar los enlaces beta 1 - alfa 4 de la celulosa.

La degradación de la celulosa para provecho directo de las bacterias e indirectamente para el animal se da no solo por la presencia de bacterias, sino también a ciertas condiciones que el rumen está en capacidad de brindar a sus huéspedes. Bajo las siguientes condiciones de pH = 5.7 -

8.8, $T^{\circ} = 39 - 40^{\circ} C$; ambiente anaerobio (85 % de CO_2 + 25 % de CH_4), movimientos constantes, absorción eficiente de subproductos y eliminación de gases, las bacterias logran vivir, multiplicarse y de esta manera contriuir al proceso digestivo de los rumiantes. Estos mecanismos en forma resumida se pueden observar en la figura 4, adaptada por Owen (1987).

El alimento una vez ingerido, será más o menos nutritivo para el hospedante, dependiendo de la transformación que sufra a expensas de los microorganismos antes de que la masa alimenticia transformada o no ingrese al abomaso; si el alimento (substrato) ingerido es de tan pobre calidad que no es capaz de sostener una activa fermentación y síntesis microbiana, la masa alimenticia que llega al abomaso, se podría decir, sería bastante pobre, ya que llegaría con escasos microorganismos y mucha fibra sin digerir; si esta condición se prolonga podría sobrevenir la desnutrición del hospedante y en un caso extremo posiblemente la muerte. Pero, si por el contrario, el alimento ingerido es rico en nutrientes apropiados para los microorganismos (huespedes), entonces se darán condiciones para una activa fermentación microbiana y síntesis de los microorganismos.

Durante el proceso de fermentación ruminal se liberan, a manera de excreción, por parte de los microorganismos una serie de componentes orgánicos: los ácidos grasos volátiles

(AGV) que el hospedante aprovecha absorbiendolos a traves de las paredes del rumen y de los cuales puede suplirse hasta el 80 % de los requerimientos energeticos. La situaciones descritas contribuyen a la interacción alimento-microorganismos que afectan de manera especial al animal.

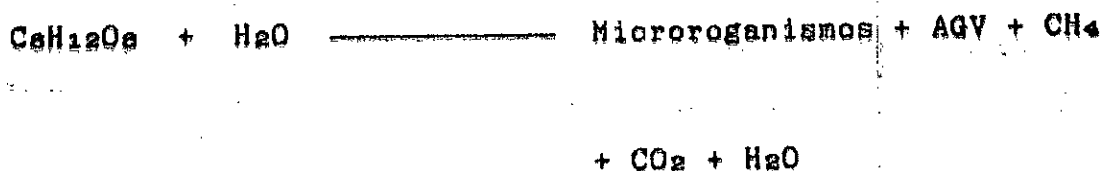
Por otro lado, existe una interacción alimento-hospedante, independiente a la interacción alimento-microorganismo, la cual se manifiesta gracias a las condiciones de habitat que ofrece el rumen a sus microorganismos (huespedes) para facilitar la degradación del alimento; pero esa interacción debe entenderse más directa en la medida que el rumen debe tener una gran motilidad para que constantemente este volcando y removiendo toda la masa ruminal para facilitar y promover una vigorosa fermentación. Si el animal (hospedante) no recibe suficiente material fibroso en su dieta, puede causar una parálisis ruminal, esto se debe a que el rumen requiere una cantidad mínima (17 % de su ingesta) de material fibroso, para estimular y mantener el tono y movimientos del rumen.

Igualmente, entre los microorganismos (bacterias, protozoarios y hongos) que habitan el rumen se lleva a cabo una serie de interacciones un poco más complejas y no siempre traen ventajas para el huesped. Se ha demostrado que poblaciones grandes de protozoarios en el rumen reducen la productividad animal; esto se debe aparentemente en gran

parte a una disminución en la relación de aminoácidos a energía en los productos absorbidos a través de la digestión. Sin embargo, y posiblemente de mayor importancia parece ser que los protozoarios reducen la biomasa de bacterias y hongos en el rumen de los animales recibiendo dietas altas en fibra y por lo tanto pueden reducir la tasa de digestión de los alimentos fibrosos.

4. TRANSACCIONES QUE SUCEDEN EN EL RUMEN

De manera general se pueden resumir las diferentes transacciones que suceden en el rumen mediante la siguiente ecuación:



Sin embargo, los productos finales de esta fermentación podran explicarse cada uno asi:

4.1. Fermentación de Carbohidratos:

Los productos finales de la fermentación de todas las dietas en el rumen son los AGV (acetato, propionato y butirato), dióxido de carbono y gas metano. El ATP (adenosintrifosfato) producido como resultado de la conversión de alimento en ácidos grasos volátiles y en compuestos intermediarios utilizados en el crecimiento celular, es la principal fuente de energía para el crecimiento de microorganismos. Un esquema sencillo para la fermentación ruminal se muestra en la figura 5.

Además, en la figura 6 se ilustra un enfoque más detallado y cuantitativo de la fermentación ruminal. El diagrama demuestra que los componentes digestibles del alimento ingerido toman los siguientes caminos:

- a) Se convierten a ácidos grasos volátiles a AGV (figura 7).
- b) Se reducen a compuestos intermediarios que son monómeros para el crecimiento microbial, y
- c) Escapan a la fermentación y pasan al aparato digestivo posterior donde son digeridos.

Parte del alimento potencialmente fermentable escapará a la fermentación ruminal y será degradado en el intestino.

Investigaciones recientes han demostrado que proporciones importantes de algunos alimentos pasan intactos al tracto intestinal inferior, otros alimentos se pueden manipular fácilmente (eje. harinas protéicas) para evitar el proceso fermentativo del rumen. La proteína sobrepasante, es decir aquella fracción proteica que escapa al proceso fermentativo del rumen se define como cualquier proporción de un alimento proteico que escapa al rumen sin degradarse y que esta disponible para ser digerido en el intestino. Igualmente la energía sobrepasante, es esa parte del alimento que escapa de la fermentación y es digerida en el intestino delgado.

Uno de los costos ocasionados por la forma de digestión de los rumiantes es que la fermentación de los alimentos facilmente digestibles conlleva una perdida hasta del 20 % de la energía ingerida en forma de calor y gas metano. Otra desventaja principal es que las proteínas que se fermentan en el rumen se desperdician como fuente de aminoácidos esenciales por ello se argumenta que la proteína es demasiado valiosa para permitir que sea fermentada ya que la fermentación proteica es ineficiente como fuente de ATP para el crecimiento microbial. Además, el nitrógeno para crecimiento bacterial se puede suplir en una forma más elemental, como NNP, ej. urea.

4.2 Crecimiento Microbial.

Los microorganismos ruminales utilizan ATP esencialmente para dos propósitos: como fuente de energía para sintetizar sus propias células y para proporcionar energía necesaria en mantenimiento. El ATP disponible para crecimiento microbial depende de la fracción requerida para el mantenimiento de los microorganismos. La eficiencia de generación de ATP y el crecimiento celular también depende de los substratos que proporcionan los elementos del crecimiento para los microorganismos. Los estimados de producción de células microbiales en términos de carbohidratos fermentados, indican que son los intermediarios en el fraccionamiento de la glucosa a nivel ruminal los que se utilizan para sintetizar las células microbiales.

Los factores principales que afectan las cantidades de microorganismos del rumen disponibles para la digestión en el intestino delgado del rumiante son:

a) La disponibilidad y/o concentración en el líquido ruminal de precursores (ej. glucosa, ácidos nucleicos, aminoácidos, péptidos, amoníaco y minerales incluyendo S, K y P.).

b) Los requerimientos de mantenimiento de los microorganismos.

c) El recambio de células microbiales.

d) La destrucción de bacterias por protozoarios depredadores.

Por otro lado, del 40 - 60 % de la materia seca de las células microbiales es proteína y por lo tanto la síntesis de aminoácidos y proteínas son las principales reacciones que requieren ATP. Las vías de síntesis de aminoácidos en los microorganismos no están bien definidas. Sin embargo, está muy claro que el amoníaco es muy importante para la síntesis eficiente de aminoácidos y por lo tanto para la proteína microbiana.

Se ha sugerido que la tasa máxima de síntesis microbiana ocurre cuando la concentración amoniacal está entre 5 y 8 mg N / 100 ml. Otros autores han encontrado niveles óptimos diferentes, lo que sugiere que la dieta influye en el nivel óptimo de amoníaco; en un rango, según Leng y Nolan 1984, que puede estar tan alto, como 15 - 20 mg N / 100 ml dependiendo de la dieta.

Roffler y Satter (1975) suministrando diferentes niveles de N amoniacal del fluido ruminal, establecieron ecuaciones de regresión para predecir la concentración de N amoniacal en el rumen partiendo del nivel de proteína cruda de la dieta y de su contenido de TDN:

$$N \text{ amoniacal} = 38.73 - 3.04 (PC) + 0.171(PC^2)(TDN) + 0.002$$

(mg N/100 ml)

(TDN²)

Las bacterias que se han desarrollado en un medio de niveles bajos de amoníaco fijan este en un proceso de dos etapas que involucran la glutamina sintetasa y el glutamato sintetasa, de acuerdo con la figura 8.

El efecto de diferentes eficiencias de crecimiento bacterial sobre el porcentaje de carbohidratos metabolizados en el rumen que son convertidos en microorganismos y en ácidos grasos volátiles y metano se muestran en la figura 9; Esta indica que dependiendo de la eficiencia con la cual se utiliza el ATP, determinado por el YATP (definido como el peso en gramos de células secas que se producen por mol de ATP disponible) La cantidad de carbohidratos convertidos a células microbiales puede acercarse a la cantidad fermentada de AGV.

En el rumen, cuando los carbohidratos se fermentan AGV y células microbiales, se pierde energía en forma de calor. Las pérdidas de energía en forma de calor son siempre pequeñas pero se influyen por el YATP. Esta situación se ha podido demostrar indicando que ha medida que la eficiencia de síntesis de células se incrementa la

producción de gas metano y calor fermentativo disminuye. Por lo tanto, cualquier factor que aumente la producción de células microbiales podría aumentar la disponibilidad de energía metabolizable. Sin embargo, los microorganismos tienen una digestibilidad del 75 al 90 %. Si la digestibilidad de los microorganismos se considera que es del 75 % las pérdidas adicionales de energía en forma de residuos microbiales en las heces eliminaría cualquier ventaja energética.

4.3. Transacciones de nitrógeno en el rumen.

El metabolismo de la proteína en el rumiante se puede sintetizar de manera general en la figura 10.

Los rumiantes obtienen sus aminoácidos a partir de la proteína y del nitrógeno no proteico de la dieta mediante la transformación de esta en proteína microbial por las bacterias y protozoarios del rumen. Esta síntesis de proteína microbial depende, como se dijo anteriormente, en el alto grado de la disponibilidad de energía en el rumen entre otros factores.

Las bacterias del rumen atacan estos compuestos (proteína verdadera y/o NNP), liberando NH_3 que ellos utilizan para sus propia síntesis de proteína celular; parte del nitrógeno liberado y no utilizado por las bacterias es absorbido por

las paredes del rumen la cual entra al torrente sanguíneo y va al hígado; allí el NH_3 que es tóxico al tejido del rumiante es detoxificado por su conversión a urea. La urea en el hígado puede tomar dos rutas:

- a) una pequeña cantidad es reciclada al rumen, y
- b) la mayor cantidad es escretada vía riñón por la orina.

Aquella fracción de NH_3 atrapada y utilizada por las bacterias para síntesis de proteína de sus propias células (crecimiento de la masa biótica), ingresa al abomaso, al intestino delgado y al resto del tracto digestivo en forma de proteína verdadera bacteriana. Las bacterias al pasar del retículo-rumen y omaso al intestino delgado, son digeridas por las enzimas digestivas del hospedante. Esta proteína verdadera bacteriana es la que provee los aminoácidos que el animal necesita para sintetizar sus tejidos, enzimas, hormonas y otros compuestos nitrogenados como la caseína (proteína de la leche).

En el ciego y la porción inferior del intestino delgado se encuentran bacterias que fermentan en mayor y menor grado la masa que llega a esas estructuras, produciéndose liberación de NH_3 , el cual es absorbido y llevado por la sangre al hígado; aún se desconoce el valor para el animal hospedante.

de este aporte nutricional que se da en el tracto digestivo inferior.

Otra via de excreción de nitrógeno son las heces, en ellas se encuentra algo de proteína dietética no digerida ni por el rumen ni por el intestino, algo de proteína endógena y mucha de origen bacteriana.

Por último, los residuos de alimento, las células bacterianas y las secreciones endógenas que pasan al intestino son fermentadas en el ciego e intestino grueso, la relación estequiométrica entre la producción de AGV y la síntesis de células microbianas probablemente sea similar a la del rumen. Los AGV son absorbidos y muy poco aparece en las heces. El ácido acético es el principal AGV producido en el ciego e intestino grueso.

La principal fuente de nitrógeno para los organismos cecales es, casi que con seguridad, el amoníaco en su mayoría proveniente de la úrea que entra desde la sangre. Sin embargo otros materiales endógenos nitrogenados provenientes de las células epiteliales del intestino, enzimas y bacterias ruminales pueden ser degradados a amoníaco. Los amoniácidos provenientes de las células bacterianas degradadas en el intestino grueso pueden absorberse como tales, pero la producción de grandes cantidades AGV de

cadena ramificada sugiere que las bacterias degradadas se absorben en gran parte como AGV y amoníaco.

4.4. Transacción de lípidos en el rumen.

Los contenidos de grasa en la dieta de rumiantes pueden variar de 0 a 10 %. Cuando la dieta se basa en forrajes rara vez excede el 3% (Díaz, 1989). Los lípidos de las plantas forrajeras están principalmente en los cloroplastos, y los ácidos linolénico, (53 %), linoléico (13 %), y oléico (10 %) son los AGV principales.

En el rumen, los lípidos son rápidamente hidrolizados por lipasas bacterianas a ácidos grasos, galactosa y glicerol, estos dos últimos son fermentados a AGV. Los ácidos grasos insaturados son hidrogenados (saturados) por los microorganismos, algunos son incorporados a la célula bacteriana y otros pasan al intestino para su absorción. Los ácidos grasos de cadena larga (AGCL) son altamente digestibles en el intestino, probablemente en un 80% (Thorton y Tume, 1984, citados por Preston y Leng 1989).

El consumo de AGCL por vacas lactantes en dietas a base de cereales puede llegar a ser más bajo que en los animales con dietas a base de forrajes, sin embargo rara vez es menor de 500 g/día. La mayoría de las raciones basadas en subproductos agroindustriales, residuos de cosecha o pastos

trópicos secos, son muy bajas en lípidos en comparación con las dietas utilizadas en países de clima templado. Por ejemplo, la paja de cereal contiene del 1 al 2% de grasa en materia seca. bajo estas condiciones el consumo de lípidos en los rumiantes será muy bajo.

Puede ser que resultara un efecto favorable al agregar grasa a la dieta para incrementar su densidad energética. sin embargo, la grasa en el rumen se absorbe en una forma muy particular y parece que protege la fibra contra la fermentación (Harfoot et al 1974, citado por Preston y Leng 1989) o es tóxica para los organismos celulolíticos, ambos efectos reducen la digestibilidad de la fibra en el rumen.

La manipulación de la grasa alimenticia, ya sea como jabones de calcio o como partículas insolubles de AGCL de peso molecular alto, o protegida con proteína /formaldehído, es una área de investigación apropiada particularmente para la industria lechera, sobre todo para zonas donde la base de la alimentación del rumiante sea las dietas bajas en grasa.

4.5 Digestión intestinal y absorción de compuestos nitrogenados.

Tanto la proteína no degradada del alimento como la proteína microbiana llegan al intestino delgado donde son digeridas por las enzimas proteolíticas del páncreas.

En animales que consumen principalmente forrajes, la proteína de origen bacteriano constituye cerca del 80 % del del nitrógeno total. La digestibilidad de esta proteína a nivel intestinal es en promedio del 80 %. Los aminoácidos provenientes de la digestión de proteína de origen bacteriano o dietético son absorbidos por la mucosa intestinal, transportados al hígado y luego a otros tejidos. La eficiencia de utilización de los aminoácidos absorbidos varía entre el 60 al 80 % (Oldam y Alderman, 1981).

En animales de alta producción es importante considerar la proporción de aminoácidos esenciales en relación a los aminoácidos totales. Según la ARC, (1984) la relación de aminoácidos esenciales / aminoácidos totales es de 0.48 en la digesta duodenal mientras que en la proteína requerida por los tejidos en vacas lecheras es de 0.53. Los aminoácidos absorbidos son utilizados principalmente para la formación de proteína (tejidos y secreciones) en menor proporción pueden ser usados como fuentes de carbono para la síntesis de glucosa.

5. Conclusiones:

1. El entendimiento de la fisiología digestiva del rumiante se traduce en un uso más eficiente de los alimentos disponibles de cualquier región y una mayor independencia del uso de alimentos convencionales, generalmente de mayor costo.

2. La rápida transformación del animal recién nacido en rumiante propiamente dicho, redundará en beneficios biológicos y económicos dentro de las explotaciones.

3. Existen mecanismos que permiten cambiar los patrones de fermentación del rumen y derivar productos acordes con los requerimientos del huésped. por ejemplo, los nutrientes que escapan a la fermentación del rumen.

4. El conocimiento del tipo de alimentos como de los factores que afectan su consumo y las transacciones que se suceden a lo largo de tracto digestivo del rumiante permiten proponer dietas biológica y económicamente más eficientes en la explotación de rumiantes.

5. El gran interés de conocer el metabolismo de nitrógeno de los rumiantes radica en sacarle el máximo uso posible a las proteínas verdaderas y especialmente a las fuentes

relativamente económicas de nitrógeno no protéico como por ej. la urea y el amoniaco.

8 La información generada y actualmente disponible sobre la digestión de rumiantes presenta una variedad de posibilidades para obtener mayor respuesta animal mediante la utilización adecuada de recursos alimenticios.

8. BIBLIOGRAFIA

BARMORE, J. A., A. R. HARDIE, and N.A. JORGENSEN. 1983. Detrimental effects of high lactose intake from post-colostrum feeding to weaning. J. Dairy Sci. 66 (Suppl. 1): 194.

CHURCH, D. C. 1975. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. Albany Prin. Oregon. USA

DIAZ T. E. 1989. Nutrición proteica y energética en rumiantes In avances en nutrición animal. ICA. Tibaitata, Bogotá Colombia 83 - 111 p.

DIAZ T. E. 1989. Nutrición y alimentación de la vaca seca y la vaca en producción. In avances en producción en ganado de leche. Curso de actualización para asistentes técnicos. 52-64 p.

MENDEZ, L. 1983. Crianza de terneras y levante de novillas. Revista ANALAC. 6 - 12 p.

OWEN, A. A. 1987. Utilización de carbohidratos y proteínas en el rumiante In VI Encuentro Nacional de Zootecnia 2a. conferencia nacional de producción y utilización de pastos y forrajes tropicales. Memorias Cali Colombia. 1 - 19 p.

PATERSON, J.A., B.M. ANDERSON, D.K. BOWMAN. K. L. MORRISON, J.E. WILLIAMS. 1983. Effect of protein source and lasolacid on nitrogen digestibility.

PENA, F. 1986. Características fisiológicas de la digestión en rumiantes In Seminario Nacional de Ganado de Leche. Producción de ganado de leche en zonas frías. 54 - 89 p.

PRESTON, R. T., LENG, R. A. 1990. Control del consumo alimenticio en los rumiantes In ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles. CONDRIT Ltda. Cali Colombia. 116 - 126 p.

PULIDO J. I. 1987. Sistemas de crianza de terneras para replazo In avances en producción en ganado de leche. Curso de actualización para asistentes técnicos. 1 - 32 p.

SATTER, L. D. ROFFLER R. E. 1975. Influence of reducing dietary crude protein from 17 to 13.5 percent on early lactation. Journal of Dairy Science. v. 66 no. 1, p. 51.

STOTT, G.H., D.B. MARX, B.E. MANEFFEE, G.T. NIGHTENGALE. 1979. Colostral inmonoglobulin transfer in calves. II the rate of absortion. J. Dairy Sci. 62: 1786.

STOTT, G.H.; A. FELLAH. 1983. Colostral immunoglobulin absorption lineary related to concentration for calves. J. Dairy sci 66: 1319.

14 VAN SOEST, P.J. 1982. Nutritional Ecology of the ruminant. O. B. Books, Inc. Corvallis, Oregon U.S.A. 276 - 283 p.

CUADRO 1. PORCENTAJE DEL PESO TOTAL DEL TEJIDO ESTOMACAL CORRESPONDIENTE A CADA COMPARTIMIENTO.

COMPARTIMIENTO	EDAD EN SEMANAS						
	0	4	8	12	16	26	38
RETICULO RUMEN	38	52	60	64	67	64	64
OMASO	13	12	13	14	18	22	25
ABOMASO	49	36	27	22	15	14	11

Fuente: Curch, 1969

CUADRO 2 TASA DE ABSORCION DE INMONOGLOBILINAS G EN TERNEROS
A DIFERENTES HORAS POST-NACIMIENTO

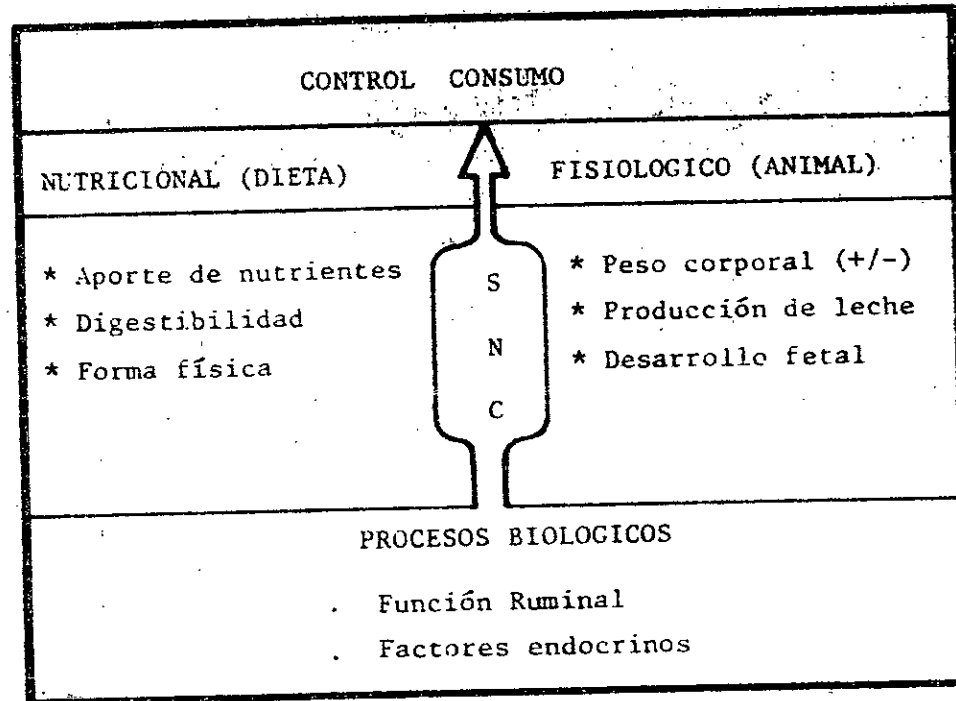
	EDAD (horas)						
	0	4	8	12	16	20	24
	MEDIO LITRO						
TASA DE ABSORCION	2.2	2.0	2.1	1.9	0.9	1.0	0.3
	UN LITRO						
TASA DE ABSORCION	3.1	2.1	1.9	2.6	1.5	1.0	0.5
	DOS LITROS						
TASA DE ABSORCION	3.8	4.4	2.7	3.4	1.9	1.0	0.7

Fuente: Stott et al, 1979.

CUADRO 3. EFECTOS DE NIVELES ALTOS DE LACTOSA SOBRE EL
CRECIMIENTO DE TERNERAS

ITEM	DIETAS		
LECHE (KG /DIA)	4	4	4
LACTOSA (G/DIA)	-	50	100
AGUA (M/DIA)	-	1020	2040
LACTOSA TOTAL	200	250	300
INGESTION (KG DE MS/DIA)	0.38	0.32	0.24
GANANCIA (KG/DIA)	0.62	0.59	0.54
DIARREAS	4.0	5.8	9.9

Fuente: Balmore, 1983



WANGSNESS and MULLER, 1981.

FIGURA 1. REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL CONTROL DEL CONSUMO DE ALIMENTO EN EL RUMIANTE.

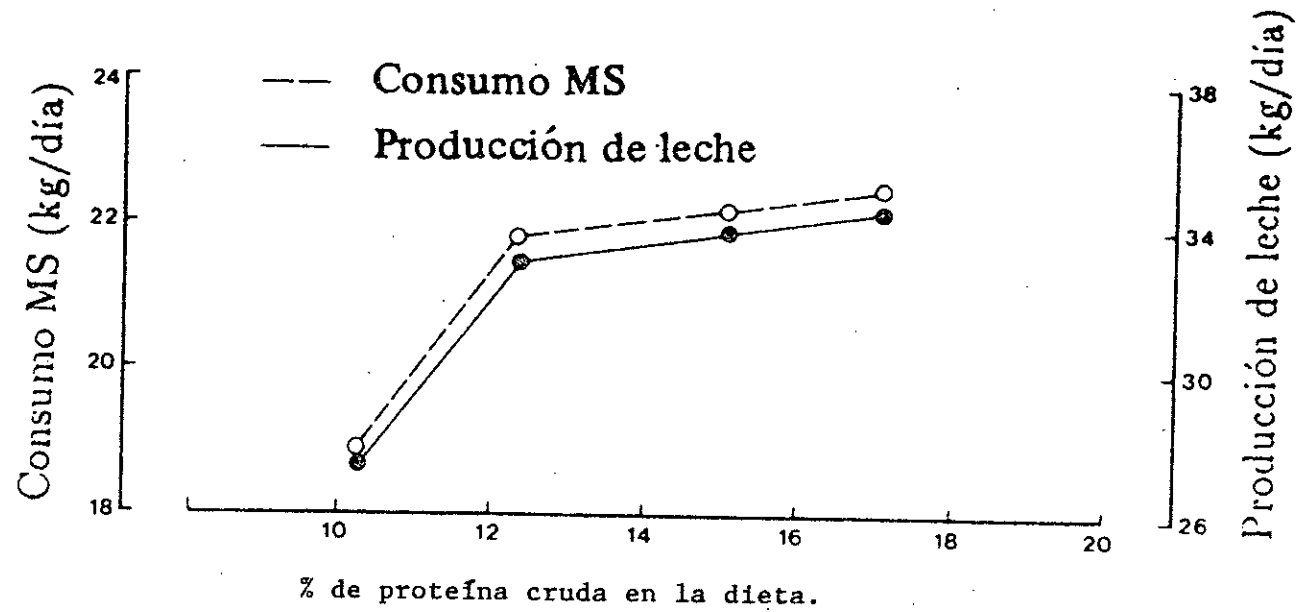


FIGURA 2. RELACION ENTRE EL PORCENTAJE DE PROTEINA CRUDA EN LA DIETA Y EL CONSUMO DE MATERIA SECA Y LA PRODUCCION DE LECHE.

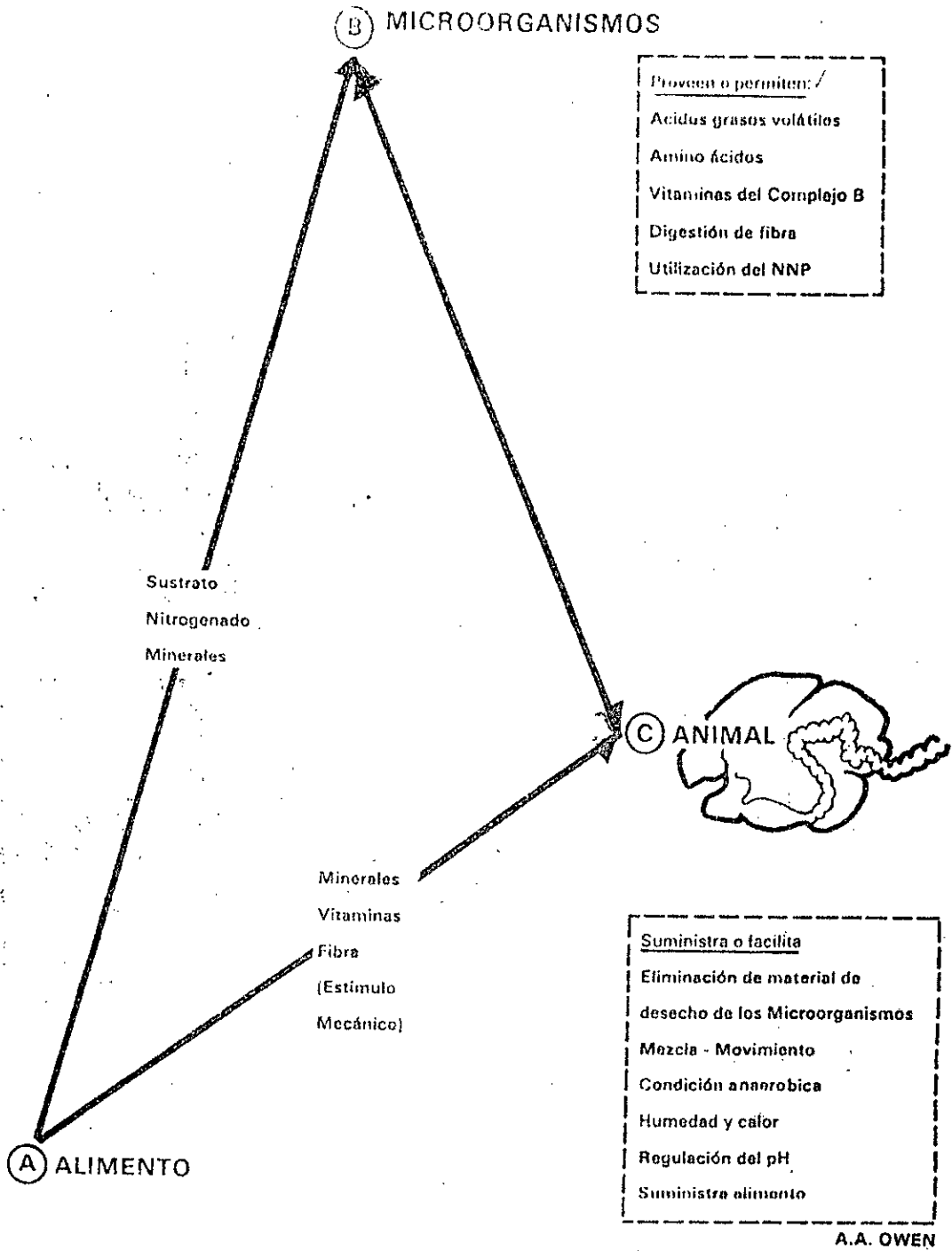
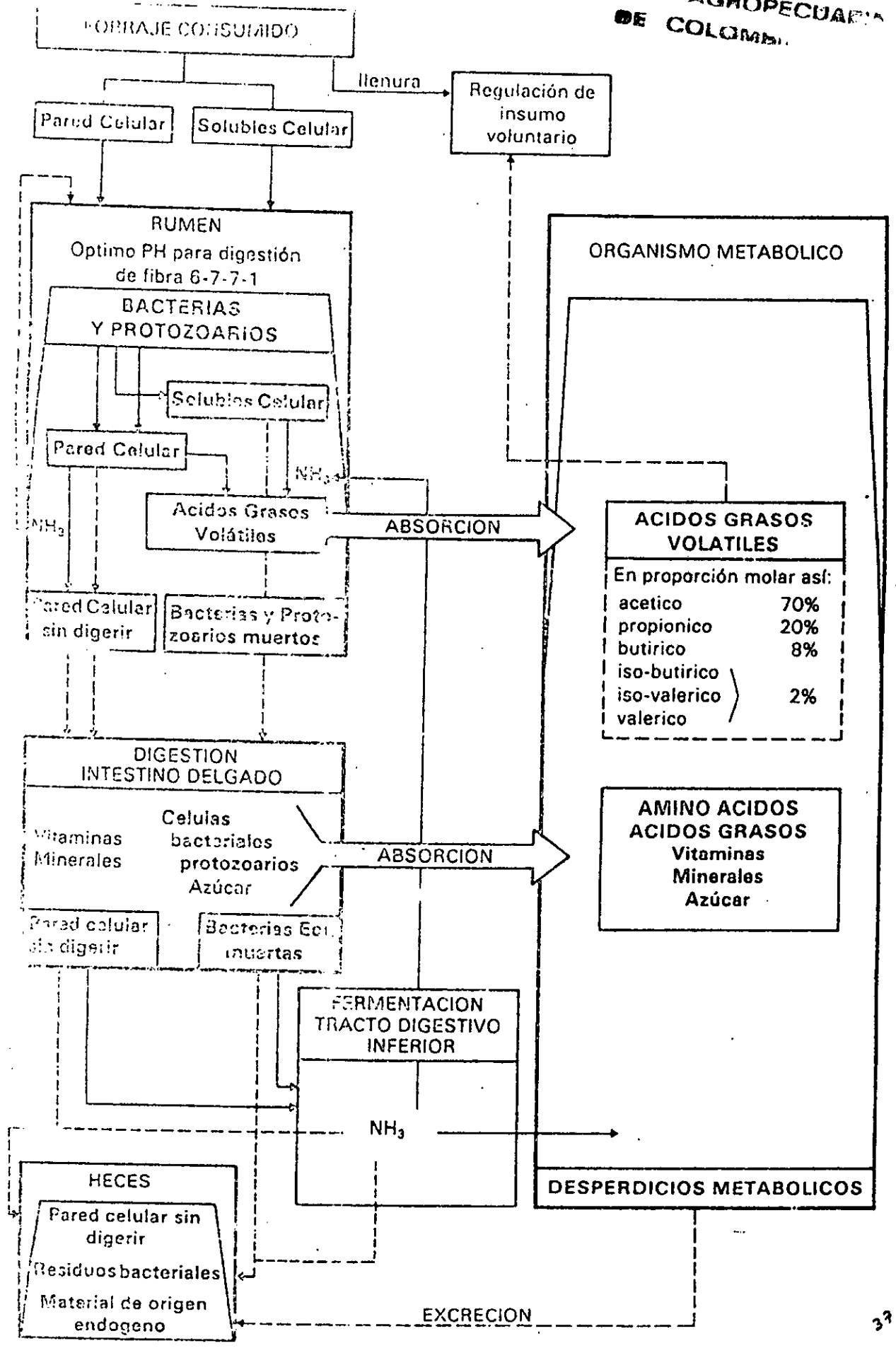


FIGURA 3. INTERRELACION: ALIMENTO - MICROORGANISMOS - ANIMAL.

Flecha continúa de dos vías señala interacción de doble vía o mutua influye el uno sobre el otro. Microorganismo-Animal.



Adaptación de A.A. Owen de: Nutritive Evaluation of forages by Chemical
FIGURA 4. RESUMEN DE LA TRANSFORMACION DEL ALIMENTO EN EL APARATO DIGESTIVO

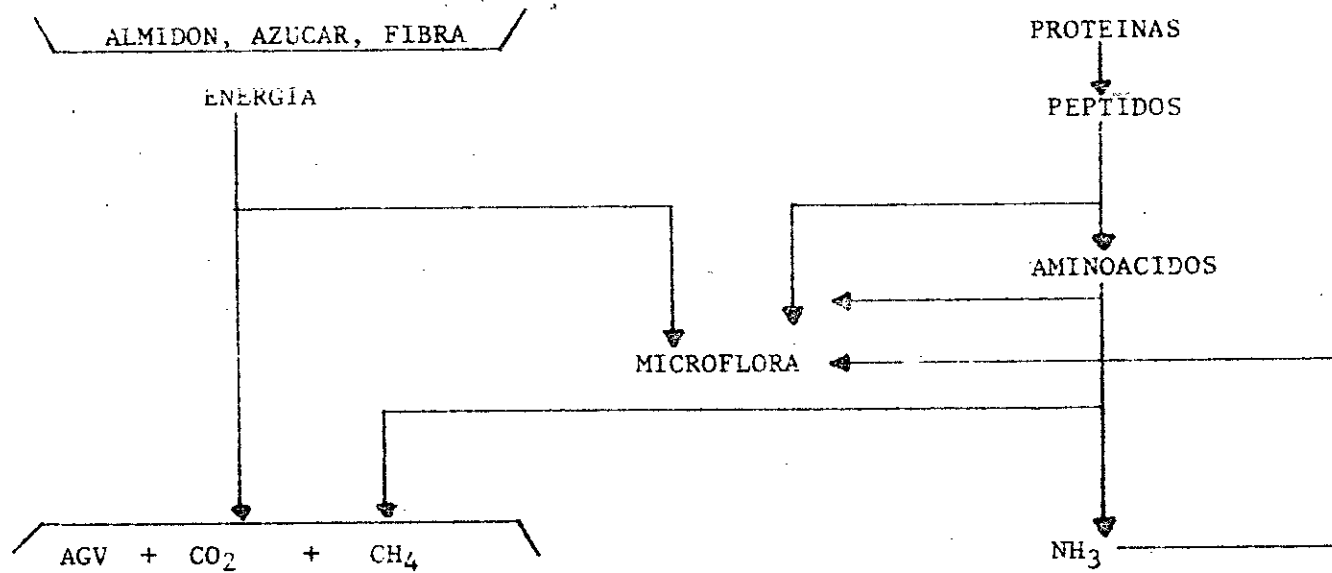


FIGURA 5. DEGRADACION DEL CARBOHIDRATO Y PROTEINAS EN EL RUMEN.

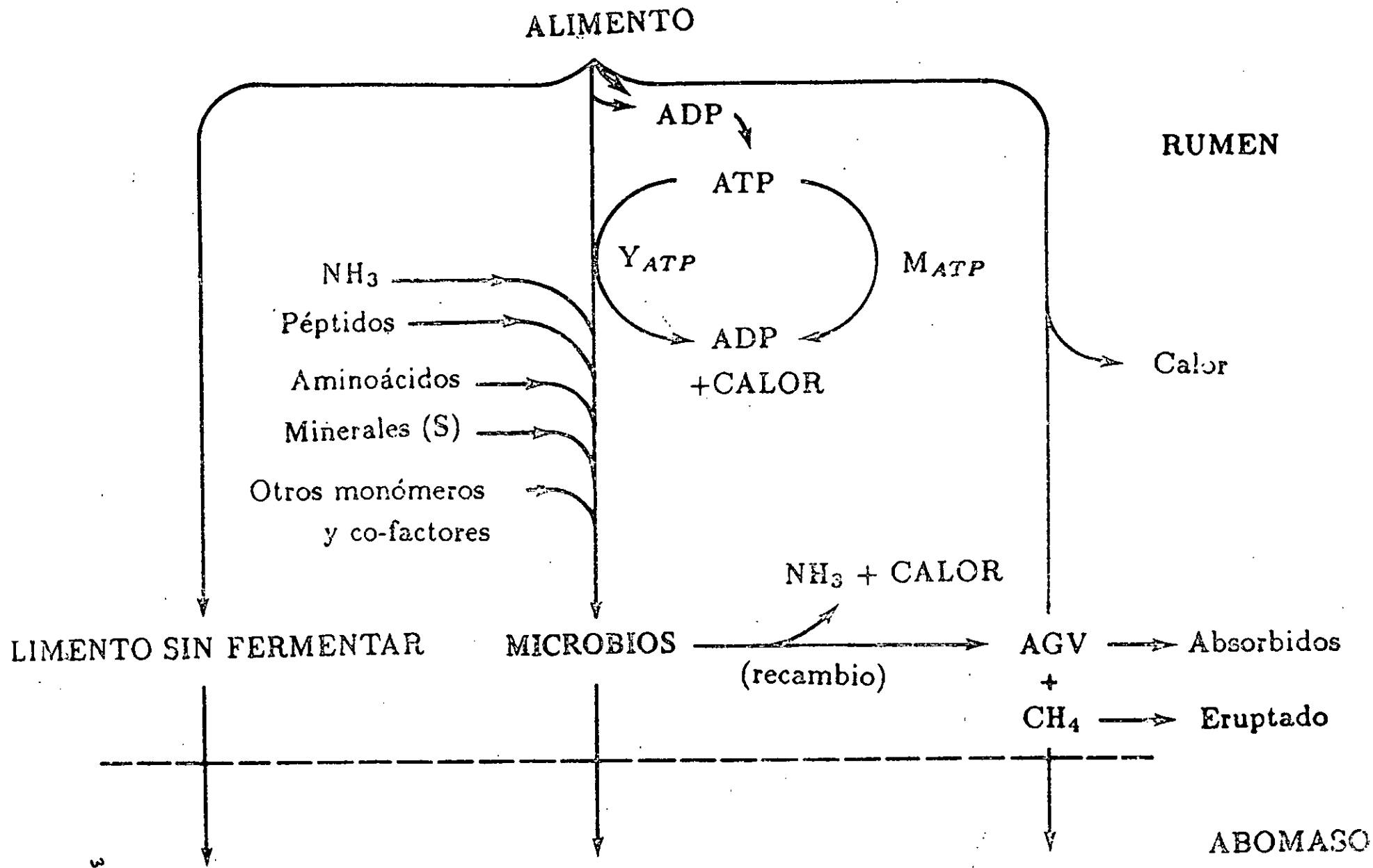


FIGURA 6. ESQUEMA DE LA DEGRADACION ENERGETICA DE LA FERMENTACION RUMINAL.

(Fuente: Preston y Leng, 1989).

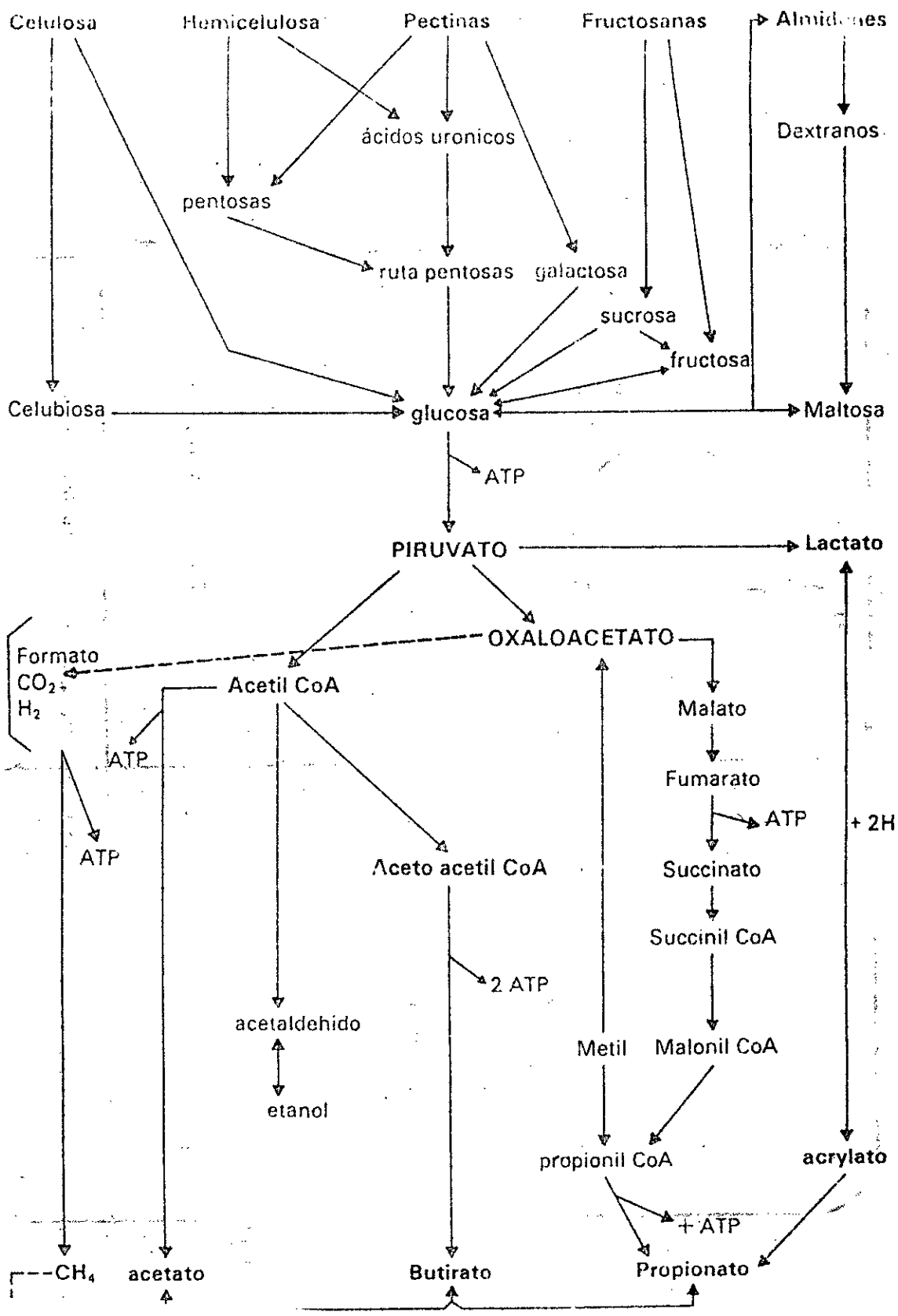


FIGURA 7. RUTAS METABOLICAS DE LOS CARBOHIDRATOS EN EL RUMEN.

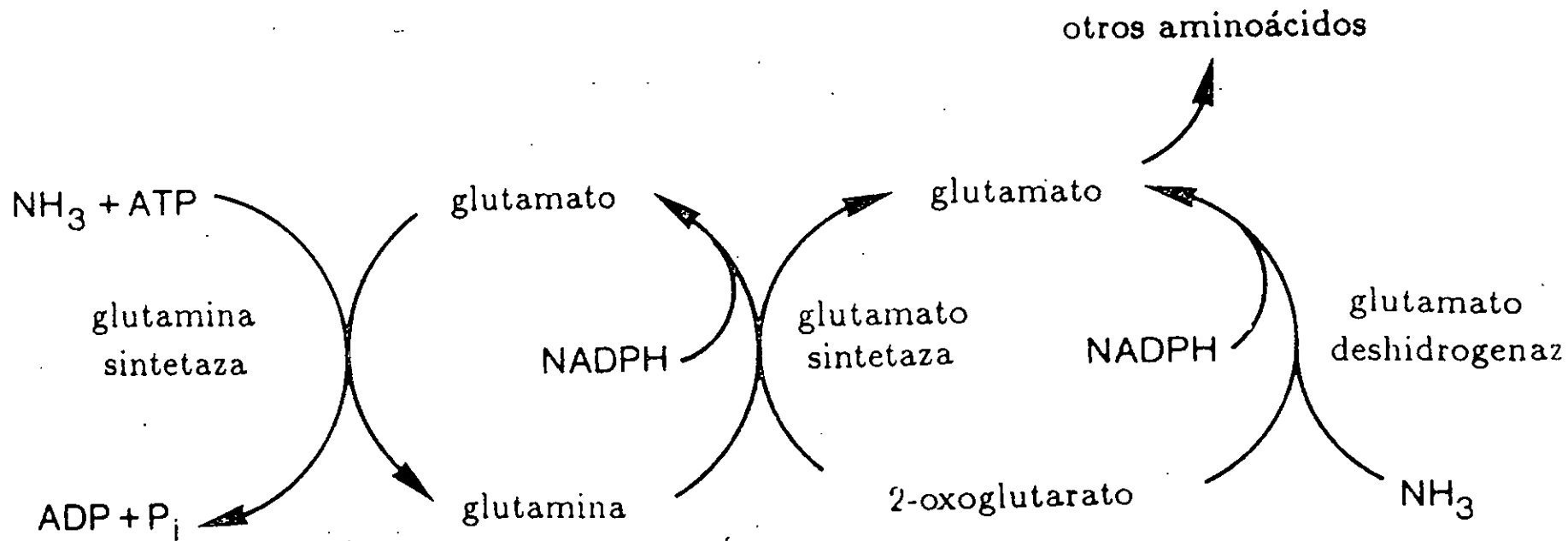


FIGURA 8. PROCESO DE DOS PASOS POR EL CUAL EL AMONIACO ES ASIMILADO POR LAS BACTERIAS
(Fuente: Preston y Leng, 1989).

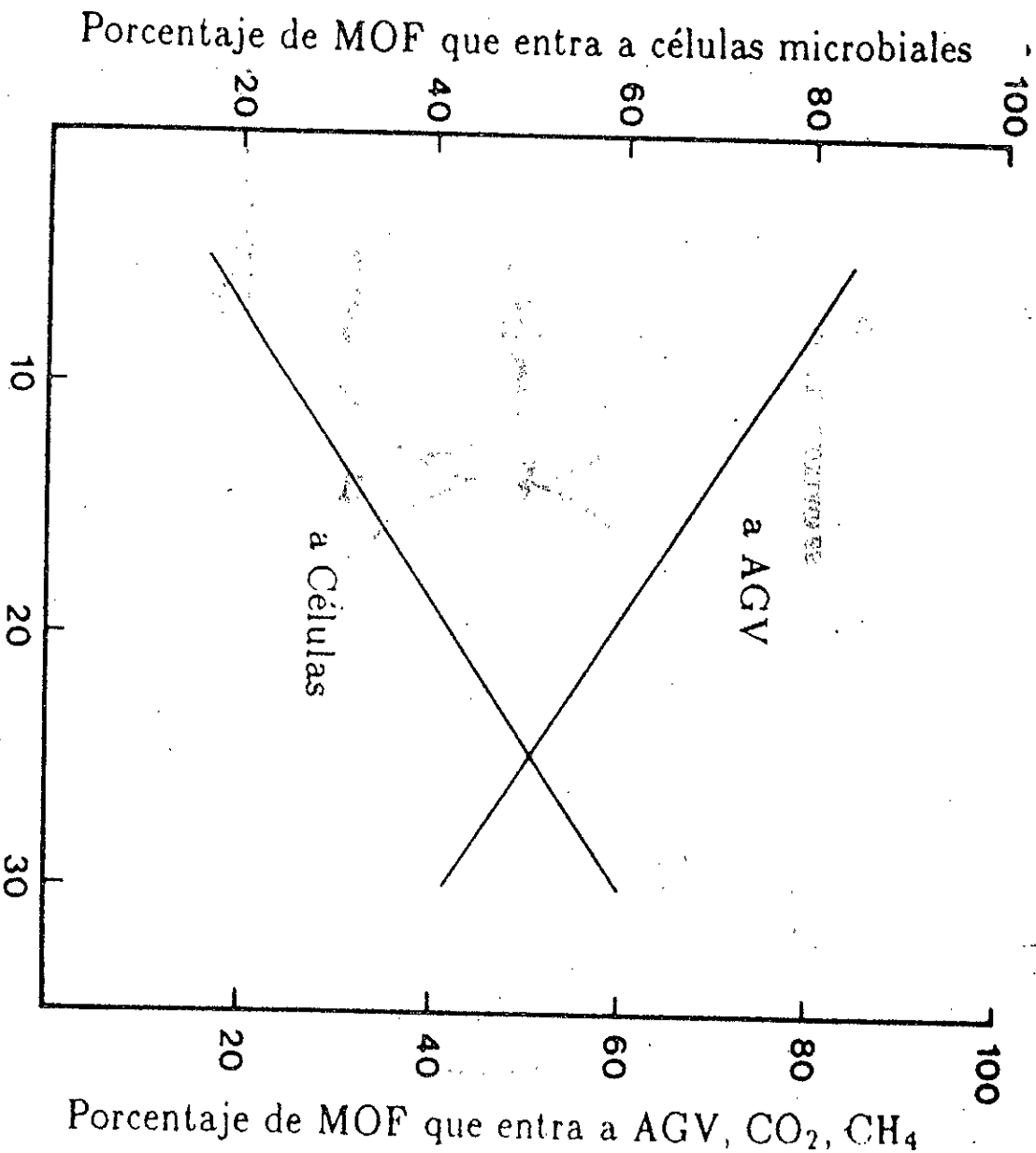


FIGURA 9. RELACION ENTRE LA EFICIENCIA DE CRECIMIENTO MICROBIAL (Y-atp) Y EL PORCENTAJE DE MATERIA ORGANICA FERMENTADA a A.G.V. Y LA QUE ENTRA COMO CELULAS MICROBIANAS (Preston y Leng, 1989).

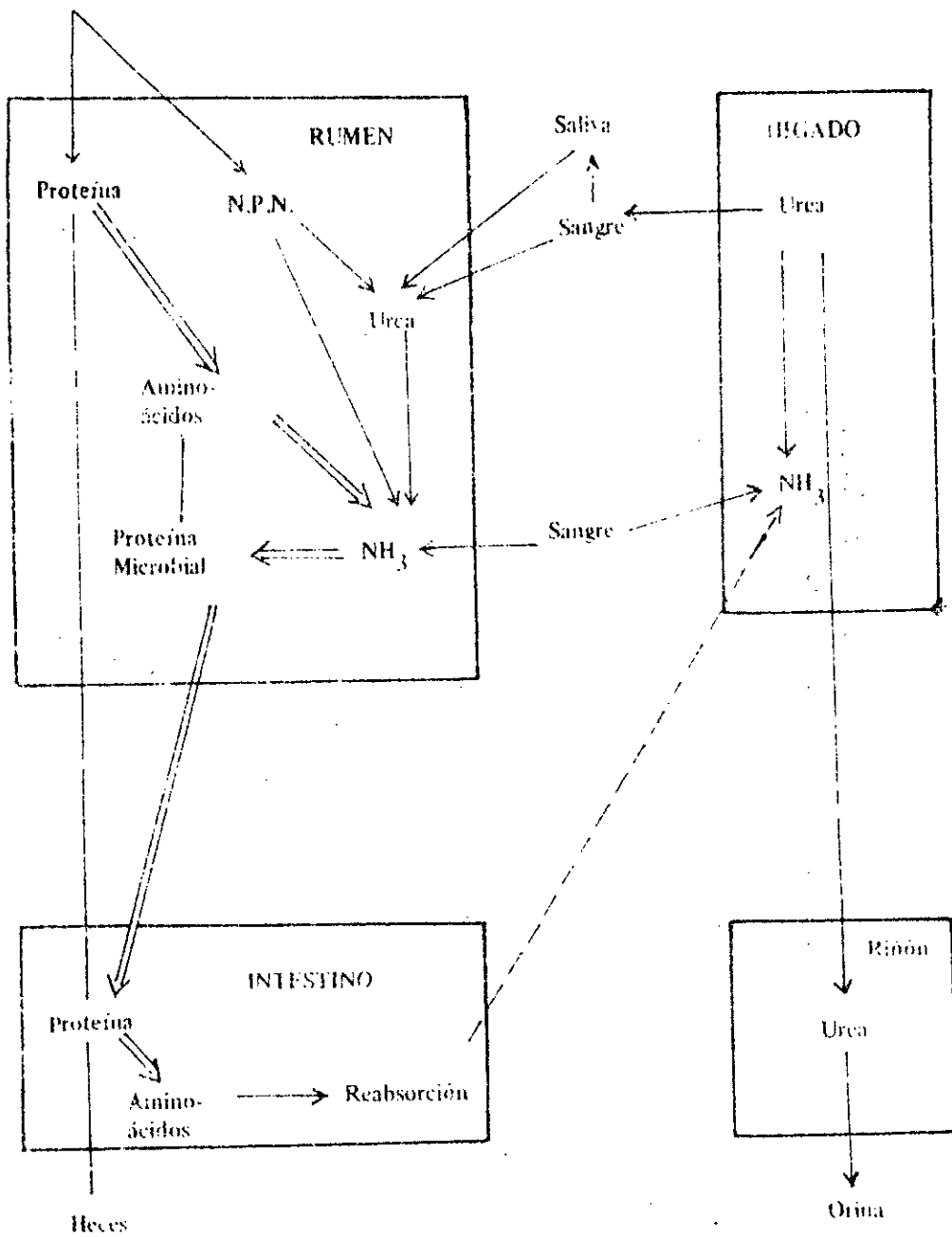


FIGURA 10. RESUMEN DEL METABOLISMO DE PROTEINA EN RUMIANTES. *¿de dónde le sacó?*

44

**INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
SUBGERENCIA DE INVESTIGACION
CENTRO DE INVESTIGACION OBONUCO
REGIONAL N^o. 5
PROGRAMA GANADO DE LECHE**

METABOLISMO INTERMEDIARIO DEL RUMIANTE

**SAN JUAN DE PASTO
JULIO, 1992**

METABOLISMO INTERMEDIARIO DEL RUMIANTE

JUAN BÉCERRA *Martínez*

"La vida es un proceso químico."

Lavoisier

1.- INTRODUCCION.

Es incuestionable el papel que ha correspondido a los rumiantes en el desarrollo de la humanidad. El impresionante volumen de información que acerca de ellos se ha producido y se produce en el mundo científico y técnico, lo confirma.

Entre los aspectos estudiados mas profusamente sobre estos animales, ocupan papel preponderante la genética, la reproducción y la nutrición.

Esta última, por ser una actividad ininterrumpida y creciente, representa un permanente reto para el productor y por ende para los investigadores y técnicos del área.

La característica que tienen los rumiantes de utilizar alimentos fibrosos como fuente principal de energía mediante el concurso de

* MVZ, MSc, Programa Ganado de Leche, ICA-CI Obonuco, Apartado Aéreo 339, San Juan de Pasto, Colombia

los microorganismos ruminales, hace mas interesante el tema y de hecho marca una gran diferencia con los animales monogástricos, en lo referente a la utilización de carbohidratos (CH), lípidos, y proteínas en especial a nivel celular.

La presente revisión tiene como objetivo discutir algunos aspectos relevantes del metabolismo intermediario del rumiante, haciendo énfasis en la producción de energía, y va dirigida a personas con conocimientos básicos de bioquímica. Es necesario remarcar que no se pretende agotar el tema.

2.- METABOLISMO INTERMEDIARIO.

Los sistemas vivos se caracterizan por los permanentes cambios que experimentan en su composición química. La mayoría de las macromoléculas que se encuentran en los tejidos biológicos son lábiles y tienen una duración limitada, al cabo de la cual son destruidas y reemplazadas por otras moléculas idénticas, de formación reciente. Tal destrucción, sin embargo, no se produce de un sola vez sino que consiste en una secuencia de reacciones, cada una de las cuales involucra pequeños cambios en la molécula afectada, originando una serie de productos intermedios, los metabolitos, que a su vez van a participar en la síntesis de nuevas moléculas.¹

Este proceso es lo que se conoce como metabolismo intermediario e intermedio y no solo pretende describir el recorrido metabólico de una molécula en particular despues de la digestión

absorción, sino que trata de explicar las interrelaciones entre moléculas y los mecanismos que regulan el flujo de los metabolitos a través de ellas.

Se puede afirmar que el metabolismo intermediario es básicamente el mismo en todos los mamíferos. En cuanto a los rumiantes, la gran diferencia con los monogástricos estriba en la cantidad de carbono que pasa por determinadas vías, debido a la mínima absorción neta de glucosa y a la alta absorción de AGV desde el tracto gastrointestinal.²

3.- VIAS METABOLICAS BASICAS.

El destino que toman las diferentes moléculas una vez incorporadas al sistema, sea para sintetizar un compuesto complejo a partir de compuestos simples o para degradar una sustancia hasta su producto final, se ha denominado vía metabólica y aún cuando todos los mamíferos necesitan procesar los productos absorbidos a partir de la digestión de CH, lípidos y proteínas, es la naturaleza de la alimentación quien define el patrón básico del metabolismo en los tejidos, es decir, las vías metabólicas que utiliza principalmente cada especie.

4.- METABOLISMO ENERGETICO.

Existen tres ciclos básicos a través de los cuales pasan los compuestos precursores de energía (figura 1): El ciclo glicolítico (Embden-Meyerhof), el ciclo del ácido tricarboxílico (ATC, Krebs o ácido cítrico) y la fosforilación oxidativa (sistema citocromo). El primero es anaeróbico y se efectúa en el

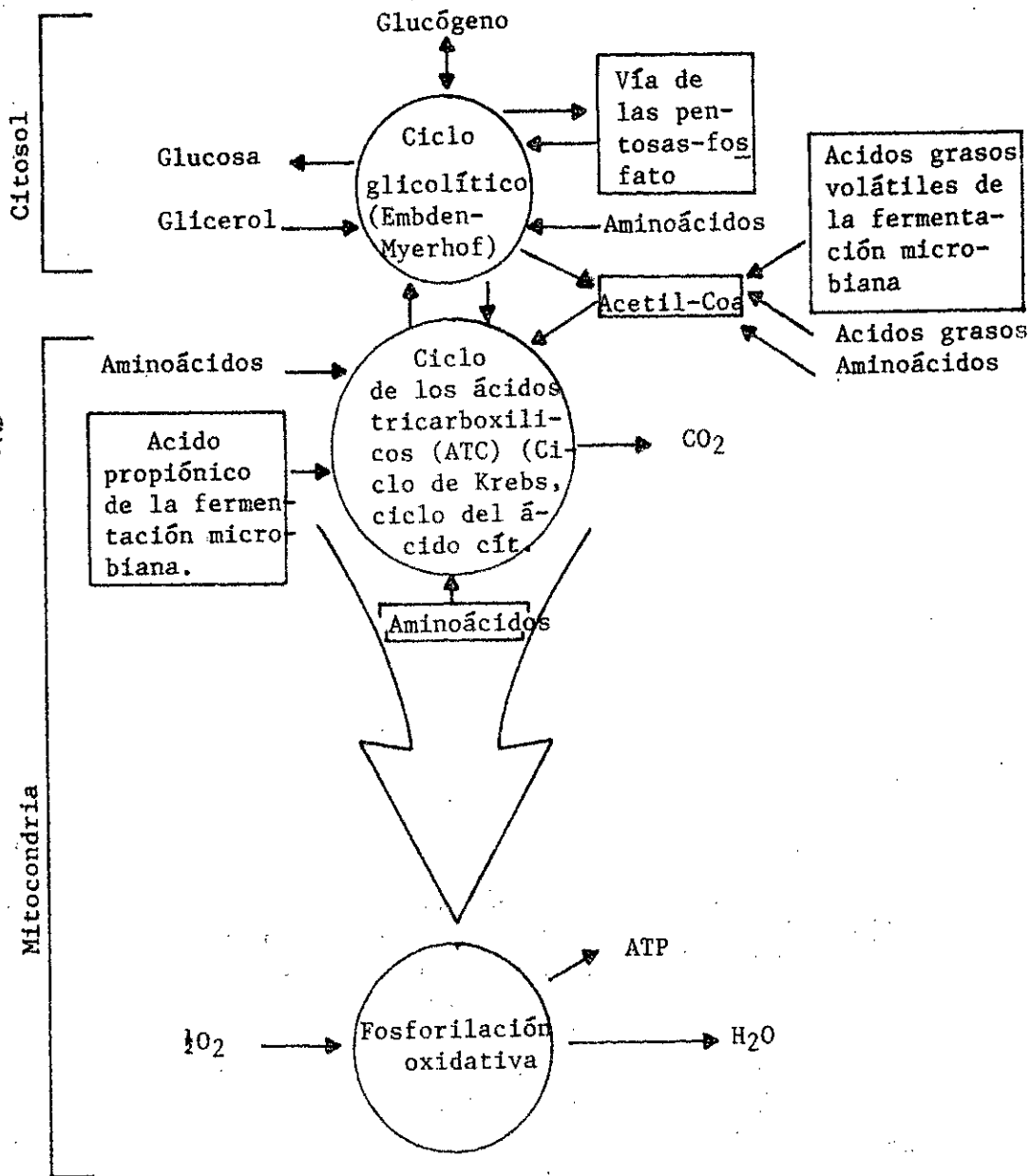


Figura 1. Camino común y final del metabolismo energético. Diagrama simplificado que muestra los caminos que toman la mayor parte de las moléculas que proveen energía, a medida que esta energía es extraída. Nótese los tres principales ciclos (glicolítico, ATC y fosforilación oxidativa) y su localización dentro de la estructura celular.

Fuente: Maynard et al., 1981.

citoplasmático, mientras que los dos últimos requieren oxígeno y tienen lugar en la mitocondria.³ Los puntos de entrada de las moléculas provenientes de los diferentes alimentos, son también diferentes y las proporciones relativas de estos nutrientes que entran en cada punto, dependen del tipo de animal, de su estado fisiológico y de la dieta recibida.

4.1.- ACIDOS GRASOS VOLATILES.

Los monogástricos tienen como fuente principal de energía a los monosacáridos glucosa, galactosa y fructuosa, los cuales son absorbidos a través de la mucosa intestinal. En el caso de los ruminantes, la celulosa (proveniente de los alimentos fibrosos) y otras formas de CH (azúcares, almidones), así como las proteínas, en gran parte son digeridas por los microorganismos ruminales y transformadas a los ácidos grasos volátiles (AGV) acético, propiónico y butírico. Por tal razón, en estos animales y en menor grado en otros herbívoros, el metabolismo tisular se ha adaptado a utilizar ácidos grasos de cadena corta como sus fuentes principales de energía.⁴

Los AGV son absorbidos en su forma libre por el epitelio ruminal, en diferentes proporciones. En una dieta a base de heno, los porcentajes serán: acético 65, propiónico 20, butírico 12 y otros como valérico, isovalérico e isobutírico 1, mientras que si se suministra un nivel de 70% de grano, las proporciones molares de acetato y propionato variarán a 40 y 37% respectivamente.⁵ Una vez en el epitelio ruminal, parte de ellos es transformada en

diferentes compuestos y el resto pasa a la sangre portal circulando como aniones neutralizados al pH sanguíneo.

A continuación veremos los AGV butírico y acético. En seguida, dentro del proceso de gluconeogénesis, se incluirá el propionato.

4.1.1.- Butirato.

El butirato (C_4) es metabolizado a cuerpos cetónicos, principalmente acetoacetato y (D-) β -hidroxibutirato, en un 80 a 90%, por lo cual sus niveles sanguíneos son muy bajos. Sin embargo, en condiciones de movilización de energía a partir de las reservas corporales, como ocurre en hiponutrición o cuando hay altas demandas de energía, los ácidos grasos movilizados del tejido adiposo son metabolizados por el hígado a (L+) β -hidroxibutirato, el cual entra a la circulación periférica en cantidades apreciables, pasando a la mitocondria en forma de oxaloacetato y en seguida al ciclo ATC como acetil CoA, por acción de la β -hidroxibutirato deshidrogenasa. e.e.s. Bajo condiciones severas de estrés o cuando se ha disminuido la capacidad metabólica del organismo, se presentan niveles elevados de cuerpos cetónicos, dando lugar a la entidad patológica conocida como cetosis.

4.1.2.- Acetato.

El acetato (C_2) es el AGV que se absorbe en mayor cantidad desde el retículo-rumen y solo es usado por la pared ruminal como fuente de energía, pasando casi en su totalidad al hígado y de

este al torrente circulatorio, sin ser metabolizado. Por tal razón presenta niveles sanguíneos elevados. Sin embargo, no todo el acetato presente en la sangre proviene de fuentes ruminales, pues también se produce acetato de origen endógeno a partir del metabolismo de otras sustancias, particularmente proteínas.⁶ El acetato puede participar en la síntesis de ácidos grasos, en especial de la grasa láctea, por carboxilación a malonil CoA, o bien entrar al ciclo del ATC como acetil CoA, a través de condensación con oxaloacetato.⁶

4.2.- GLUCONEOGENESIS.

La gluconeogénesis incluye todos los mecanismos y vías responsables de convertir otras sustancias diferentes de los CH a glucosa o glucógeno.⁴

Está bien establecido que el suministro de glucosa o, más específicamente, el suministro de precursores de glucosa es de gran importancia en el metabolismo de los rumiantes, en especial de aquellos que son alimentados a base de forrajes fibrosos ricos en celulosa, como sucede en los países tropicales.⁷

Las fuentes de carbonos para sintetizar glucosa en el proceso de gluconeogénesis pueden ser propionato de origen ruminal, AA glucogénicos no específicos o, en general, cualquier compuesto con carbonos impares como lactato, isoácidos, valerato o glicerol proveniente de lípidos sobrepasantes o de las reservas corporales.⁸ De hecho, cuando la alimentación es balanceada, las

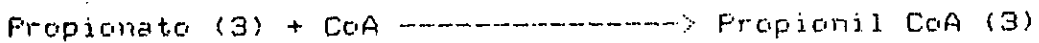
dos fuentes principales son el propionato y los aminoácidos (AA) glucogénicos de la dieta, pero al llegar la ingesta a niveles por debajo de las necesidades de mantenimiento, el glicerol proveniente de las reservas grasas y los AA derivados de la proteína corporal se convierten en los mayores aportantes de carbono para el proceso.

4.2.1.- Gluconeogénesis a partir de propionato (C₃).

Es el único AGV a partir del cual se pueda producir glucosa⁶, constituyéndose en la principal fuente de este para el rumiante. El propionato aporta los carbonos necesarios para producir del 30 al 60% de la glucosa sanguínea.²⁻⁷ Aún cuando la gluconeogénesis se lleva a cabo fundamentalmente en el hígado, el hecho de formarse lactato en la pared ruminal indica que la gluconeogénesis a partir de propionato se puede iniciar en dicha pared.⁷ Es significativo, al respecto, que los niveles de lactato en la sangre periférica son mas altos que los de propionato. Por otra parte, algunos autores (Krebs et al., 1963; Krebs y Yoshida, 1963; Newsholme y Gevers, 1967) citados por Leng⁷, señalan a la corteza renal como productor de apreciables cantidades de glucosa a partir de gluconeogénesis, mientras Kaneko (comunicación personal, 1988) considera que esa producción es despreciable.

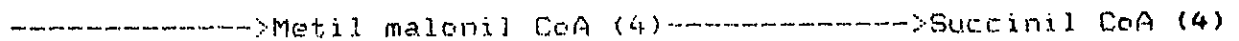
En el proceso de absorción, cerca del 50% del propionato es convertido a malato y lactato por la pared ruminal. El resto pasa al sistema portal y alrededor de 80% es metabolizado a glucosa en el hígado. La ruta metabólica comienza con conversión del

propionato a propionil-CoA y carboxilación a metilmalonil-CoA, seguido por un reordenamiento del esqueleto de carbono a succinil-CoA, esto en presencia de biotina y vitamina B₁₂, como sigue e.s.



CO₂ (Biotina)

(vitamina B₁₂)



Como succinil CoA, los carbonos de propionato entran al ciclo del ATC y se transforman en oxaloacetato (figura 2). En este punto, según Van Soest², se pueden seguir varias rutas metabólicas: a) Conversión directa a glucosa utilizando la vía inversa del ciclo glicolítico, para lo cual, como el oxaloacetato no puede pasar a través de la membrana mitocondrial, la succinil CoA es convertida en malato, el cual pasa a través de la membrana mitocondrial, posteriormente se transforma en oxaloacetato y finalmente en fosfoenolpiruvato, el cual sigue la ruta inversa del ciclo. b) La condensación con Acetil-CoA para formar citrato y seguir en el ciclo del ATC. y c) Aminación reductiva para formar AA glicogénicos no específicos como aspartato, glutamato y alanina.

4.2.2.- Gluconeogénesis a partir de aminoácidos.

Los AA constituyen la segunda fuente en importancia para la gluconeogénesis. Hay controversia respecto al aporte de los AA, pues mientras unos autores sugieren que, en la oveja, 11 a 30% de

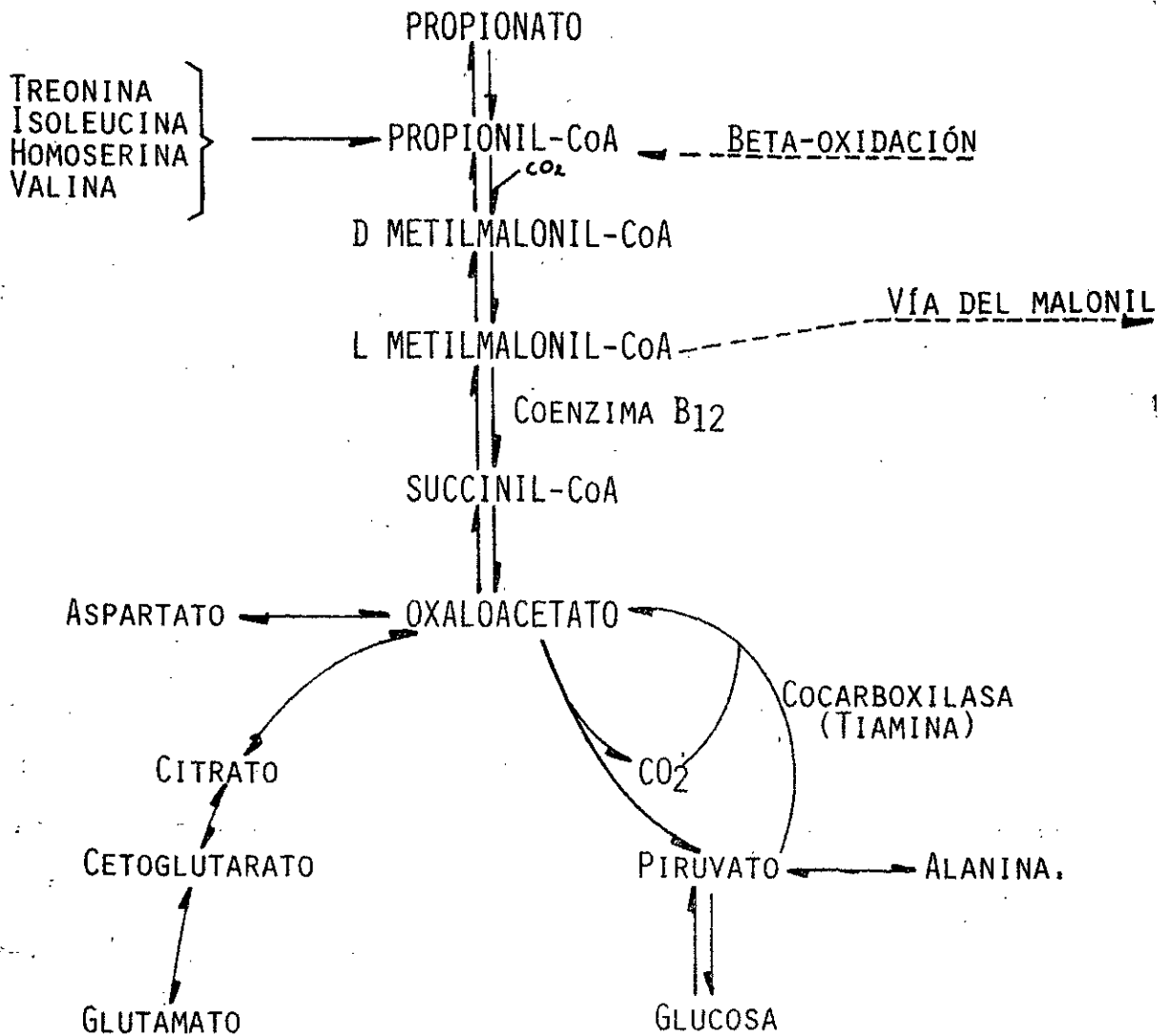


FIGURA 2. DIAGRAMA DEL METABOLISMO DEL PROPIONATO. NOTESE LA RELACIÓN ENTRE LA GLUCONEOGENESIS Y ÁCIDOS GRASOS.

FUENTE: VAN SOEST, 1982.

la glucosa proviene de AA⁹, otros sostienen que solo 1 a 2% de la glucosa utilizada por la vaca de alta producción es atribuible a los AA y que, en estos animales, la oferta tanto de AA como de glucosa es insuficiente en relación a la demanda.¹⁰ Van Soest⁶, por su parte, estima que si los AA aportan el 20% de los requerimientos de una vaca que produce 40 kg de leche, una tercera parte de los requerimientos de proteína digestible para este nivel deberán ser destinados a gluconeogénesis, mientras Leng⁷ indica que la gluconeogénesis a partir de AA en rumiantes puede variar ampliamente dependiendo de la nutrición y del estado fisiológico del animal. La cantidad absoluta de glucosa derivada de AA es probablemente mayor en animales que absorben cantidades elevadas de AA.¹¹

Cuadro 1. Destino de los esqueletos de carbono de los aminoácidos mas comunes

Glucogénicos		Cetogénicos	Glucocetogénicos
Ala	His	Leu	Fen
Arg	Met		Ile
Asp	Pro		Lis
Cis	Ser		Tir
Gli	Tre		Tri
Glu	Val		

Fuente: Murray et al. 1988 (Modificado)

La gluconeogénesis a partir de AA glucogénicos se realiza utilizando los esqueletos de carbono que quedan de la transaminación o de la desaminación oxidativa. Estos esqueletos son incorporados al ciclo del ATC en diferentes puntos, como se observa en la figura 3. En el cuadro 1 se presentan los AA glucogénicos y lipogénicos.

4.3.- LIPIDOS.

Junto con los CH, constituyen las fuentes más importantes de energía para el organismo animal y además, sirven al organismo como reserva energética. Aún cuando están formados, como los CH, por carbono, hidrógeno y oxígeno, debido a la mayor proporción de carbono e hidrógeno que contienen, liberan una cantidad de energía 2.25 veces mayor que la producida por los CH cuando son oxidados.

Los excesos de energía provenientes de la dieta son acumulados por el organismo animal monogástrico primero en forma de glucosa y luego en forma de grasa. El rumiante, en cambio, no puede transformar la glucosa en grasa, debido a la ausencia de las enzimas ATP-citrato liasa y NADP-malato deshidrogenasa, responsables de desdoblar el citrato en oxaloacetato y malato y de convertir el malato en piruvato, respectivamente (figura 4) y por esta razón depende completamente de acetato y butirato para la síntesis grasa.^{2,3} El 90% de la lipogénesis en el rumiante es realizada en el tejido adiposo.²

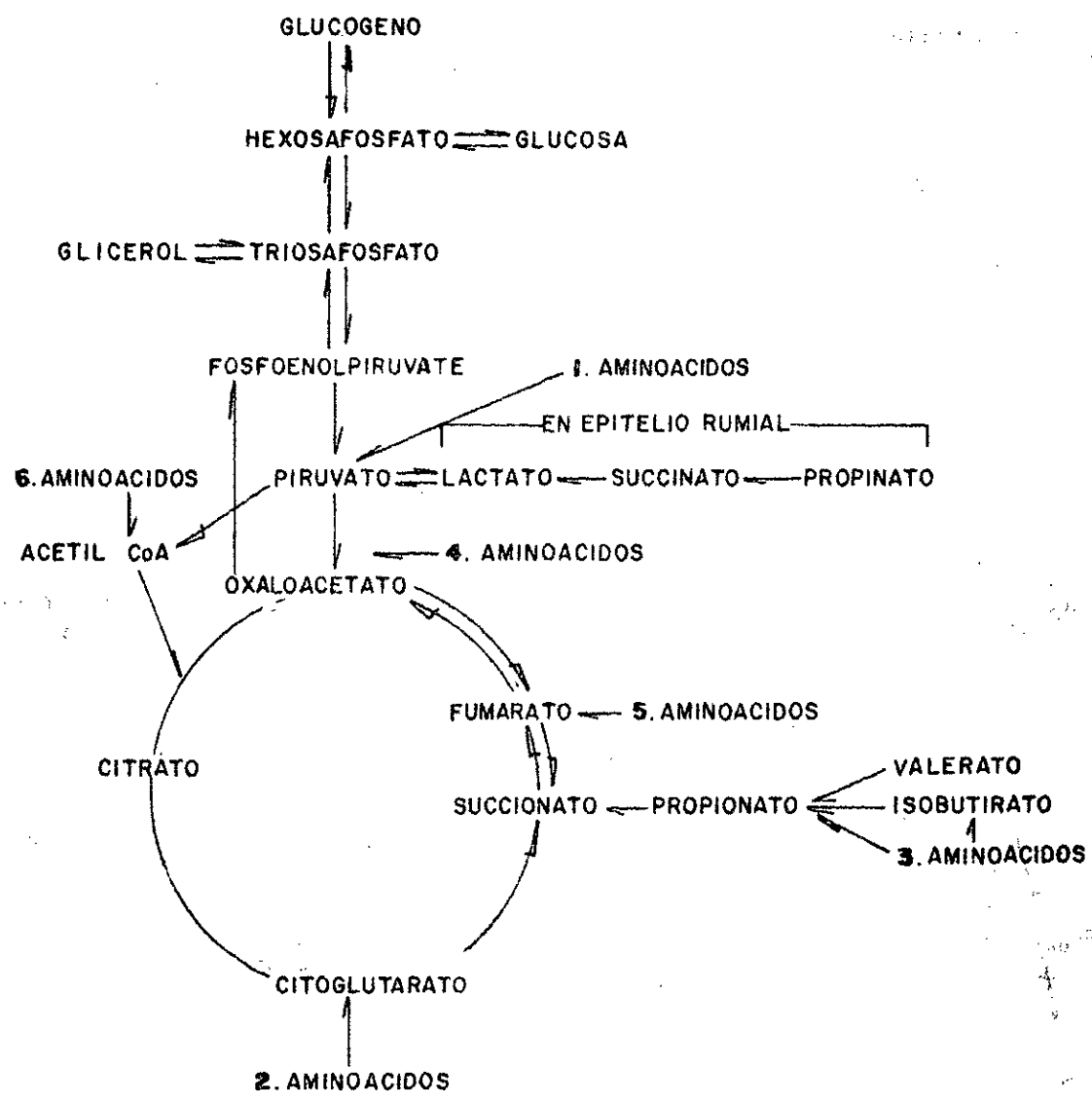


Figura 3. Esquema de las vías metabólicas para gluconeogénesis en el hígado de rumiantes y relación de precursores de glucosa provenientes del tracto digestivo en forma disponible.

fuente: Leng, 1970.

<u>Glucogénicos</u>	
Histina	3 Valina
Glicina	Treonina
Serina	Metionina
Alanina	Isoleucina (Part)
Glutamato	4 Aspartato
Histirina	5 Tirosina (Part)
Trolina	Fenilalanina (Part)
Arginina	

<u>AA Cetogénicos</u>
6 Isoleucina (Part)
Fenilalanina (Part)
Tirosina (Part)
Lisina
Leucina

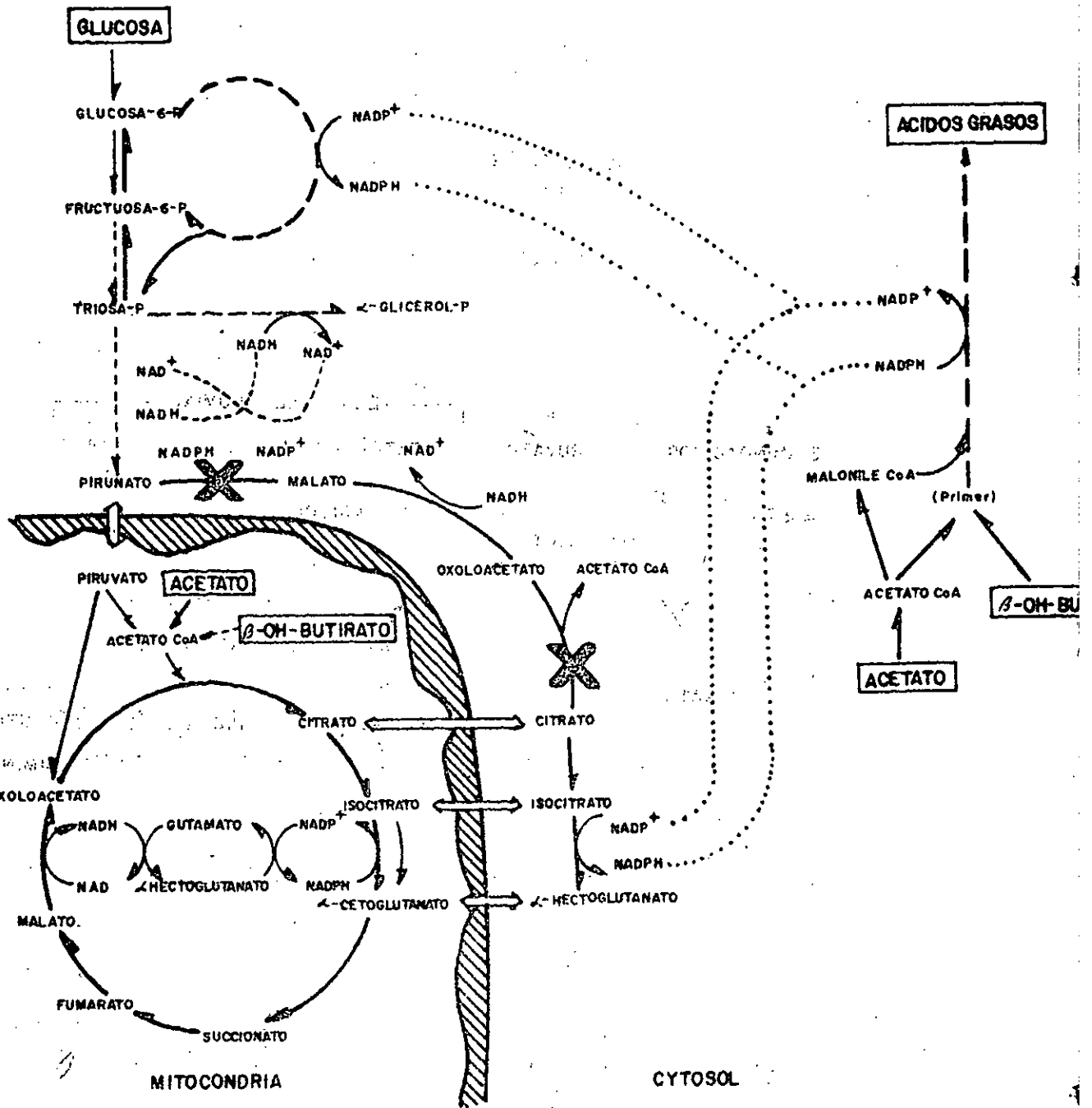


Figura No.4 VIAS PARA SINTESIS DE ACIDOS GRASOS EN TEJIDOS DE RUMIANTES. LA CARENCIA DE ATP CITRATO LIASA Y DE NADP MALATO DESHIDROGENENASA ESTAN SENALADAS CON UNA X

Fuente : BAUMAN Y DAVIS 1975

4.3.1.- Lipólisis.

El catabolismo de los lípidos culmina con la producción de ATP, CO₂ y agua, mas la subsiguiente liberación de calor. A partir de la hidrólisis de triglicéridos en el tejido adiposo, se liberan glicerol y ácidos grasos libres (no esterificados).

El glicerol es metabolizado por conversión a α -glicerol fosfato el cual a su vez es oxidado a dihidroxiacetona fosfato y luego a glucosa que, al ser catabolizada totalmente a CO₂ y agua, da una producción neta de 38 ATP.⁹

Los ácidos grasos de cadena larga forman un complejo con la albúmina sérica y son transportados, en forma hidrosoluble, a los tejidos donde son activados en el citoplasma a acil-CoA y luego pasan a la mitocondria donde son oxidados. Los ácidos grasos por si solos no pueden penetrar la mitocondria, por lo cual se requiere un mecanismo especial de transporte, provisto por la carnitina. La carnitina reemplaza al CoA formandose acil-carnitina la cual, junto con el CoA, se difunde en la mitocondria mediante la β -oxidación (figura 5), proceso que efectúa una oxidación, separando dos carbonos (acetato) a la vez, empezando en el extremo carboxilo del ácido, con producción de 5 ATP y acetil-CoA, el cual pasa al ciclo de Krebs. El acil-CoA se resintetiza y la carnitina regresa al citosol por difusión, repitiendose el proceso hasta remover todos los acetatos, degradando completamente los ácidos grasos de número par de

LOS LIPIDOS Y SU METABOLISMO

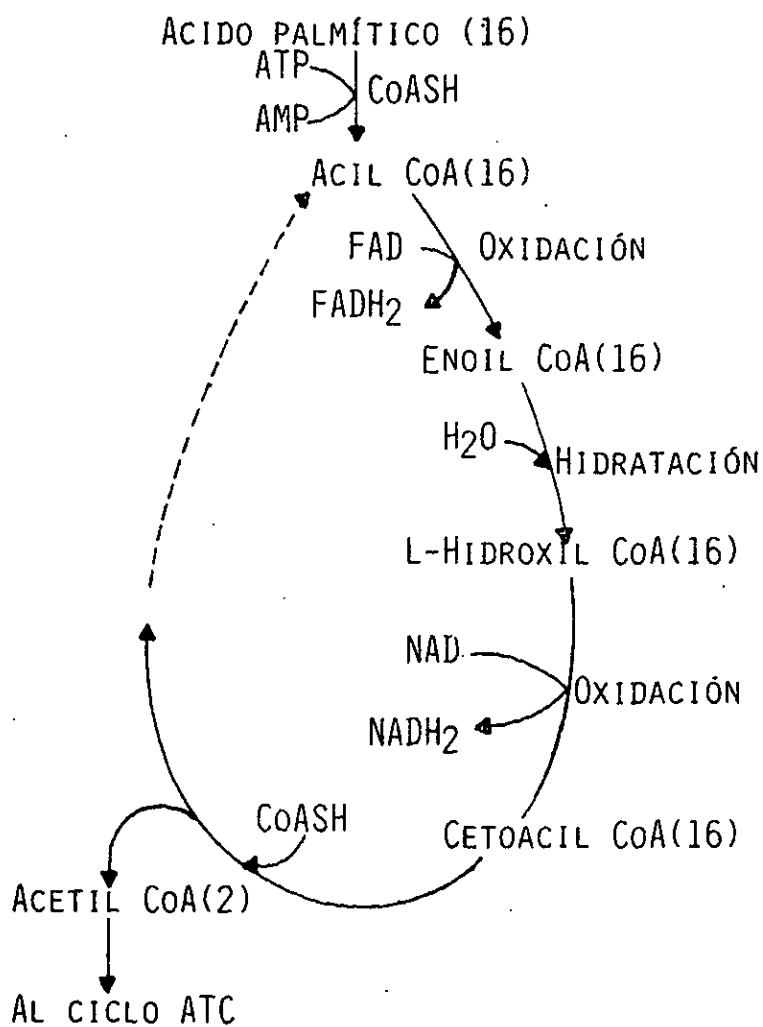


FIGURA 5. BETA - OXIDACIÓN DEL ÁCIDO PALMÍTICO.

FUENTE: MAYNARD ET AL., 1981.

átomos de carbono.^{9.12.12} De lo anterior se desprende que un ácido graso par puede producir tanta energía (ATP) como:

$$\frac{(\# \text{ de carbonos} - 2)}{2} (5) + \frac{(\# \text{ de carbonos})}{2} (12) - 2$$

que para el estearato (C₁₈) sería:

$$\frac{(18 - 2)}{2} (5) + \frac{(18)}{2} (12) - 2 = 146 \text{ ATP}$$

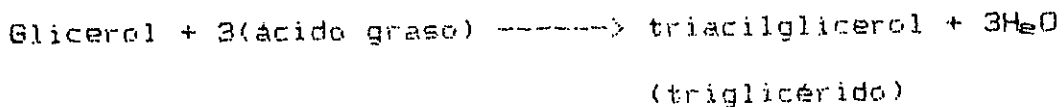
(Las dos unidades que se restan al final de la ecuación corresponden a los 2 ATP que se gastan para activar el ácido graso; el número 12 corresponde a los ATP que libera cada acetil-CoA al ser oxidado completamente en el ciclo de Krebs)

Cuando los ácidos son de número impar de carbonos, además de acetil-CoA la oxidación produce propionil-CoA, el cual es carboxilado a metil-malonil-CoA y luego transformado a Succinil-CoA en presencia de Biotina y vitamina B₁₂ (ver numeral 4.2.1.).

El acetato, butirato y cuerpos cetónicos absorbidos en el rumiante, también están disponibles para su metabolismo inmediato. El acetato se oxida por el ciclo ATC y rinde 10 ATP por mol, mientras que el butirato lo hace por medio de CoA, rindiendo 25 ATP/mol.⁹

4.3.2.- Lipogénesis.

Al reaccionar, deshidratándose, tres moles de ácidos grasos con glicerol, se produce grasa (triacilglicerol o triglicérido), que es la forma como se depositan los lípidos en el tejido adiposo.



Tanto el glicerol como los ácidos grasos deben ser activados por el ATP antes de incorporarse a los acilgliceroles.

El glicerol es activado a sn-glicerol-3-fosfato por la enzima glicerocinasa, pero esta enzima tiene baja actividad en el tejido adiposo (y en el músculo), por lo cual la mayoría del glicerol-3-fosfato (glicerol activado) debe derivarse de un intermediario del sistema glucolítico, el fosfato de hidroxiacetona, por reducción con NADH formando glicerol-3-fosfato en presencia de glicerol-3-fosfato deshidrogenasa.⁴

La síntesis de ácidos grasos se lleva a cabo en el tejido adiposo, el hígado y la glándula mamaria y es de dos tipos: a) la de novo que se realiza fuera de la mitocondria para los ácidos grasos hasta de 16 átomos de carbono (palmitico) y b) la denominada de elongación que es intramitocondrial y sintetiza los de mayor tamaño. Este proceso consiste en el reverso de la β -oxidación, o sea la adición de dos carbonos a la vez, provenientes de la acetil CoA, con gasto de NADH.¹²

Los ácidos grasos formados en el proceso de lipogénesis se van incorporando uno a uno al glicerol, hasta constituir el triglicérido respectivo, el cual pasa a formar parte del tejido adiposo como grasa subcutánea (50%), grasa perirrenal, membranas intestinales, grasa muscular y en cualquier otra parte del cuerpo.⁹

Shimada¹² indica que es necesario diferenciar entre el proceso descrito para la síntesis de ácidos grasos y la resíntesis de triglicéridos posterior a la absorción de los lípidos desde la mucosa intestinal, pues dicha resíntesis ocurre a partir de la acilación directa de monoglicéridos, por lo cual no pasa por la formación de ácido fosfatídico, utilizando de preferencia ácidos grasos con 16 y 18 carbonos.

5.- METABOLISMO DE LAS PROTEÍNAS.

A diferencia de los CH y lípidos que tienen vías comunes para el desarrollo de su metabolismo cada uno de los AA, componentes primarios de las proteínas, tiene rutas separadas para su degradación y síntesis, circunstancia que hace su estudio muy complicado. El metabolismo de las proteínas es fundamentalmente el metabolismo de los AA, puesto que la reacción más importante de estos en la célula viva es su condensación covalente entre sí para formar el esqueleto polipéptido de las proteínas. Por esta razón el estudio de la nutrición proteica se orienta hacia los AA.¹⁴

Las proteínas representan el 18% del peso somático y son los principales constituyentes de los tejidos blandos del cuerpo. Están compuestas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, este último en una proporción constante, cercana al 16%. Además, algunas contienen azufre, fósforo y hierro.⁹ Se forman por la unión de AA, los cuales pueden ser (figura 3): a) No esenciales, es decir, que pueden ser sintetizados por el organismo, o b) Esenciales, que deben incluirse en la dieta, pues el organismo no los produce o los produce en cantidades inferiores a las necesidades del mismo. No obstante, la importancia metabólica de estos compuestos es independiente de la condición de esencial o no esencial.¹⁰

La proteína de la dieta (exógena) es absorbida como AA en el intestino y transportada al hígado y otros tejidos para su metabolismo, pudiendo ser¹⁰: a) Utilizada, junto con la proveniente de fuentes endógenas (proteólisis de tejidos y sustancias proteicas del mismo animal), en la síntesis de proteínas corporales, enzimas, hormonas, porfirinas, purinas, pirimidinas y algunas vitaminas, y b) Catalizada para la producción de energía (ver numeral 4.2.2).

5.1.-Catabolismo.

El catabolismo de AA tiene lugar principalmente en el hígado y luego en el riñón; el músculo esquelético no participa en el proceso.

Cuando, después de cubrir las necesidades de biosíntesis proteica, quedan sobrantes de AA, estos no son almacenados ni excretados como tales, sino que sufren desdoblamientos, los cuales pueden ser de dos tipos: a) Descarboxilación o pérdida del grupo carboxilo, con la formación de CO_2 y aminas primarias, y b) Pérdida del grupo amino por transaminación o por desaminación.

5.1.1.-Descarboxilación.

La descarboxilación o eliminación del grupo $\alpha\text{-COOH}$ por acción de descarboxilasas, tiene una ocurrencia limitada en los mamíferos, pero algunas de las reacciones que se presentan son de mucha importancia como la descarboxilación de 5-hidroxitriptófano (un AA aromático intermediario en el metabolismo del triptófano), con producción de 5-hidroxitriptamina (serotonina), la producción de ácido aminobutírico (GABA) a partir de glutamato, la producción de histamina a partir de histidina en los procesos alérgicos, entre otros.¹⁵

5.1.2.-Transaminación.

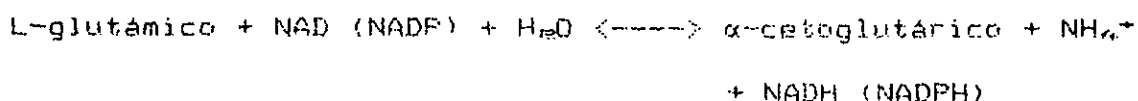
La transaminación tiene lugar en el citoplasma y la mitocondria de la mayoría de células corporales y consiste en el proceso enzimático de interconversión aminoácido-cetoácido, mediante el cual un AA dado pierde su grupo α -amino, que es transferido al carbono α de un cetoácido. Es indispensable la presencia de fosfato de piridoxal, sintetizado a partir de la vitamina B_6 , para las reacciones respectivas. El cetoácido que reacciona casi siempre en la transaminación es el α -cetoglutárico, lo cual

indica que al degradarse los AA se forma ácido glutámico, compuesto que sirve como donador de compuestos nitrogenados de excreción. Los AA que se degradan en esta forma son alanina, arginina, asparagina, ácido aspártico, cisteína, fenilalanina, isoleucina, leucina, tirosina, triptófano y valina.¹⁸

Mediante la transaminación los AA (esenciales y no esenciales) pueden ser liberados de su NH₂ y los cetoácidos resultantes metabolizados en el ciclo de Krebs para la producción de energía y los AA no esenciales pueden sintetizarse a partir del glutamato y los intermediarios de ciclo de Krebs.³

5.1.3.-Desaminación.

La desaminación, definida por Shimada¹⁹ como una reacción enzimática que resulta en la pérdida o separación del grupo amino del AA, es una ruta secundaria (la primaria es la transaminación) para la conversión de L-aminoácidos en los correspondientes α -cetoácidos¹⁹ y puede ser oxidativa y no oxidativa, siendo más importante la oxidativa. Se produce en diversos tejidos, especialmente en el hepático, y tiene lugar tanto en el citosol como en la mitocondria. El sustrato más común es el glutamato y la enzima principal es la L-glutámico deshidrogenasa, según la reacción⁹



la cual es una deshidrogenación y no una hidrólisis, por lo cual es exergónica. Mediante este proceso, el NH_3 se puede liberar para ser excretado en el ciclo de la úrea o para ser utilizado en la transaminación. Tanto el NAD como el NADP pueden ser usados como aceptores de hidrógeno, aun cuando el primero es más común y su destino final es el sistema de transporte de electrones.^{1e}

5.2.- Síntesis.

La síntesis proteica tiene lugar en el citoplasma celular sobre la superficie de los ribosomas donde la secuencia de los AA que forman cada proteína está codificada por las bases de un ácido ribonucleico. En esta síntesis las etapas de descarboxilación, transaminación y desaminación cumplen un papel importante.

Maynard² indica que los AA son derivados de los ácidos grasos de cadena corta y contienen un grupo básico amino ($-\text{NH}_2$) y un grupo carboxilo ácido ($-\text{COOH}$). La unión de estos dos grupos se conoce como unión peptídica y el producto resultante es denominado residuo de AA. La adición secuencial de muchos residuos de AA constituye la estructura primaria de la proteína y es la base para una serie de pasos que culminan en la estructura cuaternaria final que varía ampliamente entre proteínas.

Los AA necesarios para la síntesis proteica de las células se toman del fondo común de AA libres existente en el plasma sanguíneo, fondo que es mantenido por los AA absorbidos del intestino y los provenientes del metabolismo.^{1b} En el cuadro 2

se presentan los AA no esenciales y sus precursores. Es notoria la importancia que tiene el glutamato.

Cuadro 2. Aminoácidos dispensables y sus precursores

Aminoácido	Precursor
Glutámico	cetoglutarato + NH_4^+ (aminación)
Glutamina	glutámico + NH_4^+ (aminación)
Alanina	glutámico + piruvato (transaminación)
Aspártico	glutamato + oxaloacetato (transaminación)
Serina	3-fosfoglicerato + glutamato (transaminación)
Prolina	glutámico- H_2O (deshidratación)
Hidroxiprolina	hidroxilación de la prolina
Aspargina	aspártico+ NH_4^+ (aminación)
Glicina	CO_2 + NH_4^+
Serina	de la glicina y viceversa
Arginina	a partir del ciclo de la urea
Tirosina	fenilalanina (hidroxilación)
Cisteína	metionina + serina

Fuente: Maynard et. al, 1981

Como se anotó en el numeral 5, los diferentes AA tienen vías particulares para su metabolismo, por lo cual su estudio se hace muy complicado y no está al alcance del presente trabajo. Es necesario indicar que muchos pasos de las vías catabólicas son

comunes para varios AA pero que las vías de síntesis no se pueden considerar una simple devolución de las vías catabólicas.

5.3.-Ciclo del nitrógeno.

El resultado del metabolismo de los AA, en lo que respecta a los grupos amino, es la eliminación del nitrógeno excedente, proceso que se cumple por mecanismos diferentes en las distintas especies. Así, los peces excretan amoníaco libre como producto final del catabolismo del nitrógeno y se les denomina amonotéticos; las aves excretan ácido úrico y se conocen como uricotéticos, mientras que los mamíferos eliminan úrea y comprenden los llamados ureotéticos.¹⁴

La úrea se forma a partir de ion amonio y bióxido de carbono (activados por Mg^{2+} y ATP) y del nitrógeno α -amino del aspartato, por la acción sucesiva de un grupo especial de enzimas localizadas en el hígado, cuyo funcionamiento combinado constituye el ciclo de la úrea. A partir del hígado, la úrea pasa al torrente circulatorio y parte va a los riñones donde es excretada. En los rumiantes, se elimina úrea por la saliva en pequeñas cantidades. Los mamíferos no producen la enzima ureasa, razón por la cual no pueden utilizar la úrea como tal.¹⁵

En el ciclo de la úrea participan seis AA, de los cuales uno, el N-acetil-glutamato, funciona como un activador enzimático mas que como un intermediario; dos, aspartato y arginina, forman parte de

las proteínas, mientras que los tres restantes, ornitina, arginina y argininsuccinato, no son constituyentes proteicos y tienen como función metabólica principal la síntesis de úrea. Siendo un proceso parcialmente cíclico, la formación de úrea permite la recuperación de ornitina, citrulina, argininsuccinato y arginina durante el mismo, pero el amoníaco, el CO_2 , y el aspartato si son consumidos.

El proceso (figura 6) está compuesto de cinco reacciones, cada una catalizada por una enzima diferente. a) En la primera se sintetiza carbamilfosfato a partir de amonio, CO_2 y fosfato (proveniente del ATP), en presencia de carbamilfosfatasa, enzima que se encuentra en la mitocondria de la célula renal de los ureotélicos. b) La segunda reacción es la síntesis de citrulina a partir de carbamilfosfato, catalizada por la enzima L-ornitincarbamilasa, presente en la mitocondria hepática. c) Luego, se sintetiza argininsuccinato por la unión de aspartato y citrulina en presencia de argininsuccinato-sintetasa. d) La siguiente reacción es el desdoblamiento reversible de argininsuccinato en arginina y fumarato por la acción de argininsuccinasa. e) Por último, se produce el desdoblamiento de la arginina en ornitina y urea, debido a la acción de la arginasa, presente en el tejido hepático de los ureotélicos, la cual hidroliza el grupo gúanidínico de la arginina. La úrea es eliminada por vía renal y la ornitina entra como sustrato a la segunda reacción, completandose el ciclo.^{14,15}

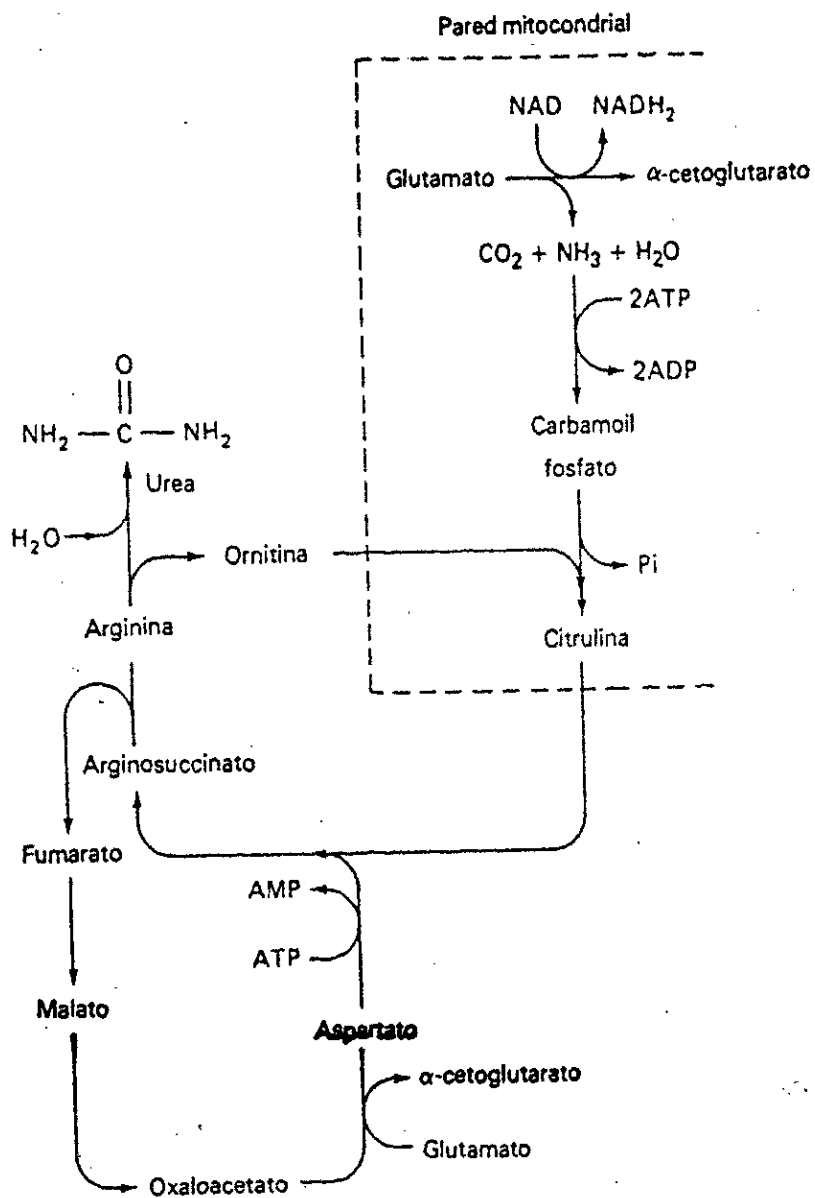


FIGURA 6. CICLO DE LA UREA

FUENTE: MAYNARD ET AL., 1981.

Como se deduce, la fuente de nitrógeno para la úrea puede ser tanto el amoníaco proveniente de la degradación de AA como el grupo amino del aspartato (reacción 3). El carbono de la úrea se obtiene a partir de CO_2 .

Es importante notar que el proceso es endergónico con gasto de tres moléculas de ATP por molécula de úrea producida.

6.-CONTROL HORMONAL DEL METABOLISMO ENERGETICO.

Los mecanismos hormonales que controlan el metabolismo energético del rumiante comprenden fundamentalmente las hormonas insulina, glucagón y epinefrina o adrenalina.

La insulina estimula la utilización de glucosa por varios tejidos periféricos, inhibe la gluconeogénesis y la descarga de glucosa desde el hígado, aumenta la síntesis proteica y la lipogénesis, a la vez que disminuye la proteólisis y la lipólisis. El incremento posprandium de la insulina en la sangre portal se presenta a las 3 o 4 horas, debido a la composición de la dieta y a las características del proceso digestivo del rumiante.

El glucagón estimula la salida de glucosa hepática, mediante la aceleración de la glucogenólisis y la gluconeogénesis.² Con respecto a la proteína, aumenta la disponibilidad de precursores gluconeogénicos por medio del aumento de la retención de AA circulantes en el hígado y del catabolismo proteico.³

En el rumiante, la relación insulina:glucagón es mas importante que las concentraciones absolutas de las dos hormonas por separado, debiendo ser baja para mantener una tasa alta de gluconeogénesis a partir de propionato.¹²

En cuanto a la epinefrina, actúa en el tejido muscular desdoblado el glucógeno en ácido láctico y en el hígado convirtiendo el polisacárido a glucosa libre. También inhibe las enzimas responsables de la glucogénesis, con lo cual toda la glucosa y sus precursores se destinan a incrementar la disponibilidad sanguínea de glucosa. Respecto a los lípidos, estimula las lipasas responsables de la hidrólisis de los triglicéridos para su conversión en ácidos grasos libres y glicerol.^{12, 15}

**BIBLIOTECA ALIPELUCARIA
DE COLOMBIA**

7.- BIBLIOGRAFIA

- 1 Haurowitz, F. 1959 Introducción a la Bioquímica Ediciones Omega, Barcelona
- 2 Van Soest, P.J. 1982 Nutritional Ecology of the Ruminant O & B Books, Inc., USA
- 3 Maynard, L.A., Loosly, J.K., Hintz, H.F. y Warner, R.G. 1981 Nutrición Animal McGraw-Hill, México
- 4 Yates, F.A. 1988 Panorama del Metabolismo Intermediario In: Bioquímica de Harper (R.K. Murray, D.K. Granner, F.A. Mayes y V.W. Rodwell, eds) Editorial El Manual Moderno, México pp 142-148
- 5 Bauman, D.E. y Davis, C.L. 1975 Regulation of Lipid Metabolism In: Digestion and Metabolism in the Ruminant (I.W. McDonald and A.C. Warners eds) The University of New England, Australia pp 496-509
- 6 Scott, R. 1981 Metabolismo de los Carbohidratos In: Fisiología de los Animales Domésticos (H.H. Dukes y M.J. Swenson eds) Aguilar, México pp 691-710
- 7 Leng, R.A. 1970 Glucose Synthesis in Ruminants Ad. in Vet. Sci. and Comp. Medicine 14: 207-260
- 8 Basst, J.M. 1975 Dietary and Gastro-intestinal Control of Hormones Regulating Carbohydrate Metabolism in Ruminants In: Digestion and Metabolism in the Ruminant (I.W. McDonald and A.C. Warners eds) The University of New England, Australia pp 383-398

- 7
- 9 Wolf, J.E., Bergman, E.N. y Williams, H.H. 1972 Net Metabolism of Plasma Amino Acids by Liver and Portal-drained Viscera of Fed Sheep Am. J. Physiol. 223: 438
 - 10 Bruckental, I., Oldham, J.D. y Sutton, J.D. 1980 Glucose and Urea Kinetics in Early Lactation Br. J. Nutr. 44: 33
 - 11 Trenkle, A.H. 1980 Amino Acid Metabolism and Hormonal Control During Growth In: Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants (Y. Ruckebusch and P. Thivend eds) MTP Press, Lancaster, England pp 505-522
 - 12 Shimada, A. 1987 Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México, A.C., México, D.F.
 - 13 Scott, R. 1981 Metabolismo de los Lípidos In: Fisiología de los Animales Domésticos (H.H. Dukas y M.J. Swenson eds) Aguilar, México pp 711-735
 - 14 Rodwell, V.W. 1988 Catabolismo del Nitrógeno de los Aminoácidos In: Bioquímica de Harper (R.K. Murray, D.K. Granner, P.A. Mayes y V.W. Rodwell, eds) Editorial El Manual Moderno, México pp 142-148
 - 15 Bohinski, R.C. 1978 Bioquímica Fondo Educativo Interamericano S.A. Bogotá
 - 16 Svendsen, P y Carter, A.M. 1987 Introducción a la Fisiología Animal Editorial El Manual Moderno, México

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
SUBGERENCIA DE INVESTIGACION
CENTRO DE INVESTIGACION OBONUCO
REGIONAL N^o. 5
PROGRAMA GANADO DE LECHE

**INFLUENCIA DE COMPUESTOS TOXICOS Y ANTINUTRICIONALES
EN LA DIGESTION Y EL METABOLISMO DEL RUMIANTE**

SAN JUAN DE PASTO
JULIO, 1992

INFLUENCIA DE COMPUESTOS TOXICOS Y ANTINUTRICIONALES
EN LA DIGESTION Y EL METABOLISMO
DEL RUMIANTE

Jorge Medrano Leal*

1. INTRODUCCION

Un gran número de especies animales obtienen sus nutrientes básicos directamente de las plantas. Estos herbívoros desempeñan un papel importante en la cadena alimenticia del hombre, ya que los nutrientes obtenidos a partir de las plantas son transformados en tejidos y secreciones animales que el hombre puede usar como fuente de alimento. Sin embargo, muchas plantas producen sustancias tóxicas y/o antinutricionales, las cuales son producto de su metabolismo y cuya función en la mayoría de los casos es proteger la planta contra predadores. Estas sustancias químicas llamadas fitotoxinas, pueden ser encontradas en cualquier parte de la planta y cuando son consumidas pueden afectar diversos órganos y sistemas del animal.

Plantas que producen esas sustancias tienen fuerte impacto sobre la producción animal por diferentes razones. Primero,

* Zootecnista. MSc. Programa Ganado de Leche. ICA. CI-Obonuco. A.A. 339. Pasto (Nariño), Colombia.

la planta al ser consumida por el animal puede causar toxicidad y muerte; segundo, la planta es usada en alimentación animal con pobres resultados y tercero, considerando su contenido de nutrientes la planta puede tener uso potencial en la alimentación animal.

El propósito de este documento es primero, presentar al lector algunas bases de toxicología que le permitan entender las rutas de absorción de las sustancias tóxicas, su metabolismo (degradación y potencialización) y las vías de eliminación del organismo; segundo, describir algunos compuestos tóxicos presentes en las plantas y su efecto en la nutrición de rumiantes. Es de anotar que en este escrito el efecto tóxico no se referirá a los aspectos médicos y clínicos, sino más bien a los aspectos zootécnicos, relacionando la influencia de estas sustancias sobre el consumo, digestión, absorción y metabolismo del rumiante y su repercusión en el rendimiento animal.

2. GENERALIDADES

Las sustancias tóxicas y antinutricionales pueden ser definidas como aquellas que en circunstancias prácticas alteran aspectos normales del metabolismo animal y producen adversos efectos biológicos y/o económicos en producción animal. Se puede considerar que virtualmente todas las

sustancias son tóxicas (incluyendo el aire, el agua y la clorofila), lo que define su toxicidad es la dosis y la tolerancia individual (Figura 1).

Estas sustancias influyen en la producción animal en diferentes formas: a) Intoxicación del animal produciendo muerte o disminución en producción. b) Contaminación de los productos animales (leche, carne) con residuos tóxicos. c) Reducción del uso de plantas potencialmente nutritivas para el rumiante. d) Incremento en el costo de alimentación causado por el uso de técnicas para eliminar las sustancias o sus efectos adversos.

Las sustancias tóxicas pueden ser de origen natural o sintético. Las toxinas de origen natural pueden dividirse en cuatro categorías:

a) Micotoxinas.

Estas son sustancias producidas por el metabolismo de los hongos. La importancia de estas sustancias reside en el hecho de que un amplio número de especies de hongos contaminan plantas y granos cosechados, produciendo las micotoxinas que al ser consumidas por hombres o animales causan la micotoxicosis respectiva.

b) Toxinas de origen microbiano.

Se refiere a sustancias tóxicas producidas por microorganismos, estas sustancias son de alto peso molecular y tienen propiedades antigénicas. Como ejemplos se pueden

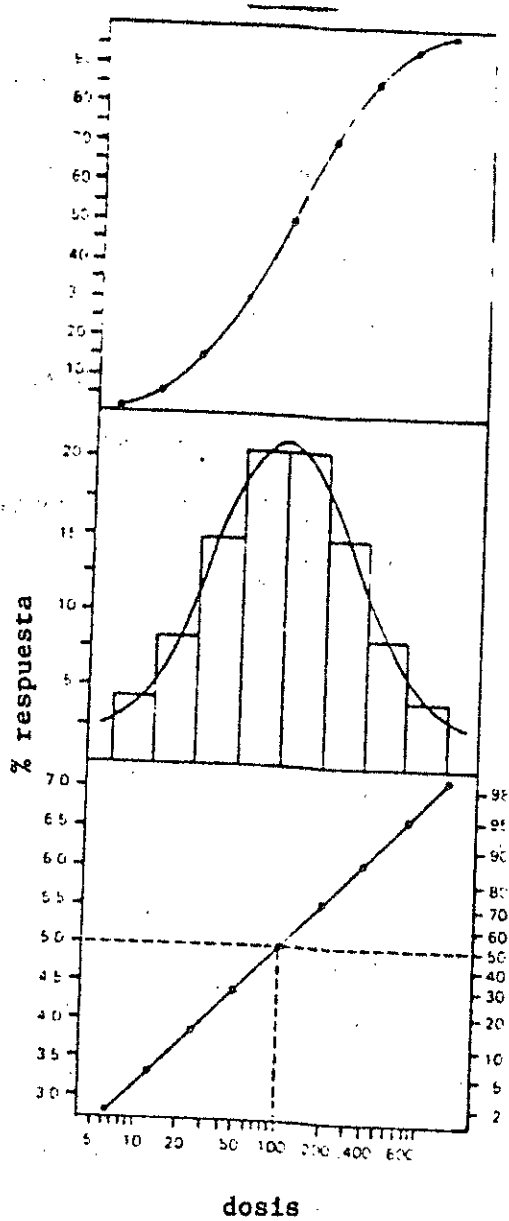


FIGURA 1. EFECTO DE SUSTANCIAS TÓXICAS.
RELACIÓN DOSIS: RESPUESTA

FUENTE: BUCK ET AL 1982.

mencionar las toxinas que producen el tétano, el botulismo y la difteria.

c) Toxinas vegetales.

En este punto se clasifican todas las fitotoxinas producidas por el metabolismo secundario de las plantas con el objetivo fundamental de defenderse contra los depredadores. Sustancias tales como la cocaína, la heroína y la morfina, responsables del problema global de la drogadicción, son toxinas de origen vegetal. Muchas de las plantas actualmente usadas en la alimentación humana y animal contienen sustancias tóxicas

d) Toxinas animales.

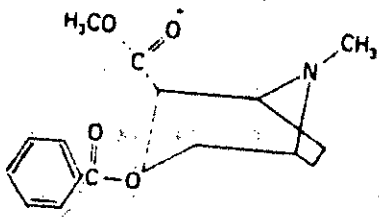
Animales que producen sustancias tóxicas son encontrados en casi todas las ramas del reino animal. Algunos producen las sustancias como medio de defensa y ataque y otros como constituyentes de sus tejidos.

El desarrollo de este escrito se centrará en las sustancias tóxicas encontradas en las plantas (Fitotoxinas) o íntimamente ligadas a ellas (Micotoxinas) (Figura 2).

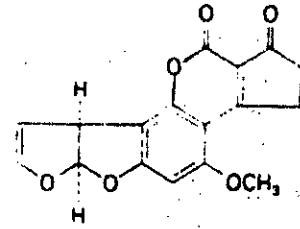
3. DINAMICA DE LAS SUSTANCIAS TOXICAS

3.1. Absorción.

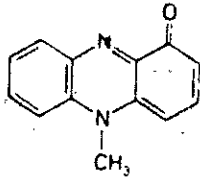
En el cuerpo humano y animal existen diferentes puertas de entrada que permiten pasar diferentes sustancias al



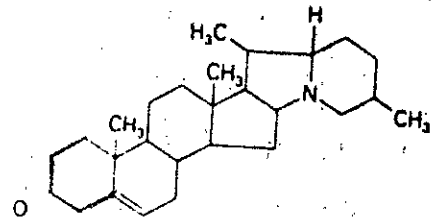
COCAÍNA



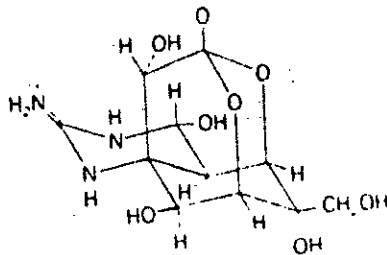
AFLATOXINA B₁



PLÖCIANINA



SOLANINA



TETRODOTOXINA

FIGURA 2. SUSTANCIAS TOXICAS DE ORIGEN NATURAL

organismo. En la Figura 3 se observan las rutas de absorción, distribución y excreción de sustancias tóxicas. Las principales rutas de entrada son a través de la piel, el sistema respiratorio y el tracto gastrointestinal. Sin importar la ruta que tomen las sustancias, antes de llegar al sitio de acción, deben pasar a través de diferentes membranas, razón por la cual es importante entender los aspectos fundamentales de las membranas celulares.

3.1.1. Membrana Celular.

Las células y los organelos celulares presentes en todos los organismos, están separados y delimitados por membranas, las cuales reúnen ciertas características funcionales que les permiten desempeñar funciones especiales.

a) Funciones.

La membrana celular cumple con diversas funciones. Separa a las células u organelos del medio que la rodea, delimitando así áreas funcionales. Interviene en el transporte selectivo de iones y moléculas utilizando métodos de difusión, interacción de carga y transporte activo. Actúa en la regulación de procesos biológicos como por ejemplo la inhibición de la mitosis cuando dos células están en contacto. Además, separa el producto del sitio de reacción. Sirve de soporte estructural por medio de la fijación de estructuras intracelulares como en el caso del músculo estriado. La propiedad de las membranas de fusionarse le

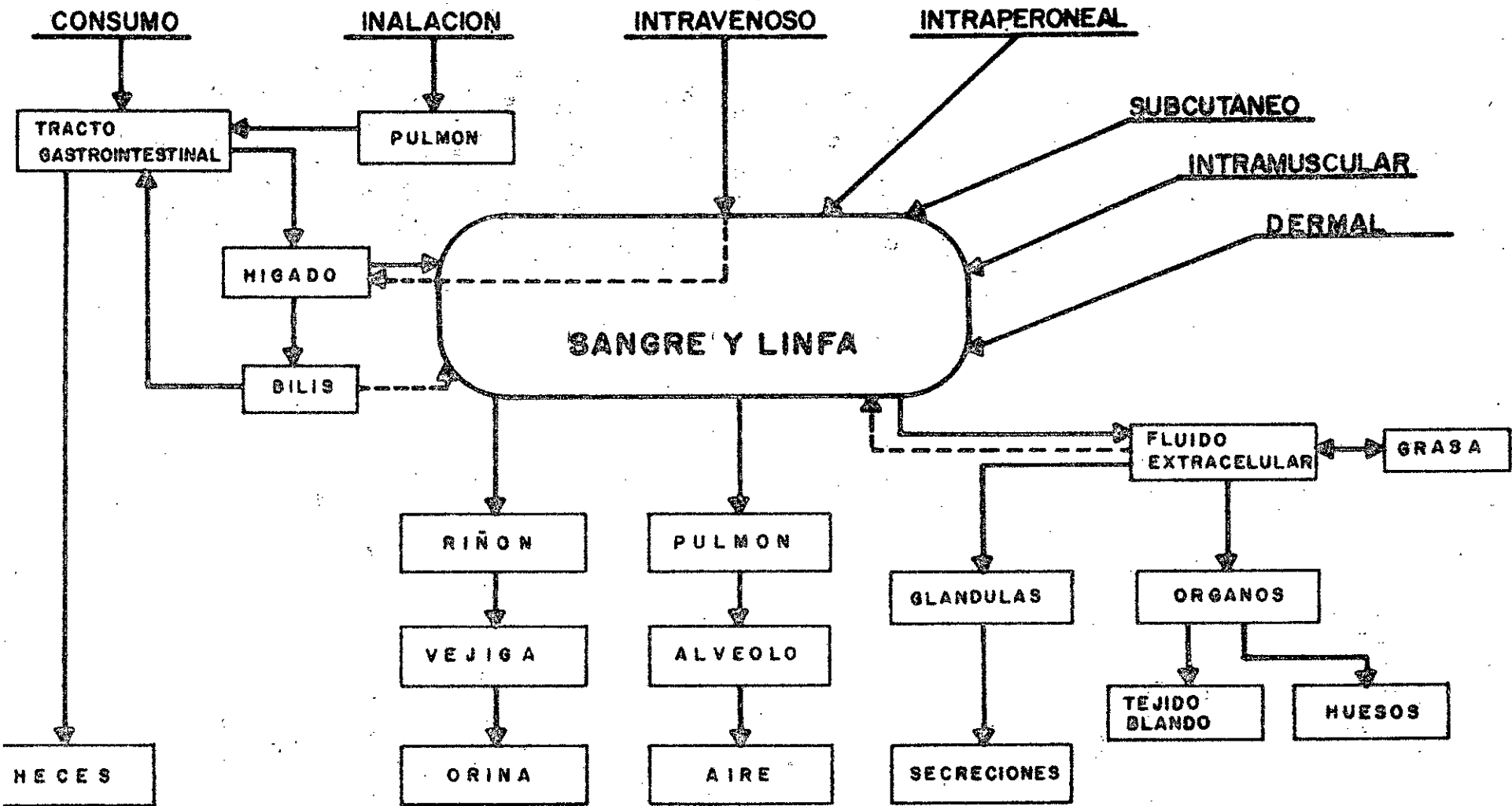


FIGURA No. 3 RUTAS DE ABSORCION, DISTRIBUCION Y EXCRECION DE SUSTANCIAS TOXICAS.

FUENTE : CASARETT AND DOULLIS. 1990

permite cumplir diferentes funciones tal como la pinocitosis, actividad importante en el transporte de sustancias. Otro ejemplo de la fusión está dado en la fertilización del óvulo por el esperma.

b) Características.

Las membranas están compuestas principalmente por lípidos y proteínas con alguna porción de carbohidratos. Los principales lípidos presentes en la membrana son los fosfolípidos (fosfoglicéridos y esfingolípidos), los glucoesfingolípidos (cerebrosidos, gangliosidos) y el colesterol. Los lípidos de la membrana están organizados en una doble capa con el grupo polar (hidrofílico) situado hacia el exterior y el grupo hidrocarbonado (hidrofóbico) hacia el interior (Figura 4). Esto se conoce como naturaleza anfipática de los lípidos (Granner, 1990; Hodgson and Levi, 1987).

Las proteínas presentes en la membrana pueden ser periféricas o integrales (Figura 4). Las primeras no interactúan directamente con los lípidos, mientras que las segundas están distribuidas de manera asimétrica e interactúan con los fosfolípidos. En las membranas existen proteínas específicas que participan en las funciones. Entre las proteínas se encuentran enzimas, proteínas transportadoras, proteínas estructurales, antígenos y receptores.

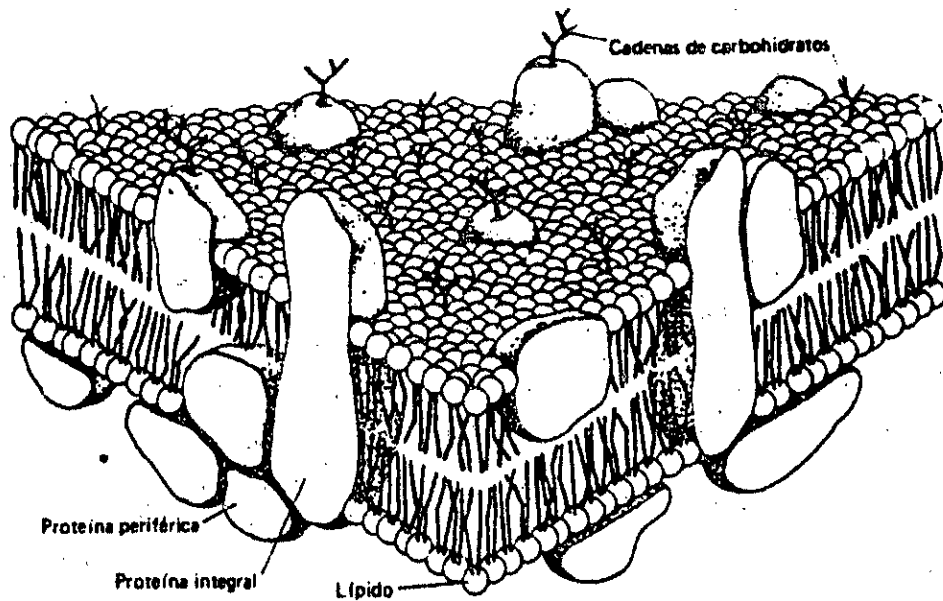


FIGURA 4. MODELO DE MOSAICO FLUIDO DE LA ESTRUCTURA DE LA MEMBRANA.

FUENTE: GRANNER, 1990.

Las membranas presentan otras dos características importantes como son la fluidez y la asimetría. La fluidez depende de la composición lipídica y está regulada en gran parte por el colesterol. La fluidez afecta significativamente las funciones de la membrana activando proteínas, cambiando permeabilidad a diferentes sustancias y regulando la abertura de poros. Por otra parte, la asimetría está dada por que las dos capas de lípidos son diferentes y existen distintos tipos de proteínas a lado y lado, esto hace que las funciones de las membranas sean diferentes en los lados externo e interno (Avers, 1986; Granner, 1990; Hodgson and Levi, 1987).

3.1.2. Mecanismos de Transporte.

Antes de entrar a describir los mecanismos de transporte de las sustancias (incluyendo las tóxicas) a través de la membrana celular, es importante definir los conceptos de ionización y el coeficiente de partición. Las membranas son menos permeables a compuestos ionizados que a los no ionizados. Esto es importante debido a que sustancias tóxicas ionizables como en el caso de los alcaloides y ácidos orgánicos, pueden ver incrementada su absorción dependiendo del pH del medio.

Por otra parte, el coeficiente de partición se refiere a la concentración de un compuesto en la fase lipídica y en la fase acuosa. Un coeficiente de partición alto indica una

sustancia lipofílica. En forma general se correlaciona un alto coeficiente de partición con una rápida penetración a través de las membranas, razón por la cual la rata de absorción de las sustancias tóxicas está determinada principalmente por su solubilidad en lípidos.

El transporte de moléculas a través de las membranas se realiza por medio de cuatro mecanismos: Difusión pasiva, Filtración, Transporte especial y Endocitosis (Figura 5).

a) Difusión pasiva.

Este sistema parece ser el predominante para la mayoría de las sustancias tóxicas. Sustancias lipofílicas y en forma ionizada penetran la membrana por este mecanismo.

b) Filtración.

Los poros que se encuentran en la membrana permiten el rápido paso de sustancias con bajo peso molecular. Como la mayoría de las sustancias tóxicas son de alto peso molecular, este sistema de transporte, para los fines que nos ocupan, tiene poca importancia.

c) Transporte especial.

Este mecanismo presente especialmente en el tracto gastrointestinal, permite el transporte a través de membranas de moléculas que por su polaridad, ionización o peso molecular no podrían atravesarla. El proceso que requiere energía y se realiza contra un gradiente de concentración se denomina **transporte activo**; mientras que el que no requiere energía se denomina **difusión facilitada**. En

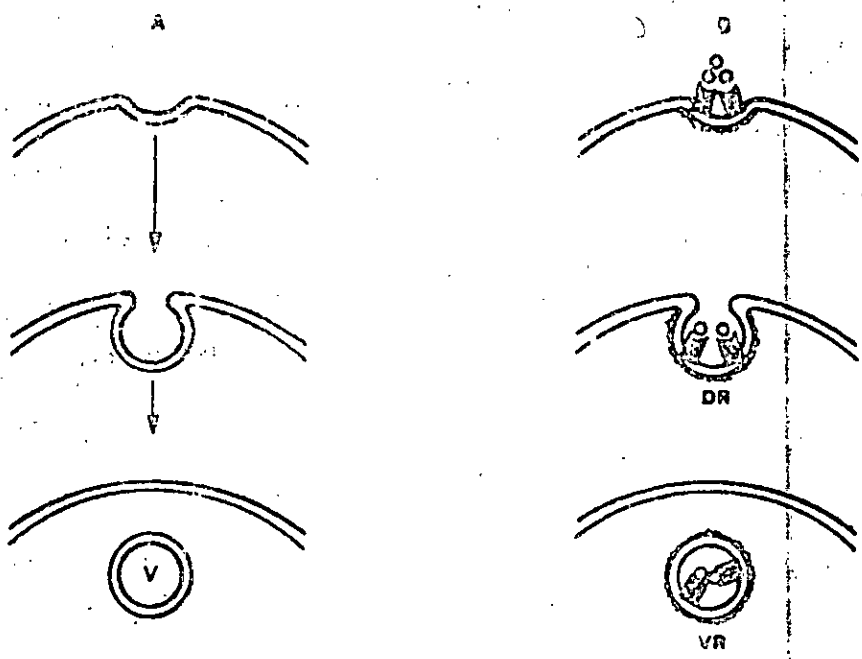
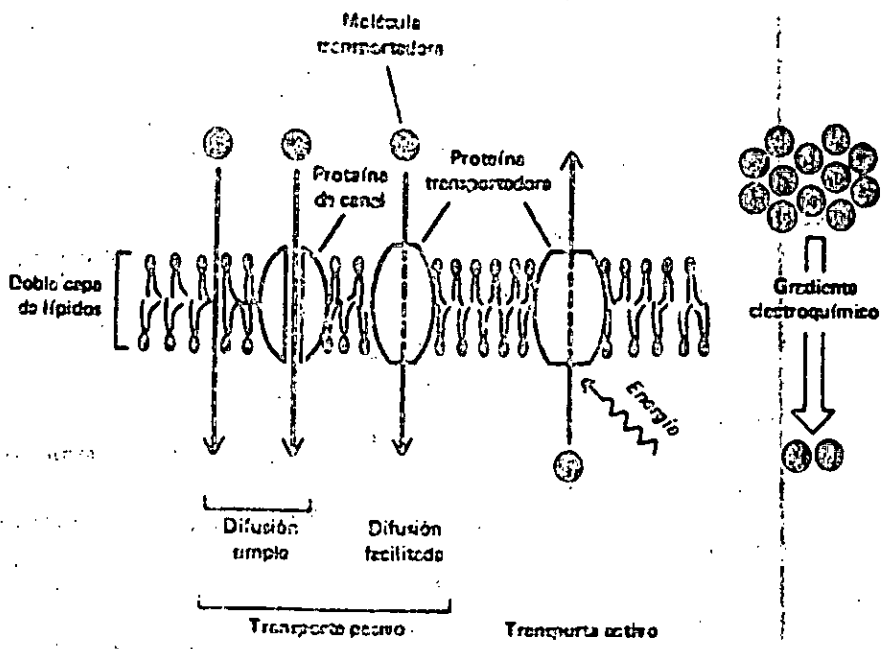


FIGURA 5. SISTEMAS DE TRANSPORTE MOLECULAR A TRAVÉS DE LAS MEMBRANAS.

FUENTE: GRANNER, 1990.

ambos casos, una proteína actúa como portador de la sustancia a través de la membrana (Avers, 1986).

d) Endocitosis.

Este es un mecanismo especializado en el cual segmentos de la membrana citoplasmática se invaginan y rodean una sustancia permitiendo su entrada al interior de la célula. Cuando la sustancia que cruza la membrana es un líquido se habla de pinocitosis y si es un soluto de fagocitosis (Avers, 1986).

3.1.3. Rutas de Absorción (GIT).

El sistema digestivo del rumiante tiene la capacidad de absorber sustancias en cualquiera de sus compartimientos. Es así, como AGV, NH_4 y iones orgánicos son absorbidos en el retículo-rumen; AGV y agua en omaso y abomaso; mientras que monosacáridos, lípidos y aminoácidos son absorbidos en el intestino.

Sustancias lipofílicas y pequeñas moléculas no ionizadas son rápidamente absorbidas por el rumen. Las características del rumen tales como ligera acidez y abundante población microbiana tienen efecto importante sobre las sustancias tóxicas. Además, el alimento permanece un largo tiempo en el rumen lo que permite actuar a la población microbiana; es decir, las sustancias tóxicas y los microorganismos del rumen interactúan pudiéndose producir los siguientes eventos: a) Incremento de la toxicidad (nitratos, cianógenos, mimosina).

b) Disminución de la toxicidad (oxalatos, micotoxinas, gossipol). c) Producción de toxinas por los microorganismos (ácido láctico, 3-metilindol). d) Inhibición de la fermentación ruminal (oxalatos, taninos).

3.2. Distribucion.

Después de ser absorbida, una sustancia tóxica puede ser transportada al sitio donde efectuará su acción, transportada a un sitio de depósito, transportada a un órgano de biotransformación o eliminada del organismo. Las sustancias tóxicas se distribuyen en el cuerpo generalmente a través de los fluidos, bien sea el plasma, la linfa, el líquido intersticial o el líquido extracelular; por esta razón, la concentración del tóxico en la sangre depende del volumen de distribución. Además, generalmente las toxinas para ser transportadas necesitan estar ligadas a proteínas de la sangre tales como albúminas y lipoproteínas. Las sustancias tóxicas así transportadas se distribuyen a diferentes tejidos y órganos, donde se almacenan (grasa), biotransforman (hígado y riñón), ejercen su acción tóxica o se eliminan (Hodgson and Levi, 1987).

Un aspecto importante en el transporte de tóxicos por el plasma es la no covalencia de la unión entre el tóxico y la proteína transportadora lo que permite una rápida disociación. Entre las reacciones que llevan a producir una

unión no covalente se pueden mencionar la unión iónica, enlaces de hidrógeno, fuerzas de van der Waals e interacciones hidrofóbicas (Avers, 1986).

Una vez la toxina está ligada a la proteína, es transportada por el sistema circulatorio hasta el momento en que se produce la disociación. Esta ocurre cuando el tóxico encuentra mayor afinidad con otra molécula o componente de un tejido. Entre los factores que promueven la disociación están la natural afinidad, concentración diferencial, cambio de pH, cambio de temperatura y fuerza iónica (Granner, 1990).

3.3. Biotransformación.

El metabolismo de las sustancias tóxicas se produce por medio de transformaciones químicas realizadas por enzimas presentes en diferentes lugares del organismo. La serie de reacciones que sufren los tóxicos en el organismo se pueden dividir en reacciones de la Fase I y Fase II (Cheeke, 1985). En la Fase I un grupo polar reactivo es introducido a la molécula, la cual pasa a la Fase II o de conjugación, donde se producen compuestos solubles en agua que son rápidamente eliminados.

3.3.1. Fase I.

Estas reacciones ocurren en el retículo endoplasmático y son catalizadas por el sistema enzimático Citócrómo p-450. Entre las reacciones más importantes figuran la Hidroxilación ($X-H + O_2 \longrightarrow X-OH + H_2O$), la Epoxidación ($X-CH=CH-R' + O_2 \longrightarrow X-CH \begin{array}{c} \diagup O \diagdown \end{array} -CH-R' + H_2O$) y la Hidroxilación aromática ($X\text{-benzeno} + O_2 \longrightarrow X\text{-benzeno-OH} + H_2O$). En estas reacciones interviene $NADPH^+ + H^+$, el cual se transforma en NADP. (Nota: X es la sustancia tóxica).

3.3.2. Fase II.

Entre las conjugaciones más importantes de esta fase se pueden mencionar:

a) Conjugación con ácido glucurónico (UDPGA).

Las enzimas que intervienen en esta reacción están localizadas en la fracción microsomal especialmente de las células renales y hepáticas. El UDPGA (Figura 6) es producido a partir de la glucosa-6-fosfato usando la vía del ácido urónico.

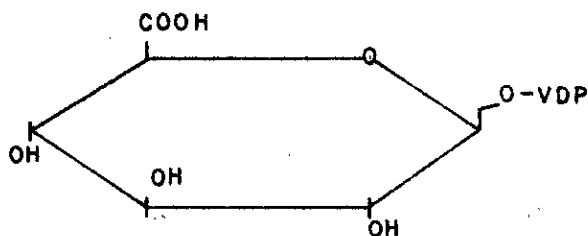


Figura 6. Uridin-difosfato-glucuronato (UDPGA)

b) Conjugación con glutation (GSH).

El glutation esta conformado por los aminoácidos glicina, cisteina y ácido glutámico (Figura 7).

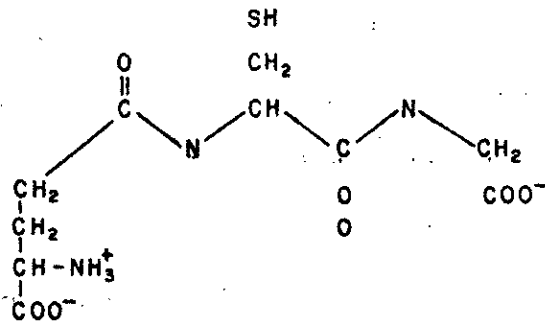


Figura 7. Glutation

Esta reacción de conjugación que ocurre en el citosol (especialmente en el hígado) es el paso inicial en la formación de ácido mercaptúrico (Figura 8), el cual puede ser eliminado por la bilis o la orina.

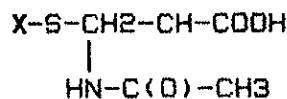


Figura 8. Acido mercapturico

c) Acetilación.

Estas reacciones ocurren en el citosol de varios tejidos, especialmente en el hígado (X + Acetil CoA \rightarrow Acetil-X + CoA).

Aunque en forma general los procesos anteriormente descritos producen desactivación de las sustancias tóxicas que entran al organismo, compuestos reactivos con mayor potencial tóxico pueden ser producidos (activación) en especial durante las reacciones de la Fase I. Algunos ejemplos de activación son la epoxidación de Aldrín a Dieldrín y de Aflatoxina B1 a Aflatoxina B1 epóxido.

Finalmente, los sistemas enzimáticos envueltos en este tipo de reacciones se pueden ver afectados por diversos factores. Factores nutricionales como niveles de proteína, carbohidratos y lípidos en la dieta afectan directamente el citocromo p-450 y los sustratos de las reacciones de la Fase II tales como el glutatión y el ácido glucurónico. Otros aspectos como edad, sexo y factores fisiológicos como lactancia y gestación, pueden modificar los sistemas enzimáticos y por ende los procesos de biotransformación de las sustancias tóxicas.

3.4. Eliminación.

Aunque la mayoría de las secreciones producidas por el cuerpo pueden servir de vía para la eliminación de sustancias tóxicas, las rutas principales son la renal y la hepática por intermedio de la orina y la bilis (Hodgson and Levi, 1987).

3.4.1. Orina.

El riñón es principalmente un órgano de excreción y la mayor parte de las sustancias tóxicas y sus metabolitos son eliminados por la orina. Para cumplir esa función el riñón utiliza tres mecanismos: la filtración glomerular, la reabsorción tubular y la secreción tubular.

3.4.2. Bilis.

Las sustancias tóxicas pueden ser excretadas por medio de la bilis utilizando dos mecanismos, difusión y transporte activo, el mecanismo empleado depende del peso molecular de la sustancia.

Los eventos descritos en los puntos anteriores pueden resumirse en la Figura 9. Estos eventos son dinámicos y pueden ser perturbados por diversos factores, como por ejemplo tasa de entrada (dosis), flujo sanguíneo, función gastrointestinal, motilidad, etc. Por lo mencionado anteriormente, la presentación de efectos tóxicos en un individuo depende de muchos factores, razón por la cual no es posible en muchos casos extrapolar resultados entre especies, ni aún entre individuos de la misma especie. "La vaca no es una rata grande con rumen, ni la oveja es una vaca pequeña y lanuda".

4. SUSTANCIAS TOXICAS EN LAS PLANTAS

Considerando que la evolución de las plantas y sus principales predadores, los herbívoros, ha sido paralela, es claro el por qué para casi todos los órganos, glándulas y rutas metabólicas animales existe en las plantas un inhibidor de sus funciones (Cuadro 1). Los compuestos tóxicos presentes en las plantas tienen diversas estructuras químicas y son de ocurrencia común en alimentos usados en producción animal. En el Cuadro 2 se muestran algunas fuentes alimenticias comunes y las sustancias tóxicas que contienen.

4.1. Alcaloides.

Estas son sustancias con pH básico y que generalmente contienen nitrógeno en un anillo heterocíclico. Son de sabor amargo y muchas presentan efectos tóxicos. Las pirrolizidinas son alcaloides presentes en plantas de los géneros Senecio, Heliotropium y Symphytum (Comfrey) que producen efecto irreversible en el hígado. Los ovinos son menos susceptibles a los efectos adversos de las pirrolizidinas, mientras que los bovinos se ven más afectados. Se demostró que un microorganismo aislado del rumen de ovinos metabolizó pirrolizidinas a metabolitos no tóxicos (Lanigan, 1976).

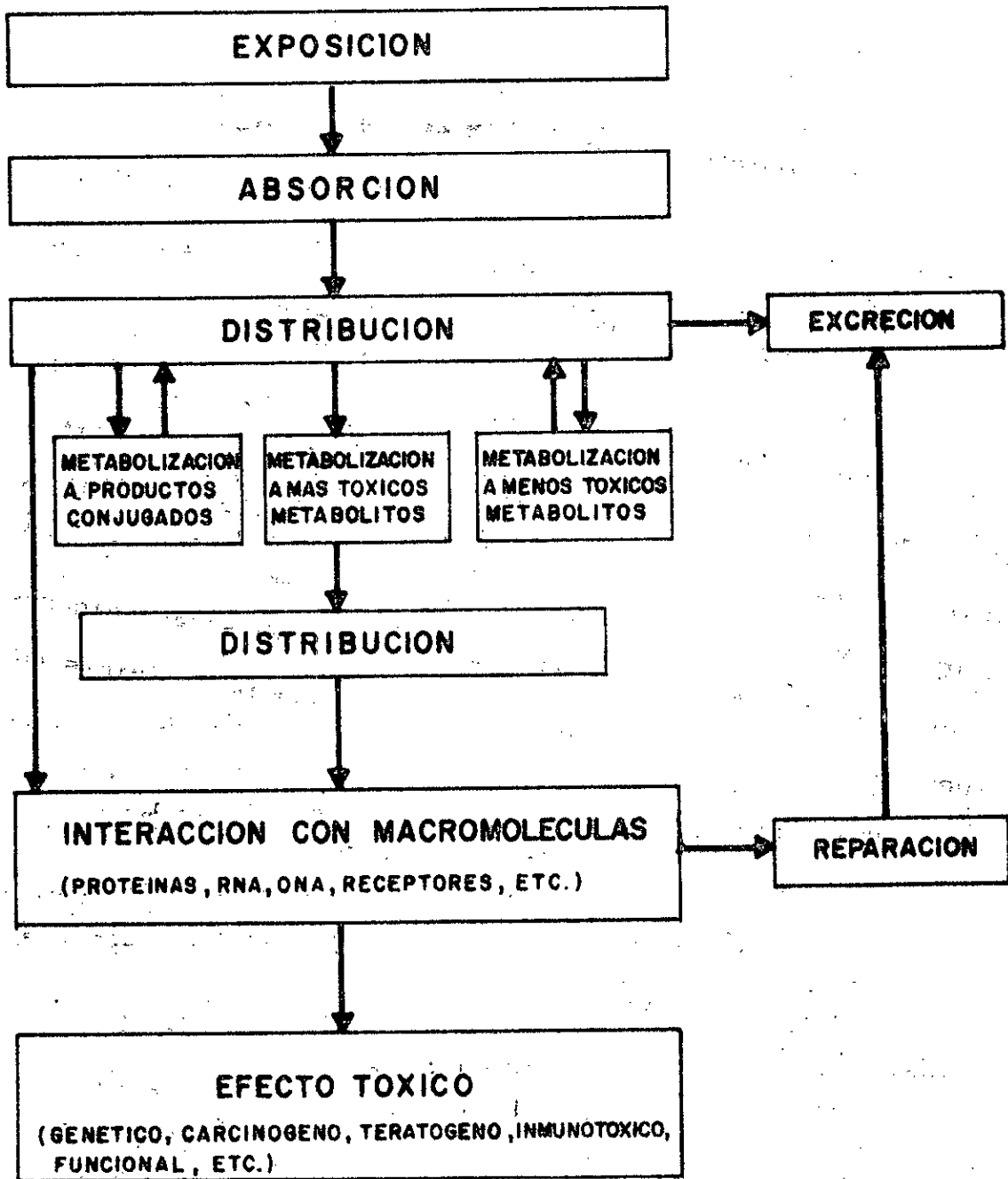


FIGURA No.9 DINAMICA DE LAS SUSTANCIAS TOXICAS A NIVEL GENERAL.

FUENTE: HODGSON AND LEVI, 1987.

**CUADRO 1. ORGANOS Y SISTEMAS AFECTADOS POR SUSTANCIAS
TOXICAS PRESENTES EN LAS PLANTAS.**

ORGANO/SISTEMA	FITOTOXINA
Hígado	Alcaloides, indospecinas.
Riñón	Alcaloides, oxalatos, lactonas, glucosinolatos, sílice.
Pulmón	3- Metilíndol, alcaloides Tryptamina.
Corazón	Gosipol, Glicosidos
Esqueleto	Oxalatos, Lupinos (toxina)
Sistema Digestivo	Oxalatos, taninos, saponinas, sele- nio, inhibe tripsina y amilasa nitratos, alcaloides
Sistema circulatorio	Alcaloides, saponinas, cobre, oxala- tos, fluoroacetato.
Sistema nervioso	Lathirus (Toxina), solanina, alcaloides.
Sistema Endócrino	Glucosinolatos, glicosidos, cianogénicos, mimosina.
Sistema Reproductivo	Isoflavones, gosipol, nitratos.
Teratogénicos	Lupinos (Toxina)
Carcinogénicos	Alcaloides, taninos.

FUENTE: Shull y Cheeke, 1983.

CUADRO 2. ALGUNAS SUSTANCIAS TOXICAS PRESENTES EN LOS ALIMENTOS.

ALIMENTO	SUSTANCIA
GRANOS	
Todos	Fitatos
Arroz, triticales	Inhibidores de tripsina
Sorgo	Taninos
Armarantus	Oxalatos, saponinas.
TUBERCULOS	
Papa	Solaninas (Alcaloides)
Yuca	Glicosidos Cianogénicos
SEMILLAS	
Soya	Inhibidores tripsina, fitatos, bociogénicos, saponinas
Algodón	Gosipol, taninos.
FORRAJES	
Alfalfa	Saponinas, estrógenos
Tréboles	Estrógenos, cianógenos
Leucaena	Mimosina
Sorgo forrajero	Cianógenos
Pastos tropicales	Oxalatos.

FUENTE: Shull y Cheeke, 1983

Alcaloides esteroides se encuentran presentes en papas (solanina) y tomates (tomatina). Estas sustancias causan irritación gastrointestinal y son también inhibidores de colinesterasa. Sin embargo, en el rumen la solanina es hidrolizada a solanidina y metabolizada a 5,6-dihidrosolanidina, compuestos con mínimo potencial tóxico (King and McQueen, 1981).

Swainsonina un alcaloide presente en plantas del género Swainsona y Astragalus, causa inhibición de α -manosidasa, lo que conlleva a la acumulación de manosa en los lisosomas de las células nerviosas. Alcaloides presentes en Festuca arundinacea causan pérdida de peso en bovinos, disminución en la producción de AGV en el rumen, depresión en la digestibilidad de la proteína y baja retención de nitrógeno (Cheeke, 1985).

Los lupinos (Lupinus spp.), plantas con gran potencial en la alimentación animal como forraje y grano, contienen sustancias alcaloides que le dan el característico sabor amargo. Estas sustancias se encuentran principalmente en las semillas y con mejoramiento genético se han logrado reducir sus niveles (Cheeke, 1985).

4.2. Glicosidos.

Dentro de este grupo se encuentran sustancias con características cianogénicas y bociogénicas. Las primeras se encuentran principalmente en plantas como sorgo forrajero, pasto Johnson, yuca y trebol blanco. Las sustancias cianogénicas son potencialmente tóxicas debido a la producción de ácido cianhídrico una vez hidrolizadas.



Este proceso ocurre rápidamente en el rumen; sin embargo, la presencia de carbohidratos solubles permite a las bacterias del rumen metabolizar el ácido cianhídrico y utilizar el nitrógeno. Si este sistema de desintoxicación es excedido, se presenta la intoxicación cuyo efecto principal es la inhibición del sistema de transporte de electrones produciéndose falta de energía a nivel celular y de tejidos.

Los glicósidos bociogénicos producen hipertrofia de la glándula tiroidea disminuyendo la producción de las hormonas T3 y T4. Estas sustancias se encuentran comúnmente en plantas del género Brassica spb. En ruminantes se presume que existe un proceso de degradación ruminal, por lo cual los eventos tóxicos no son de común presentación. Sin embargo, estos compuestos se eliminan en la leche presentándose riesgo potencial de toxicidad para los consumidores (White and Cheeke, 1983).

Otro tipo de glicósidos como la melilotósida, que se encuentra en las plantas Melilotus officinalis y Melilotus alba, produce al ser metabolizada cumarina y dicumarol. Este último es un potente inhibidor de la vitamina K, interfiriendo con los procesos de coagulación.

Las saponinas, glicósidos encontrados principalmente en leguminosas, son compuestos amargos que afectan la palatabilidad de la planta y el consumo de los animales. Las saponinas en rumiantes pueden ser reponsables de la presentación de timpanismo además de tener efecto adverso en los protozoarios (defaunación).

4.3. Amino Acidos.

La planta Indigofera Spicata contiene indospecina un antagonista del amino ácido arginina. Su consumo en dosis tóxicas causa necrosis hepática, cirrosis e inhibe la síntesis de proteína. En la Figura 10 se observa la similitud estructural entre los dos aminoácidos.

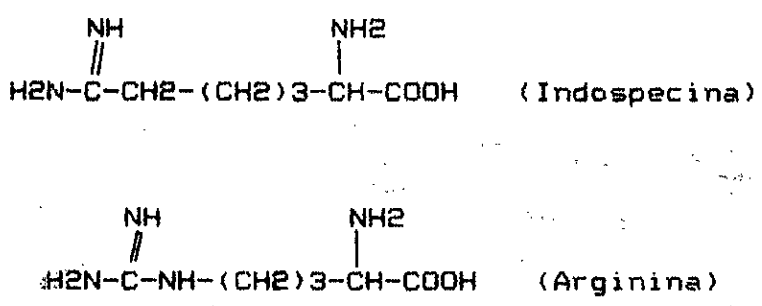


Figura 10. Estructura de arginina e indospecina.

La mimosina, un aminoácido presente en Leucaena leucocephala, es metabolizado en el rumen a 3,4-dihidroxipiridona (3,4-DHP), compuesto bociogénico que puede afectar a los bovinos. El triptófano también es metabolizado en el rumen produciéndose 3-metilindol, sustancia responsable del enfisema pulmonar bovino.

4.4. Oxalatos.

Estos son compuestos encontrados en plantas especialmente del género Amaranthus, Chenopodium, Halogeton, Rumex, Setaria y Panicum. En las plantas existen como oxalatos solubles los oxalatos de sodio y de potasio. El efecto tóxico de los oxalatos puede ser causado por cuatro diferentes mecanismos:

- a) Hipocalcemia con tetania causada por la secuestación de calcio.
- b) Necrosis vascular y hemorragias causadas por la cristalización de oxalatos en las paredes vasculares.
- c) Obstrucción de los túbulos renales y necrosis causada por la presencia de insoluble oxalato de calcio en el riñón.
- d) Se ha sugerido que los oxalatos causan inhibición de enzimas respiratorias como la deshidrogenasa succinica interfiriendo con el metabolismo de carbohidratos (Buck et al., 1982; Cheeke, 1985).

4.5. Taninos.

Los taninos son compuestos fenólicos encontrados en toda clase de plantas vasculares. Estas sustancias son almacenadas en vesículas bajo las paredes epidermales y

tienen un sabor astringente característico (Bullard et al., 1980). La concentración de taninos en la planta varía con el genotipo, fertilización, corte, etc.; frecuentemente sus niveles se incrementan después de la defoliación. Muchas propiedades antinutricionales han sido asociadas con forrajes altos en taninos. Se produce disminución en el consumo, en la eficiencia alimenticia y en el rendimiento animal. Además, como consecuencia de la masticación los tejidos de la planta liberan los taninos, los cuales reaccionan con proteínas de la planta por intermedio de enlaces de hidrógeno formando complejos insolubles. Este proceso conlleva a disminución de la digestibilidad de las proteínas, reducción de la retención de nitrógeno e incremento del nitrógeno eliminado por las heces. Igualmente, los taninos reaccionan con enzimas digestivas interfiriendo con una normal digestión (Fahey and Jung, 1989).

Entre los efectos benéficos de los taninos se pueden mencionar la protección de las proteínas a la degradación microbial (proteína sobrepasante) y la aparente disminución del riesgo de timpanismo (Milligan et al., 1986).

4.6. Fluoroacetato.

Algunas especies del género Acacia, Gastrolobium y Oxylobium contienen fluoroacetato, el cual es metabolizado a fluorocitrato. Este último compuesto actúa inhibiendo la enzima aconitasa con el consecuente bloqueo del ciclo del

ácido tricarboxílico, produciéndose inhibición del metabolismo de la glucosa e hiperglicemia. También se ha sugerido que el mecanismo de acción es por medio de la inhibición del transporte de citrato a través de la membrana mitocondrial (Mackie and White, 1990).

4.7. Micotoxinas.

Las micotoxinas son compuestos producidos por el metabolismo secundario de los hongos. Debido a la diversidad química de las micotoxinas los efectos en el animal son diversos (Cuadro 3). Aunque los rumiantes son generalmente menos susceptibles a las micotoxinas que los monogástricos, estos compuestos son importantes debido a su efecto en la disminución del consumo y la presencia de residuos tóxicos en carne y leche con riesgo para la salud humana (Shull and Cheeke, 1983).

5. EFECTOS EN EL RUMIANTE.

Tal como se observó inicialmente, para casi todas las funciones orgánicas y metabólicas animales, existen compuestos en las plantas que inhiben o interfieren su normal actividad. En este punto se resumirá el efecto de algunos compuestos tóxicos de las plantas en el sistema digestivo y en el metabolismo del rumiante.

CUADRO 3. EFECTO BIOQUIMICO DE VARIOS MICOTOXINAS.

SISTEMA	MICOTOXINA
SISTEMA METABOLICO	
Metab. Carbohidratos	Aflatoxina, Ocratoxina A. Fomopsin A.
Metab. Lípidos	Aflatoxina, Ocratoxina A. T-2 toxina, citrinina.
Asimilación Vitamínica	Aflatoxina, Dicuñarol
Síntesis proteica	Aflatoxina, Tricoteceno
Síntesis ADN	Aflatoxina, Tricoteceno
Respir. mitocondrial	Aflatoxina, Ocratoxina A. Rubratoxina, Patulin.
SISTEMA ENDOCRINO	Aflatoxina, Cearalenona. Ergotamina.
SISTEMA OSEO	Aflatoxina, Ocratoxina A.

FUENTE: Shull y Cheeke, 1983.

5.1. Boca.

La disminución del consumo voluntario es el primer efecto de las sustancias tóxicas presentes en las plantas. Compuestos como los alcaloides dan sabor amargo a la planta reduciendo su palatabilidad. Algunas plantas al ser masticadas liberan sustancias que digieren proteínas celulares de la cavidad bucal (piña, papaya), otras contienen cristales de oxalato de calcio (*Dieffenbachia sequine*) que causan irritación en boca y garganta; adicionalmente, la presencia de taninos y fenoles produce efecto astringente con reducción en el consumo.

5.2. Rumen.

El rumen con sus características especiales permite que las sustancias alimenticias ingeridas por el animal sufran procesos de degradación previos a la absorción. Durante esos procesos los compuestos tóxicos ingeridos pueden ser degradados con la producción de compuestos no tóxicos o potencializados con la producción de metabolitos más tóxicos que la sustancia inicial.

La parálisis del rumen es una consecuencia de la toxicidad con oxalatos presentes en plantas del género Panicum, Setaria y Amaranthus y con alcaloides presentes en Lupinus spp. Además, plantas del género Prosopis han sido reportadas como causantes de parálisis ruminal (Cheeke, 1985). Otro aspecto de común ocurrencia es la presentación

de timpanismo, síndrome causado por saponinas y proteínas citoplasmáticas de las plantas, las cuales producen espuma obstaculizando la salida de gases del rumen (Essig et al., 1988).

Otro efecto a nivel ruminal es el posible daño producido en el epitelio ruminal por los oxalatos, lo que conlleva a disminución en el potencial de absorción. Además, las aflatoxinas afectan los microorganismos del rumen produciendo disminución en la actividad celulolítica y en la producción de AGV (Cheeke, 1985).

5.3. Intestino.

La mucosa intestinal se puede ver dañada por sustancias tales como saponinas y taninos. Lectinas presentes en la planta Canavalia ensiformes pueden alterar la permeabilidad intestinal reduciendo la absorción de nutrientes. Otras sustancias como alcaloides y nitratos son promotoras de diarreas.

5.4. Hígado.

La mayoría de los alcaloides actúan a nivel hepático produciendo daño irreversible de los hepatocitos y disminuyendo la actividad metabólica del hígado. Las toxinas presentes en Lupinus spp. causan cirrosis, hígado graso y acumulación de Cu con alteración del metabolismo de Zn y Fe en el hígado.

5.5. Metabolismo Proteico.

Los alcaloides, especialmente pirrolizidinas al afectar al hígado reducen la capacidad de este para desaminar los aminoácidos y sintetizar urea a partir del amonio. Igualmente inhiben la síntesis de proteína al interferir con el metabolismo del ADN y ARN. Algunas sustancias con estructuras químicas similares a aminoácidos (ej: Indospecina - arginina) actúan como antagonistas produciendo síntomas de deficiencia en el animal. Además, como se anotó anteriormente, los taninos disminuyen la degradabilidad de la proteína y reducen la retención de nitrógeno.

5.6. Metabolismo Energético.

El metabolismo energético es afectado por diversas sustancias, en especial por aquellas inhibidoras de enzimas. Los fluoroacetatos interfieren en el ciclo del ácido tricarboxílico al inhibir la enzima aconitasa; el ácido nitropropiónico es inhibidor de la deshidrogenasa succínica, mientras que el ácido cianhídrico es un potente inhibidor de citocromo oxidasa. Otros aspectos del metabolismo energético son la inhibición de la absorción de grasas producida por aflatoxinas y la acumulación de manosa debida al consumo de plantas del género Swainsona spp. y Astragalus spp. (Cheeke, 1985).

5.7. Metabolismo Mineral.

La absorción de los minerales es reducida por sustancias tóxicas tales como los oxalatos que secuestran el calcio o el magnesio produciendo hipocalcemia o hipomagnesemia. Además, los glicosidos calcinogénicos producen hipercalcemia debido a su efecto sobre la vitamina D.

6. CONCLUSIONES

En los países tropicales donde el rumiante sigue siendo utilizado como transformador de tejidos vegetales, no utilizables por los monogástricos, en tejidos animales fuente de alimento para el hombre, el estudio de los factores tóxicos y antinutricionales presentes en las plantas es un área que requiere énfasis en los aspectos investigativos y divulgativos.

Este escrito presenta solamente algunos ejemplos de fitotoxinas implicadas en la nutrición y el metabolismo del rumiante. Se desprende de este bosquejo que la información relacionada con los forrajes tropicales es escasa, no conociéndose ni las sustancias tóxicas ni los mecanismos de acción. Si se considera la necesidad de utilizar plantas forrajeras no tradicionales y la posibilidad de fitotoxinas presentes en ellas, se hace necesario investigar en diferentes aspectos de toxicología incluyendo

identificación, aislamiento, descripción del metabolismo y eliminación de sustancias tóxicas. Igualmente es importante investigar sobre el papel del rumen en los procesos de degradación de las fitotoxinas, haciendo énfasis en la manipulación ruminal y en la selección de poblaciones microbianas favorables en los procesos de desintoxicación y degradación de las sustancias tóxicas.

REVISION BIBLIOGRAFICA

1. Avers, C. J. 1986. Molecular Cell Biology. Addison-Wesley Publishing.
2. Buck, W.G.; Osweiler, G.D. and Van Gelder, G.A. 1982. Clinical and Diagnostic Veterinary Toxicology (2nd Ed). Kendall/Hunt Publ. Co.
3. Bullard, R.W.; Garrison, M.V.; Kilburn, S.R. and York, J.O. 1980. Laboratory comparisons of polyphenols and their repellent characteristics in bird-resistant sorghum grains. J. Agric. Food. Chem. 28:1006.
4. Cheeke, P.R. 1985. Natural Toxicants in Feeds and Poisonous Plants. The Avi Publishing Company. Westport, Connecticut.
5. Essig, H. W.; Huntington, G. B.; Emerick, R. J. and Carlson, J.R. 1988. Nutritional problems related to the gastrointestinal tract. En: The Ruminant Animal. Digestive physiology and nutrition. D.C. Church (Ed). Prentice Hall. New Jersey.
6. Fahey, G.C. and Jung, H.G. 1989. Phenolic compounds in forages and fibrous feedstuffs. Toxicants of plant origin. CRC press.
7. Granner, D.K. 1990. Membranes: Structure, Assembly & Function. En: Harper's Biochemistry (22nd Ed) Appleton & Lange, Connecticut, CA.
8. Hodgson, E. and Levi, P.E. 1987. Modern Toxicology. Elsevier Science Publishing, New York.
9. King, R.R. and McQueen, R.E. 1981. Transformation of potato glycoalkaloids by rumen microorganisms. J. Agric. Food Chem. 29, 1101-1103.
10. Lanigan, G.W. 1976. *Peptococcus heliotrinreducans*, sp. nov., a cytochrome producing anaerobe which metabolizes pirrolizidine alkaloids. J. Gen. Microbiol. 94, 1-10.
11. Mackie, R.I. and White, B.A. 1990. Recent advances in rumen microbial ecology and metabolism: Potential impact on nutrient output. J. Dairy Sci. 73, 2971-2995.
12. Milligan, L.P.; Grovum, W.L. and Dovson, A. 1986. Control of Digestion and Metabolism in Ruminants. Prentice Hall, New Jersey.

13. Murray, R.K.; Granner, D.K.; Mayes, P.A. and Rodwell, V.M. 1990. Harper's Biochemistry (22nd Ed.) Appleton & Lange, Connecticut, CA.

14. Shull, L.R. and Cheeke, P.R. 1983. Effects of synthetic and natural toxicants on livestock. J. of Anim. Sci. 57(Suppl. 2), 330-354.

15. White, R.D. and Cheeke, P.R. 1983. Meadowfoam (*Limnanthes alba*) meal as a feedstuff for dairy goats and toxicologic activity of the milk. Can. J. Anim. Sci. 63, 391-398.

115-

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO

SUBGERENCIA DE INVESTIGACION

CENTRO DE INVESTIGACION OBONUCO

REGIONAL 5

PROGRAMA GANADO DE LECHE

QUINUA Y LUPINO

FUENTES FORRAJERAS NO CONVENCIONALES

SAN JUAN DE PASTO

JULIO, 1992

QUINUA Y LUPINO FUENTES FORRAJERAS

✓ José Vicente Silva Perdomo*

LA QUINUA (Chenopodium quinoa Willd)

La quinua ha sido utilizada en la alimentación de las poblaciones andinas desde tiempos prehistóricos. La razón para ello es su valor nutritivo, principalmente correctivo y terapeutico, reconocido a través de una experiencia milenaria.

En la dieta de los pueblos antiguos de Suramérica, la quinua fué el reemplazo prioritario, o a veces exclusivo de las proteínas animales. En efecto, el consumo de carne, leche y huevos no ha sido tradicional en las poblaciones campesinas y, en muchas áreas como Bolivia, Perú y Ecuador, la quinua es aún el principal componente proteico de la dieta.

En Nariño, específicamente en los municipios de Ipiiales, Córdoba y Puerres la quinua que cultivan los minifundistas se reduce a pequeñas áreas, intercalada con cultivos como maíz, haba y frijol, utilizando un surco de quinua, con 4 a 6 del otro cultivo.

El grano de quinua no es un alimento excepcionalmente alto en proteínas, aunque supera en este nutriente a los cereales mas importantes. El verdadero valor de la quinua está en la calidad de su proteína, es decir, en la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales para la alimentación humana, que le otorgan su alto valor biológico.

BOTANICA DE LA PLANTA

De acuerdo a Strasburguer (10) la quinua se clasifica en:

* I.A. M.Sc. Programa Ganado de Leche. ICA-CI Obonuco. Apartado Aéreo 339 Pasto, Colombia.

Reino: Vegetal
Subdivisión: Angiosperma
Clase: Dicotiledonea
Orden: Centrospermales
Familia: Chenopodiaceae
Especie: Chenopodium quinoa Willdenow.

Varios autores (2, 5, 6, 7 y 10), describen la especie:

- Planta herbácea, anual, erguida, de mas de 1.0 metro de altura, coloración variable desde el verde púrpura.
- Raíces fibrosas, ramificadas, muy profundas, alcanzando hasta 25 cm.
- Tallo muy ramificado desde la base, de forma angular, color amari - llo o rojizo-amarillento, de consistencia leñosa.
- Hojas alternas y pecioladas; las hojas inferiores son romboides, sinuosas, dentadas, raramente lobuladas. Las hojas superiores son lanceoladas, irregularmente dentadas o casi enteras; además son pubescentes en el envés cuando jóvenes; miden de 3-5 cm. de largo.
- Inflorescencia: una panoja de racimos compactos piramidales, con hojuelas elípticas, angostas y con borde casi entero; de la axila de cada hoja nace un racimo.
- Flores: Usualmente hermafroditas, raramente unisexuales, son pediceladas, isostémonas; perigonio de 2.8 - 3.0 cm de diámetro, herbáceo, con 5 lóbulos persistentes, involutos carinados y papilosas en el dorso. Tiene 5 estambres opuestos a los lóbulos del perigonio, de 1.8 - 2.5 mm. de longitud; filamentos curvos; ovarios súpero de 0.6 - 0.8 mm de longitud unculado; estilo corto y bifido; anteras dorsificadas, iguales en longitud y anchura.

- Fruto: Aquenio de forma aplanada, de color blanco o blanco-amari-llento, de 2.0 - 2.5 mm. de diámetros. El embrión es anular, de 1.2 - 1.6 mm de ancho, cubierto de una capa de saponina que le im-prime el sabor amargo.
- Semilla: Cilíndrica, base ligeramente esférica; mide de 1.5-2.5 mm. de diámetro y 7.8 décimas de milímetro de alto.

REVISION BIBLIOGRAFICA

Narrea (6) sostiene que el cultivo de la quinua tiene su centro de origen en la Hoya del Titicaca (altiplano Perú-Bolivia), donde se encuentra la mayor variabilidad de esta especie. Esta afirmación con-cuerda con Gandarillas (4), quien señala a Bolivia como el centro de dispersión de la quinua, existiendo el mayor número de variedades co-mo prueba de su origen. Hunzinker, citado por Burgos y Zúñiga (2), señala que la quinua se cultivaba en los Andes Ecuatorianos, especial-mente en las regiones de Perú y Bolivia; luego se extendió desde Chi-le, hasta la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia) y aún hasta Vene-zuela.

Pulgar Vidal (8), menciona a Colombia como epicentro de este cultivo, basándose en pruebas lingüísticas y toponímicas. Así, afirma que la palabra "quinua" es de origen chibcha, además el término "suba", que también se da a este cultivo, hace pensar en su origen colombiano. A propósito, Narrea (6), relaciona los diferentes nombres con que se conoce en los diferentes países andinos, como "quinua" en Perú y Bolivia, en Chile "quinoa; quingua", dahue"; en Argentina "quinoa"; en Ecuador también se la conoce como "juba"; en Brasil como "arroz miu-dó de Perú", y en Colombia como "suba" y como quinua.

Narrea (6), afirma que como fuente de alimento, el cultivo de la quinua

en el Ecuador ha sido básico antes y después de la conquista, solo ahora superado por el maíz. Fray Alonso Zamora, citado por Burgos y Zúñiga (2), anota que en Colombia, en la Sabana de Bogotá, hacia el año 1700 había cultivos de quinua, utilizados con fines medicinales. Según Burgos y Zúñiga (2), en Nariño este cultivo se encuentra en los municipios de Ipiales, Córdoba y Puerres.

Cardozo y otros (3) anotan que existen algunos cultivos en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Huila y Valle.

EL CULTIVO DE LA QUINUA

Clima

1. Rango de adaptación: 500-4.100 m.s.n.m.
Mejor desarrollo y producción: 2.500-3.500 m.s.n.m.
2. Temperatura: Soporta desde 30°C hasta 24°C
Optima: entre 10°C y 14°C.
3. Precipitación: 300-800 mm. distribuidos uniformemente durante su período vegetativo.
4. Vientos: Según Portilla, citado por Burgos y Zúñiga (2), el viento ocasiona graves daños por volcamiento en este cultivo.
5. Suelos: Según Narrea (6), requiere suelos de textura arenosa y migayones areno-arcillosos, con buen drenaje.

corrida, a una profundidad de 2-5 cm y en surcos separados 40-60 cm (2, 6).

Densidad de siembra.

De acuerdo a Narrea (6), la cantidad de semilla varía de acuerdo al sistema de siembra, estado de preparación del suelo y a la calidad de éste.

Si es al voleo; la cantidad puede llegar hasta 25 kg/ha. Si el sistema es localizado, a chuzo, se utilizarán 6-7 kg/ha.

Narrea (6), recomienda el sistema a chorrillo, porque facilita las labores tales como fertilización, desyerbas, cosechas, etc.

LABORES CULTURALES

- Aporque

Narrea (6), recomienda esta labor entre los 35-40 días después de la germinación, con el fin de dar mejor anclaje a la planta, desarrollando un mejor sistema radicular que permita soportar el viento y evitar el volcamiento.

- Desyerbas:

Narrea (6), sostiene que la quinua requiere de terrenos limpios. El número de desyerbas depende del estado de preparación del suelo y de la población de malezas. Recomienda hacer 2 desyerbas; la primera, cuando las plantas tengan entre 25-30 cm. de altura; la segunda unos 20 días después.

- Raleo y deshije.

Narrea (6), sugiere esta práctica al mismo tiempo que la primera desyerba, con el objeto de tener el espacio necesario para el normal desarrollo de la planta, eliminando las mas pequeñas, raquíticas y/o enfermas, procurando que quede de 10-12 plantas por metro lineal.

- Fertilización:

Debe aplicarse el 50% de N y el total del fósforo al momento de la siembra, a chorrillo y al costado de la semilla, teniendo en cuenta que el abono no quede en contacto con la semilla; por peligro de quemar la semilla.

A los 15 días después del primer desyerbe o al momento del aporque, se aplica el otro 50% del nitrógeno, esparciendo el fertilizante a chorrillo en las hileras de las plantas después de una lluvia o riego.

- Plagas- enfermedades (Narrea, 6).

Plagas

Gusanos tierreros
Lepidopteros (Noctuidae)
Aphidos o pulgones
Babosas, pájaros (grano)

Enfermedades

Mildiu (Peronospora effusa)
Mancha foliar (Ascochyta sp.)
Pudrición del tallo y manchas
(Phoma sp.)

- Cosecha

Al completar el ciclo vegetativo. Se reconoce por el amarillamiento del follaje, y los granos casi duros a la presión de la uña y el tallo, da la impresión de un palo seco (6).

Según Narrea (6), la cosecha tiene 4 fases:

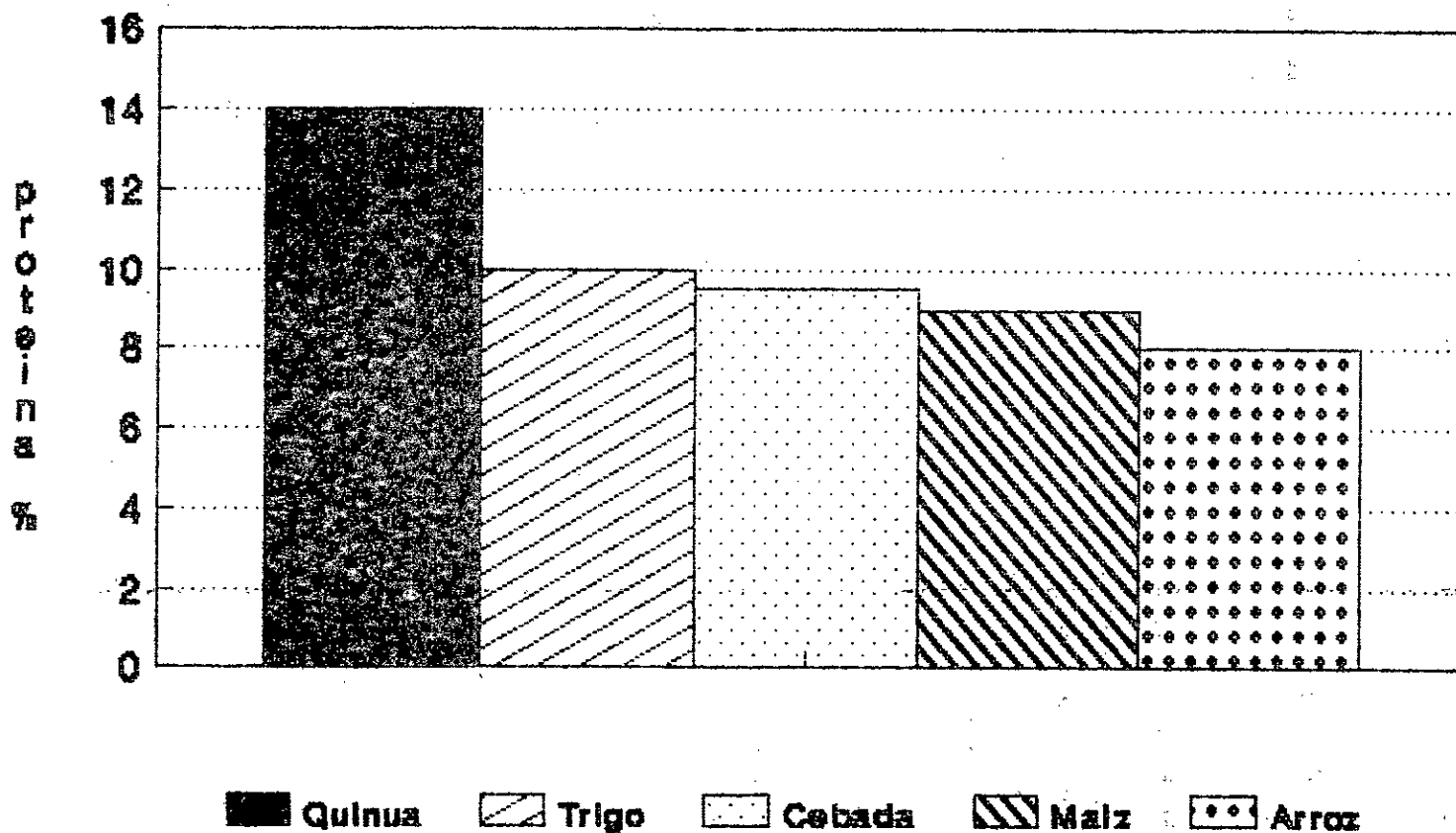
- Corte: con hoces o segadoras. No se recomienda arrancar las plantas ya que traen consigo tierra, que puede desmejorar la calidad.
- Formación de arcos: Práctica para evitar se malogre la cosecha y se dañe el grano por inclemencias climáticas. Se hacen manojos y se colocan arrimados unos contra otros formando un arco. Así se mantienen durante 10-20 días hasta que los granos tengan una humedad conveniente para la siguiente fase.
- Golpe o trilla: en el suelo apisonado, ó con mantas se golpean las panojas con garrotes. En la actualidad esta labor se efectúa con trilladoras estacionarias.
- Aventado o limpieza: en caso de realizarse esta labor, debe efectuarse en horas de la tarde para aprovechar la corriente de aire, de tal forma que los granos queden libres de paja y listos para almacenar. Para esto, se deja caer la semilla desde cierta altura, aprovechando el viento o la corriente de aire.

VALOR NUTRITIVO

La quinua ha sido utilizada desde tiempos prehistóricos en la alimentación de las poblaciones andinas. La razón para ello es su valor nutritivo, principalmente correctivo y terapéutico, reconocido a través de una experiencia milenaria. En la dieta de los pueblos antiguos de América, la quinua fue el reemplazo prioritario, a veces exclusivo, de las proteínas animales. En efecto, el consumo de leche, carne y huevos no ha sido tradicional en las poblaciones campesinas, en muchas áreas la quinua es aún el principal componente proteico de la dieta.

El grano de quinua no es un alimento excepcionalmente alto en proteínas, aunque supera a los cereales más importantes. El verdadero valor de la quinua está en la calidad de su proteína, es decir, en la combinación de aminoácidos esenciales para la alimentación humana, que le otorgan un alto valor biológico (Fig. 1).

Valor comparativo de la quinua con algunos cereales



LA QUINUA COMO ALIMENTO

Se reconoce que la quinua fue utilizada como alimento desde hace 5.000 años y que los pueblos andinos supieron aprovechar sus bondades alimenticias.

En Bolivia, alrededor del lago Titicaca la emplearon en diversas formas. Platos regionales como el "Pesque": se cocina en agua a la que se le agrega sebo (también leche y queso). La "lagua, piri o sanco, es una especie de mazamorra de harina de quinua, a la que generalmente se le añade la cal o "katawi" también se la emplea en la elaboración de pequeños panes o "quispiña".

COMPOSICION DE LA QUINUA

Son numerosos los análisis de granos, sin embargo, los análisis de hojas y tallos son escasos.

Granos.

Generalmente por el método de Wende. De los resultados presentados, la quinua aparece con valores que sin ser extraordinariamente altos en proteínas, son superiores a otros cereales.

La quinua no tiene ni el 50% de la proteína que contienen la mayoría de las leguminosas y es energéticamente inferior al maíz. Por esto, al constituirse como alimento en la dieta de la población, no se lo puede señalar como reemplazo de un cereal o una leguminosa.

Tabla 1. Promedio de valores nutricionales en granos de quinua.

<u>Componente</u>	<u>Valor promedio</u>
Humedad	12.65%
Proteína	13.81%
Grasa	5.01%
Cenizas	3.36%
Hidratos de carbono	59.74%
Celulosa	4.38%
Fibra	4.14%

El 70% del nitrógeno de la semilla de quinua se encuentra en el embrión, mientras que en el trigo se encuentra el 2-4%. Esto puede ayudar a comprender el porqué la proteína de la quinua es diferente a la del trigo.

Cornejo (1976), presenta uno de los pocos trabajos de análisis químico de las hojas (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis químico de hojas tiernas de quinua.

Variedad	V a r i e d a d e s		
	M.S.%	Cenizas % Totales	Proteínas %
Sajama	12.7	27.1	21.9
Real Bolivia	16.4	21.9	17.3
Blanca Real	15.1	24.2	23.7
Blanca amarga	18.2	19.7	22.9
Cheweca	15.1	20.7	20.2
Tupiza	16.3	21.7	20.3

Utilizando el promedio de proteína sobre la base de materia fresca, se ha comparado la quinua con otras especies hortícolas (Tabla 3).

Tabla 3. Contenido de proteína y lípidos de la hoja de quinua fresca con otras hortalizas (Cornejo, 1976).

Espece	% proteina	% lípidos
Quinua	3.3	2.1
Alcachofa	3.0	0.2
Cebolla	1.4	0.2
Berros	1.7	0.5
Espinaca	2.2	0.3

Se anota que la época oportuna para la utilización de las hojas de quinua en la alimentación humana, es poco antes del inicio de la floración, que puede ocurrir entre los 60-80 días de la germinación.

Tallos

El estudio químico de los tallos, comprende generalmente tanto el tallo como las hojas secas, tallos secundarios y pedúnculos y el rastrojo de la trilla (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de la broza de quinua.

<u>Nutrimento</u>	<u>Broza</u>
M.S.	92.37
Proteína	7.53
Grasa	1.59
Fibra	42.90
Cenizas	4.41
G.N.N.	36.57

La celulosa del tallo de la quinua no ha recibido atención suficiente, si se considera que en una hectárea se producen aproximadamente 4.0 ton. métricas de materia seca.

La promoción de su utilización diversificaría el uso de la quinua.

Calidad de la Proteína.

En las plantas, las proteínas están constituidas por la unión y combinación de aminoácidos; pero no todas las plantas contienen los mismos aminoácidos y por ello la diversidad de proteínas.

En general, se reconocen dos grupos de aminoácidos: aquellos que pueden ser sintetizados por el organismo y por lo tanto se consideran o no esenciales, y aquellos que no pueden ser sintetizados y por tanto son esenciales para el organismo consumidor, humano y animal.

Para el hombre y para los animales monogástricos, la proteína es de esencial importancia, sobretodo, en la edad temprana.

Según la tabla 5, la quinua supera a 4 cereales en cinco de los diez aminoácidos esenciales. Es importante anotar que estos resultados se expresan como porcentaje de la proteína total. Si se tiene en cuenta que la quinua tiene mayor porcentaje de proteína, se puede tener mejor comparación cuando se toman los gramos de aminoácidos suministrados por kilogramos suministrados. Se observa, que la quinua ofrece mayor cantidad de aminoácidos esenciales que cualquiera de los cuatro cereales más importantes del mundo.

Ewart (1967), se refiere a la similitud en la composición de aminoácidos de las harinas de trigo, cebada, avena y maíz. Sin embargo, la quinua contiene mas isoleucina, lisina, fenilalamina y tirosina y valina, por unidad de nitrógeno que los cereales (Tabla 6).

Tabla 5. Aminoácidos esenciales en la quinua, comparados con otros cereales (Ewart, 1976).

Aminoácidos	Trigo	Cebada	Avena	Maíz	Quinua
	(b)	(b)	(b)	(b)	(c)
Isoleucina	32	32	24	32	68
Leucina	60	63	68	103	104
Lisina	15	24	35	27	79
Fenilalanina	34	37	35	33	59
Tirosina	16	17	16	14	41
Cistina	26	28	45	31	Trazas
Metionina	20	13	14	16	18
Treonina	27	32	36	39	40
Triptófano	6	11	10	5	76
Valina	37	46	50	49	76

Proteína bruta 14.4%

a) g/10 kg bruto -

b) de Ewart (1967)

c) Quinua, variedad sajama.

La lisina, uno de los aminoácidos más escasos en la alimentación de origen vegetal, se encuentra en la quinua en una proporción que duplica el contenido en los otros cereales. Esta ha sido la base para considerar la suplementación de las harinas de trigo con quinua, a fin de ofrecer un alimento popular con un mejor contenido de este importante aminoácido (Tabla 6).

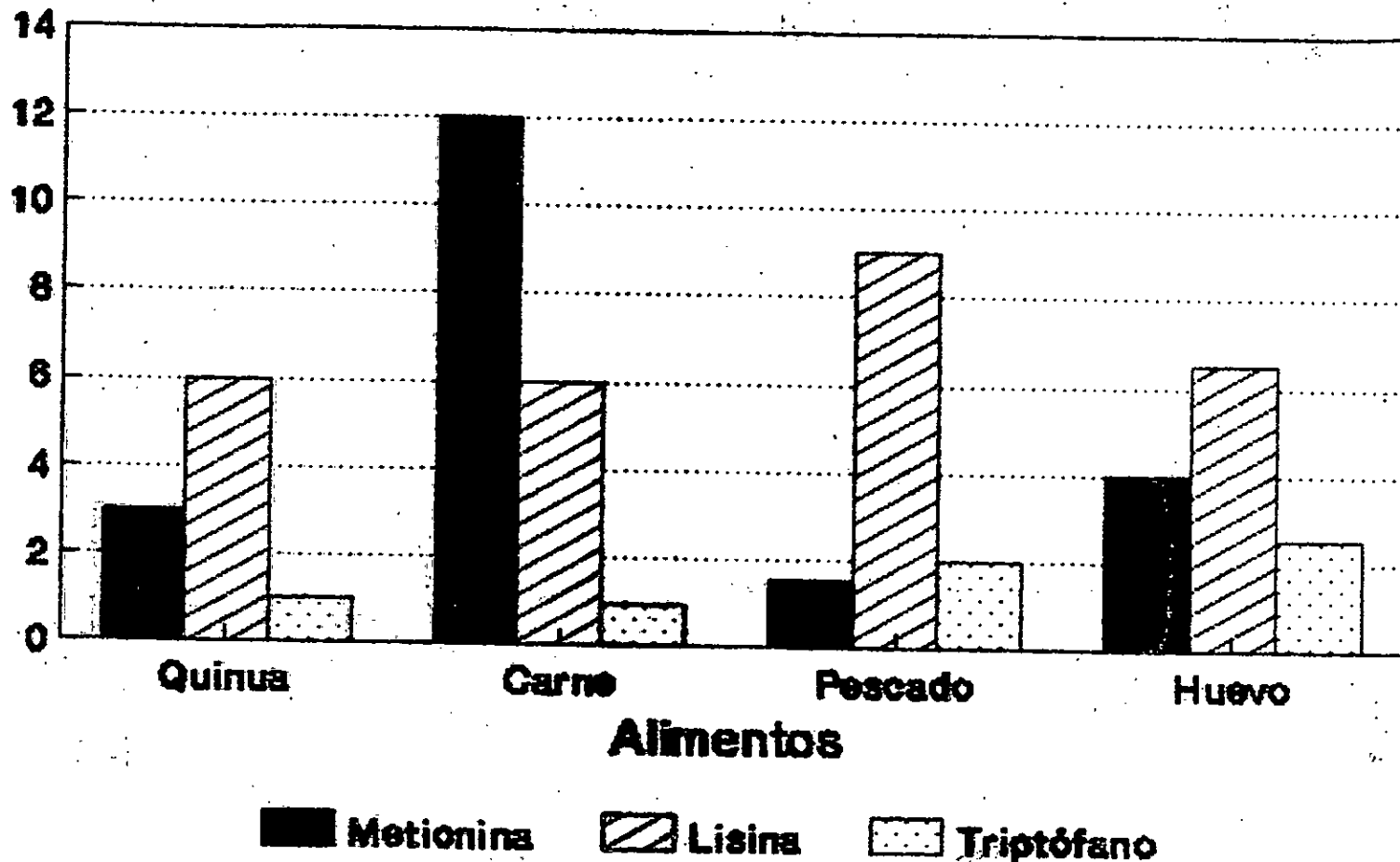
En la Figura 2 se compara la calidad de la proteína de quinua, con la calidad de la proteína animal, incluyendo la proteína del huevo, que teóricamente representa los requisitos de una especie (La gallina); en el estado de crecimiento del embrión, o sea, la maximización de las exigencias por especie y por estado fisiológico. Se puede deducir, que la quinua cubre en un alto porcentaje los requerimientos de ese estado.

Tabla 6. Comparación del contenido de Lisina en la quinua y otros alimentos comunes (Montenegro, 1976).

Clase Alimento	Lisina g/100 g/alimento	Vr. Relativo Quinua = 100	No. veces + quinua
Quinua	1.24	100	-
Soya	0.90	72	1.4
Maíz opaco	0.50	40	2.5
Maíz común	0.25	20	5.0
Trigo	0.06	4.8	20.6
Leche	0.09	7.2	14.0

Contenido de aminoácidos en Quinoa comparado con alimentos de origen animal

16



En la Tabla 7 se presentan los requerimientos de aminoácidos de los humanos y su abastecimiento para diferentes fuentes de proteína animal, comparándolos con los suministrados por la quinua.

Tabla 7. Comparación del abastecimiento de aminoácidos de los humanos y su abastecimiento por diferentes fuentes de proteína animal comparándolos con los suministrados por los granos de quinua.

Aminoácidos	Pescado	Sangre	Carne	Leche	Quinua
Leucina	X	-	-	X	-
Valina	X	-	-	-	-
Isoleucina	-	-	-	X	-
Lisina	X	X	X	X	X
Arginina	X	X	X	X	X
Fenilalanina	X	-	-	-	-
Treonina	-	-	-	-	-
Metionina	-	-	-	-	-
Histidina	X	X	-	X	X
Triptófano	-	-	-	-	-
Cistina	-	-	-	-	X
Tirosina	-	-	-	-	X
Metion + cistina	X	-	-	-	X
Fenilal + tirosina	X	-	-	-	-
Abastece	8	3	2	5	6
No abastece	6	11	12	9	8

La Tabla no contempla la interacción de los aminoácidos y las sustituciones que se producen, pero es válido como una aproximación para comparar, en alguna forma, el valor de las proteínas.

Se puede concluir que ningún alimento es capaz de proveer todos los

nutrimentos al ser humano y que la combinación de alimentos es la base mas importante en la alimentación.

Saponina- Composición química y determinación.

Gonzalez (1917) fue quien determinó la presencia de saponina en el grano de quinua. Posteriormente, el alemán Generamann aisló de esta saponina un principio activo que llamó "quinoína" o ácido quinoico (Machicao, 1965).

El término saponina se considera aplicable a un grupo de glucosidos vegetales y uno de ellos compuesto por los glucosidos triterpenoides de reacción ligeramente ácida y el otro por los mas raros, derivados del perhidro 1,2 ciclo pentanofenantreno, es decir, esteroides (Fieser y Fieser, 1942).

La fórmula química no está bien definida. Kobert (1960) señala que su composición corresponde a la fórmula $C_nH_{2n-8}O_{10}$. Tienen como propiedad, la de formar una abundante espuma en solución acuosa y son solubles en el alcohol absoluto y otros solventes orgánicos.

Las saponinas se encuentran ampliamente distribuidas en el reino vegetal y especies como alfalfa, soya, bayas de espárragos, etc.

De acuerdo a trabajos de machicao (1965), en la quinua habría saponina tanto ácidas, como neutras.

Por la característica espumante las saponinas se emplean en la fabricación de cerveza, en la preparación de compuestos para extinguidores de incendios, en la industria fotográfica, cosmética (shampoos) y en la industria farmacéutica.

El contenido de saponinas varía con los ecotipos: Existe una buena correlación entre granos blancos y pequeños y un bajo contenido de saponina.

En el Perú se tienen quinuas dulces como la Cheweca (puno) y otras de bajo contenido como la Kankolla y blanca junin.

Efectos de la saponina

Los principales efectos de la saponina fueron señalados por Cheeke (1971) quien indicó que se produce una hemólisis de los eritrocitos y se afecta al nivel de colesterol en el hígado y la sangre, por lo que puede producirse un detrimento en el crecimiento, a través de la acción sobre la absorción de nutrientes.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

LABORES CULTURALES

- Preparación del suelo.

Se recomienda después de papa: 2 aradas, 1 rastrillada. Sembrar en suelos cultivados con papa, para aprovechar la desintegración del abono residual (6), mediante dos aradas y una rastrillada.

- Siembra

Se aconseja para zonas frías y altas las siembras tempranas, por el largo período vegetativo.

En el departamento de Nariño, en el municipio de Ipiales, la siembra se efectúa a fines de septiembre o principios de Octubre; a fines de Enero ó a principios de Febrero (2).

- Sistemas de siembra

Según Burgos y Zúñiga (2): Existen 3 sistemas de siembra: localizado, al voleo y a chorrillo.

El sistema localizado (a golpe), se usa cuando se siembra intercalado en pequeñas parcelas o con pendientes mayores de 75%. Se abre con un polo puntiagudo un hueco (chuzo) y en el fondo se deposita la semilla, tapando luego con el pie (2).

El sistema "al voleo" se efectúa regando con la mano la semilla sobre el terreno y tapando con cualquier herramienta agrícola.

En el sistema "a chorrillo", por lo general en terrenos planos, y mediante el empleo de maquinaria agrícola, se siembra una línea recta y

EL CULTIVO DEL LUPINO

El lupino (Lupinus mutabilis), conocido como Tarwi o chocho es una leguminosa originaria de los Andes. Se caracteriza por su alto contenido proteico, hasta del 42% del peso en grano seco. Desde la época del preincaico, el lupino fue la principal fuente de proteínas en la alimentación.

Generalmente se cultiva entre los 2.000 - 4.000 metros de altura, sirviendo como cultivo de rotación, debido a sus propiedades de fijar el nitrógeno del suelo.

En el Perú es deficitario, en la producción de aceites, grasas comestibles y tortas oleaginosas, cubriendo la demanda del país con grandes importaciones de estos productos. Ante esta situación, se tiene que el lupino constituye una fuente de materia prima importante por su contenido de aceite entre el 15-20% de su peso seco. Además, se lo puede utilizar como abono verde y como forraje para el ganado (variedades dulces).

SEMILLAS

Se tiene una serie de ecotipos que pertenecen a la especie Lupinus mutabilis.

Otra especie es el L. albus, centro de origen en Mediterraneo, y se caracteriza por un bajo contenido de alcaloides (Lupino dulce).

SIEMBRA

Con semilla tratada con Dithane M-45 (250-300 g/100 kg de semilla) antes de la siembra.

DENSIDAD: 80-100 kg/ha. para una población de 125.000 plantas/ha.

Para chochos ramificados y tardíos se puede utilizar 40-50 kg/ha, para obtener unas 62.500 plantas/ha.

SISTEMAS DE SIEMBRA

Golpe o "chuzo". Se utilizan 2-3 semillas/sitio con espacios de 30-50 cm.

Voleo-surcos. Se recomienda después de cultivos de cereales, con la finalidad de fijar el N del suelo.

CONTROL MALEZAS

Se recomienda el control manual, pues el lupino es susceptible a herbicidas. posible, la utilización de un pre-emergente.

CONTROL DE PLAGAS.

Gusano tierrero: sevin, furadán, dipterex.

Barrenador del tallo (Agromiza sp.), ataca en los primeros estados de desarrollo. Las larvas barrenan el tallo especialmente, así como las ramas, ocasionando marchitamiento en las plantas tiernas, detienen el crecimiento y ocasionan la muerte de la planta. Control: insecticidas sistémicos.

ENFERMEDADES

Rhizoctonia solani, en plantas en emergencia; las plantas se forman de color marrón y se secan.

Control: Desinfección de la semilla con Dithane M-45.

Antracnosis: Daños en plántulas, tallos, hojas, brotes, vainas, semillas, produciendo manchas necróticas y hundidas de color anaranjado, con tonalidades rojizas.

Control: Fungicidas como Dithane (semilla).

Roya (Uromyces lupini), ataca tallos, hojas, produciendo pústulas de color anaranjado.

Fertilización

Generalmente con fósforo, 60-80-kg/ha.

Cosecha

Período vegetativo: 6-10 meses.

la cosecha debe efectuarse cuando se ha alcanzado un buen grado de madurez, reconocido por un típico castaño de los granos dentro de las vainas.

las plantas se cortan a la altura de la primera ramificación; después de 3-5 días de segado se procede al trillado, bien sea manual o con trilladora.

En caso de madurez desuniforme, se realizan 2-3 cosechas o "pases"

COMERCIALIZACION

Se hace después de la cocción y desamargado del grano.

DESAMARGADO

En general las variedades pertenecen al *Lupinus mutabilis*, que se

139

caracterizan por su alto contenido de alcaloides en el grano (+ 2%) lo que constituye un inconveniente en el cultivo.

La eliminación del alcaloide constituye el proceso del desamargado, que consiste en realizar la cocción del grano por espacio de 30 minutos, para luego ensacar y exponer a la acción del agua, ya sea en ríos, arroyos, pozos. De esta manera los alcaloides son eliminados hasta en un 99% aunque trae como consecuencia la eliminación de otras sustancias como hidratos de carbono (azúcares) y algunas proteínas, hasta una merma de un 40% en peso seco del grano.

Otro método para el desamargado es la utilización del alcohol y agua acidificada, con una pérdida de peso del grano menor. Se realiza solo cuando el grano va a ser utilizado en la industria.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
SUBGERENCIA DE INVESTIGACION
CENTRO DE INVESTIGACION OBONUCO
REGIONAL N^o. 5
PROGRAMA GANADO DE LECHE

UTILIZACION DE ENSILAJES Y HENOS COMO METODOS DE
CONSERVACION FORRAJERA

SAN JUAN DE PASTO
JULIO, 1992

UTILIZACION DE ENSILAJES Y HENOS COMO METODOS DE CONSERVACION FORRAJERA

José J. Franco V. ^{alencia}*

1. INTRODUCCION.

La producción láctea en hatos de diferentes zonas climáticas registra periodos de bajo rendimiento, los cuales coinciden con épocas de verano. Durante estos periodos, el volumen lácteo alcanza el 40 o 60% del obtenido en los meses de invierno, cuando la disponibilidad de forraje es abundante y en muchas explotaciones excesiva.

La conservación de forrajes permite la utilización de los sobrantes de invierno, manteniendo así el nivel de producción láctea durante las épocas de verano en aquellos hatos sin disponibilidad de riego. No obstante, este método se ha asociado con el uso de maquinaria e instalaciones sofisticadas que implican altas inversiones de capital, concepto válido para hatos grandes, en los cuales el volumen forrajero requiere la utilización de maquinaria especializada para acelerar y hacer eficiente el proceso.

* Medico Veterinario Zootecnista. Programa Ganado de Leche. ICA. CI-Obonuco. A.A. 339. Pasto, Colombia.

En hatos pequeños se pueden realizar procesos sencillos de tipo manual, de bajo costo y similar eficiencia.

* Médico Veterinario Especialista en Nutrición y Alimentación Animal
Leche, ICA, CI-Dobonub, A.A. 389, Pasto, Colombia.
Programa de Maestría en Nutrición y Alimentación Animal

2. ENSILAJE.

Es un método de conservación de productos agrícolas basado en un proceso de fermentación, mediante el cual se registran una serie de cambios bioquímicos en el material verde que permiten mantener estable la composición del producto durante largos periodos de tiempo. No obstante, es indispensable un control regulado de estos cambios para evitar transformaciones bruscas en la composición.

El proceso es conocido en Italia desde 1786, en Francia desde 1840 y en Estados Unidos de Norteamérica desde 1873, siendo muy empleado en los países productores de leche y carne por facilitar la cosecha durante la época ideal de cultivo, en regiones donde el clima imposibilita la preparación del heno.

2.1. Cultivos Aptos para Ensilar.

Aunque se puede ensilar cualquier tipo de gramínea, es preferible utilizar aquellas plantas con altos rendimientos forrajeros por unidad de superficie y un alto contenido de carbohidratos. Las leguminosas presentan mayores problemas que las gramíneas para el ensilaje, siendo más conveniente

realizar el proceso en mezcla con gramíneas. Entre los forrajes de clima frío recomendables para ensilar se destacan: maiz, avena forrajera y raigrás anual; en clima medio: maiz y pasto imperial; en clima calido maiz, sorgo forrajero, pasto elefante y caña forrajera.

Como se puede apreciar, el maiz se constituye en el forraje más importante para ensilaje, por cultivarse en todos los climas, poseer altos rendimientos por unidad de superficie y excelentes características para el proceso. Para obtener los mejores resultados, es necesario incluir la planta completa, aunque en muchas ocasiones, parte de las mazorcas son cosechadas y destinadas al consumo humano, obteniéndose respuestas satisfactorias.

No existen diferencias significativas entre el tipo de maiz para ensilar; sin embargo, es necesario seleccionar las variedades de mayores rendimientos en materia seca por unidad de superficie. Por otra parte, es importante la obtención de densidades que sobrepasen las 50.000 plantas por hectárea.

Para vacas lactantes, el ensilaje de maiz es ligeramente bajo en proteína cruda, deficiente en calcio y generalmente bajo en azufre. Se ha tratado de corregir la deficiencia de proteína e incrementar el rendimiento forrajero asociándolo con leguminosas, principalmente soya, girasol y diferentes

variedades de frijol. Los resultados mas sobresalientes fueron obtenidos en el Centro Regional de Investigaciones "Obonuco", localizado en Pasto, al sembrar la variedad de maiz ICA v-507 en dos densidades (90*90 y 75*30), obteniéndose una producción forrajera alta, la cual se incrementó en 9% al sembrar esta misma variedad asociada con frijol mortiño (Tabla 1).

Por otra parte, se pretende obtener alternativas económicas en la producción forrajera destinada a ensilaje con la utilización de diferentes sistemas de labranza (Tabla 2), reduciendo los efectos de erosiones hídricas y eólicas y tratando de renovar y/o establecer praderas con la introducción de esta nueva tecnología.

2.2. Valor Nutritivo del Forraje Ensilado.

Los factores que afectan el valor nutritivo de los forrajes ensilados se pueden agrupar en: Cambios bioquímicos registrados en el interior de la masa forrajera, naturaleza y estado vegetativo del producto ensilado, contenido de humedad de la cosecha, compactación de forraje y pérdidas durante el proceso y almacenamiento.

2.2.1. Cambios bioquímicos durante el proceso.

Es bien sabido que cualquier planta que se desarrolle en condiciones normales, tiene la capacidad de sintetizar productos complejos a partir de compuestos sencillos

TABLA 1. Producción de forraje verde por hectárea de maíz (ICA - V 507) y maíz asociado con frijol Mortiño. Obonuco. 1986

Tratamiento		Forraje verde total Kg/ha	Forraje verde maíz Kg/ha	Forraje verde frijol Kg/ha
Maíz	90 x 90	42.180	42.180	-
Maíz x frijol	90 x 90	51.587	35.048	16.539
Maíz	75 x 30	63.441	63.441	-
Maíz x frijol	75 x 30	69.492	46.217	23.275

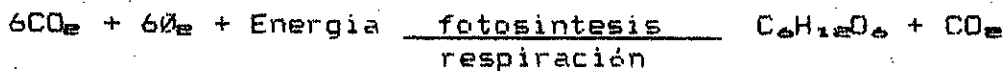
FUENTE: DIAZ, T.E. Día de campo "Conservación de forrajes". 1986

TABLA 2. Producción de maíz ICA H - 556 bajo dos sistemas de labranza. Tibaitatá, 1983 - 1984

SISTEMA	1983		1984	
	Forraje Ton/Ha	Mazorca Bultos/Ha	Forraje Ton/Ha	Mazorca Bultos/Ha
Convencional	23	219	33	242
No labranza	42	294	43	296

FUENTE: CAMACHO, H., GUERRERO, L. 1985

mediante el mecanismo de la fotosíntesis. Igualmente en todo material vegetal tiene lugar la respiración mas intensamente en ausencia de luz, reduciéndose aquellas sustancias complejas formadas en la fotosíntesis a elementos mas simples y liberando energía como causa de esa degradación.



Cuando la planta ha sido cortada, cesa la fotosíntesis, pero la respiración continua dentro de las células vivas y si existe oxígeno en forma libre se presenta una condición aerobia en la cual los azúcares y almidones principalmente y en menor grado las grasas y proteínas son degradados a sustancias mas simples. Es así como carbohidratos sencillos como la glucosa pueden ser transformados totalmente en agua y bióxido de carbono, liberándose gran cantidad de energía expresada en calor, lo que ocasiona temperaturas por encima de los 60°C.

Cuando los carbohidratos experimentan efectos de respiración anaeróbica (ausencia de oxígeno) dan origen a ácidos orgánicos como el acético, propionico, butírico, que son volátiles y el ácido láctico que no es volátil. Al morir las células del materia vegetal ensilado, las proteínas, carbohidratos y grasas pueden salir y servir de alimento a microorganismos como las bacterias y los hongos que se

encuentran presentes en el ambiente como en el mismo forraje constituyente del silo.

2.2.2. Formación de ácido láctico.

Las bacterias conocidas como lacto-bacillus son las encargadas de producir el ácido láctico a partir de la glucosa aunque muchos otros azúcares pueden ser degradados formándose otros ácidos además del láctico. Estas especies de bacterias se desarrollan a temperaturas entre 20 y 45°C y lo hacen muy bien en medios de bajas concentraciones de oxígeno o en su ausencia. La característica más importante de los lactobacilos desde el punto de vista de conservación de forrajes es que soportan una acidez mucho mayor que otros microorganismos, por lo tanto al proliferar abundantemente sobre los azúcares fermentables, producen tal cantidad de ácido hasta crear un PH inferior a 4.2 en el cual las bacterias indeseables son incapaces de desarrollarse.

2.2.3. Formación de ácido butírico.

Las bacterias formadoras de este ácido se desarrollan bien a temperaturas entre 30 y 40°C pero difieren de los lactobacillus en que no soportan un PH más ácido de 4.2. Poseen las características de que las enzimas proteolíticas de estas bacterias descomponen las proteínas, produciéndose amoníaco y compuestos amoniacales que además de darle un mal olor al producto ensilado son de dudoso valor nutritivo para el animal, e inclusive algunos pueden ser nocivos.

Dos factores son determinados en la actividad de las bacterias del ácido butírico; primero la inadecuada acidez producida por el lento desarrollo de los lacto-bacillus y la deficiencia de carbohidratos fácilmente fermentables en la cosecha ensilada, como es el caso de muchas leguminosas y gramíneas jóvenes ricas en proteínas y pobres en carbohidratos solubles.

2.2.4. Formación de alcohol.

Cuando los azúcares son atacados por las enzimas de las levaduras se produce alcohol. La cantidad de este producto llega a más de 1% porque se combina rápidamente con los ácidos orgánicos, conformando ésteres de olor agradable.

2.2.5. Vitaminas.

Los carotenos pigmentos propios de las plantas verde, son de gran importancia porque posteriormente en el organismo animal son convertidos a vitamina A. El caroteno se oxida fácilmente, de tal forma que si en el silo se produce una oxidación excesiva, pueden ser grandes las pérdidas de este constituyente. La vitamina C es otro compuesto de los cultivos verdes pero se descompone y aún en el ensilaje más perfecto las pérdidas son totales.

2.2.6. Materia Mineral.

Parte de los minerales que conforman la plantas verdes pueden perderse por lavado al comprimir el producto vegetal

en el silo, pero otra parte se conserva o se combina con otros compuestos que continúan siendo de valor en la nutrición animal.

2.2.7. Rapidez de los cambios.

Los cambios bioquímicos en el ensilaje ocurren rápidamente, pero su desarrollo normal y formación de ácidos deseables para su posterior conservación, dependen de tres factores primordiales; el porcentaje de humedad, grado de madurez de la cosecha y compactación del forraje en el silo. En condiciones óptimas los cambios pueden observarse a las 24 horas del llenado, alcanzando su máximo a los siete días.

2.2.8. Naturaleza y estado vegetativo del cultivo.

La especie, estado vegetativo y estado físico del cultivo afectarán significativamente el valor nutritivo del producto obtenido, debiendo destinar para este fin solo aquellos cultivos que presenten buena calidad nutricional y alto contenido de carbohidratos. Respecto a la época de corte, las gramíneas deben cosecharse en estado de prefloración, exceptuando el sorgo forrajero, cuya siega debe realizarse cuando el grano se encuentra en estado lechoso o cuando el 90% del cultivo esté florecido, evitando así los altos contenidos de ácido cianhídrico en estados vegetativos jóvenes, el cual es tóxico para animales. Por otra parte su valor nutritivo es inferior al de maíz.

La avena gramínea de una o dos cosechas anuales puede ensilarse cuando el grano se encuentra en estado lechoso, lo cual se obtiene aproximadamente a los 110 días después de la siembra. No obstante, su valor nutritivo es inferior al de maíz y sorgo forrajero.

El maíz, gramínea de uno o dos cortes anuales, debe ensilarse cuando el grano de la mazorca adquiera una consistencia pastosa o serosa, inmediatamente después del estado lechoso y cuando las hojas bajas comiencen a secarse. Este estado se alcanza en diferente época, dependiendo de la altura, temperatura y lluvias propias de cada región, oscilando entre 90 y 180 días para climas cálidos y fríos respectivamente.

Las gramíneas tipo raigras destinadas a ensilaje no deben cortarse antes de los 45 días, ya que en estados tempranos de rebrote, la proporción de energía : proteína no es adecuada, presentándose fermentación butírica por el exceso de proteína y alto contenido de humedad.

2.2.9. Contenido de humedad de forraje.

Influye directamente en el tipo de fermentación, considerándose óptima para la mayoría de cultivos entre 68 y 75%. Contenidos de humedad superiores producen un material mal conservado, con alto PH, elevado contenido de ácido butírico y elevadas pérdidas por efluentes, mientras que

contenidos inferiores originan problemas en el picado y en la compactación, determinando además malos procesos y calentamiento del material. Los silos horizontales permiten ensilar forrajes con un contenido de humedad superior al de los silos aéreos sin afectar la calidad del producto.

La determinación de la humedad puede realizarse mediante un procedimiento de campo sencillo y práctico: tomar un puñado de forraje picado, comprimiéndolo fuertemente durante un minuto, soltándolo luego rápidamente. Si el bolo permanece comprimido y es notable la presencia abundante de jugos, la humedad oscilará entre 75 a 85%; si el bolo mantiene la forma y la mano queda ligeramente húmeda, oscilará entre 70 a 75% si el bolo se expande lentamente sin dejar muestra de humedad en la mano, el contenido de ésta oscilará entre 60 a 70%.

2.2.10 Compactación del forraje y llenado del silo.

El forraje debe ser picado antes de depositarse en el silo, ya que este estado físico favorece la actividad bacteriana. El corte debe realizarse con cuchillas bien afiladas, en trozos con una longitud máxima de 0.7 a 1.0 cm, permitiendo una longitud máxima de 1.3 a 1.6 cm. Trozos demasiado largos dificultan la expulsión del aire, originan una compactación defectuosa e incrementan las pérdidas durante el proceso; trozos muy finos determinan mayores

requerimientos de fuerza y afectan negativamente el contenido de grasa de la leche.

La compactación es muy importante, especialmente en silos horizontales, ya que expulsa rápidamente el aire atrapado entre las partículas de forraje picado, acelerando la terminación de la respiración aerobia y evitando fermentaciones indeseables, degradación excesiva de carbohidratos y desnaturalización de proteínas por efecto de temperaturas elevadas, al mismo tiempo disminuye la tasa de movimiento del aire a través de la masa y reduce la entrada de aire nuevo que originaría la presencia de mohos y la descomposición del producto.

Se debe hacer énfasis en la compactación contra las paredes del silo para disminuir la filtración. La compactación en silos horizontales debe realizarse con tractor, pisonos o un gran número de obreros, mientras que en silos aéreos es básica la distribución uniforme del material, siendo suficiente la compactación realizada al distribuir el forraje.

Para el llenado, el material debe distribuirse en capas uniformes a medida que se descarga, sin acumular grandes cantidades para apisonar ya que dificultaría la compactación. La distribución debe realizarse del centro hacia los extremos en silos horizontales para obtener una

forma de arco. El llenado de silos aéreos es más costoso que el de silos horizontales por la utilización de elevadores especiales accionados por el tractor. La velocidad de llenado influye directamente en la calidad del ensilaje y en las pérdidas del proceso; con un rápido llenado, el tiempo de exposición del forraje al aire es menor. Por otra parte, no es recomendable dejar forraje picado en los remolques para depositarlos en el silo al día siguiente, por las pérdidas que origina la respiración aerobia en el remolque y la introducción de aire nuevo a la masa ensilada al vertir el forraje calentado al silo.

Cuando se termina el proceso de llenado se debe proceder inmediatamente al sellado del silo para proteger la masa ensilada del aire y agua, que disminuyen la calidad del producto, afectan la conservación e incrementan las pérdidas (Tabla 3) utilizando tela plástica, costales cubiertos con tierra, tamo, capas de otro forraje o tierra.

2.2.11 Pérdidas durante el proceso.

Pueden ser agrupadas en dos categorías: en el campo y en el silo. Estas últimas son originadas por respiración y fermentación, efluentes, putrefacción y las registradas durante el proceso de alimentación. Las pérdidas de campo son pequeñas cuando se utiliza maquinaria adecuada y cuando el material se ensila rápidamente, oscilando entre 5 a 10%

TABLA 3. Efecto de la velocidad de llenado sobre la pérdida de nutrientes, composición química y producción láctea.

	VELOCIDAD DE LLENADO	
	Rápida 2	Lenta
Materia seca ensilada recobrada como % de nutrientes ensilados		
- Como buen ensilaje	83,0	77,0
- Como efluentes	8,3	8,7
- Pérdidas por fermentación	8,7	14,3
Composición (%de la materia seca)		
- Acido láctico	9,2	6,0
- Acido acético	2,4	3,6
- Acido butírico	1,1	2,2
- pH	4,9	5,1
Producción láctea (lbs/vaca/día)	28,7	27,6

1/ Ensilaje de avena, raigrás y trébol rojo, realizado en silo de torre. (8 x 24 pies).

2/ El llenado rápido se hizo en un día, comparado con 5 días para el lento.

FUENTE: MILLER, W.J 1979

TABLA 4. Efecto del tapado y sellado de silos Bunker 1/ sobre las pérdidas obtenidas.

	MAIZ		AVENA	
	Cubierto <u>2/</u>	no cubierto	Cubierto <u>2/</u>	no cubierto
Forraje ensilado				
- Fesco (lbs)	45.655	47.990	27.450	26.190
- Materia seca (lbs)	11.551	42.141	10.452	10.314
Ensilaje sconservado				
- Materia seca (lbs)	8.568	7.056	7.336	4.911
Pérdida de materia seca (%)	25.8	41.9	29.9	52.4

1/ Dimensiones del silo: 16 pies de largo, 10 pies de ancho y 5 pies de alto.

2/ Se utilizó polietileno 6 para cubrir el material.

FUENTE: MILLER, W.J. 1(&

del forraje verde o entre 1 a 2% de la materia seca. El oreo o marchitamiento incrementa las pérdidas de campo.

A las pérdidas por respiración y fermentación se les denomina pérdidas invisibles por la dificultad de cuantificarlas y dependen de las condiciones del silo. Aún bajo condiciones óptimas, se presenta pérdida de energía, indispensable para obtener una adecuada conservación; adicionalmente, el calor liberado durante el proceso representa cierta pérdida de energía digestible. Aunque pueden alcanzar valores de 10 a 15%, pueden ser disminuidas significativamente con un llenado rápido, una adecuada longitud de picado, buena compactación y un rápido y eficiente sellado de silo.

Las pérdidas por efluentes dependen de la humedad excesiva del forraje, aunque son modificadas por otros factores como la altura del silo. En silos horizontales o verticales bajos, las pérdidas por efluentes cesan cuando la materia seca sobrepasa el nivel del 30%, mientras que en silos verticales altos es necesario sobrepasar el nivel del 35% en materia seca para eliminar los efluentes. Estas pérdidas pueden oscilar entre 0-12% dependiendo de las condiciones mencionadas. No obstante, el sellamiento excesivo, para impedir el escape de efluentes, proporciona un ensilaje poco palatable, lo cual debe evitarse.

La putrefacción externa o superficial en las paredes superiores y/o laterales del silo, pueden variar entre 0 y 30%, siendo altas cuando el aire no es excluido en forma satisfactoria. Las pérdidas totales dependerán del tipo de silo: 10 a 20% en los silos de torre, 20 a 30% en los de trinchera y bunker y 30 a 35% en los de montón.

Adicionalmente, las pérdidas durante el proceso de alimentación pueden ser de dos tipos: cantidades variables desperdiciadas por rebosamiento de comederos y largo tiempo de exposición del ensilaje en los comederos o en la superficie destapada del silo ocasionadas por tasas lentas de remoción originando fermentación y putrefacción. Con buenas condiciones y buenos procedimientos la pérdida total de energía utilizable puede alcanzar un 6 a 12%, respecto a la contenida en el forraje original.

El caroteno se oxida fácilmente y su pérdida puede ser considerable durante el proceso de ensilaje. Si los animales son alimentados exclusivamente con ensilaje durante periodos prolongados, es recomendable la aplicación de vitamina A para compensar el déficit de caroteno. La vitamina C se descompone fácilmente y aún en ensilajes óptimos, las pérdidas son totales.

Algunos minerales pueden perderse por lavado al comprimir o compactar el material en el silo; no obstante, otros se conservan o se combinan con diferentes compuestos.

2.2.12 Aditivos y preservativos.

Muchas veces debido a la composición o estado de los productos que se han de ensilar, es necesario emplear algunos aditivos que pueden contribuir a mejorar las condiciones de los forrajes objeto de conservación. Estos compuestos van dirigidos sobre todo a aumentar la cantidad de carbohidratos fácilmente fermentables, o a corregir la humedad de la cosecha además de incrementar la energía y mejorar la gustosidad del alimento. La melaza de caña, los granos de cereales, el maíz molido con tusa, el suero de leche, son utilizados usualmente como aditivo en la elaboración de ensilajes.

Cuando la humedad de la cosecha es mayor del 75%, se acostumbra adicionar de 5-7 kg de melaza diluida en agua y 100 kg de grano por tonelada de forraje verde ensilado. Mientras que cuando la humedad es menor del 68%, se pueden utilizar 15 kg de melaza igualmente diluida en agua por tonelada de forraje verde. Cuando el contenido de carbohidratos solubles es bajo, como en el caso de las leguminosas y gramíneas jóvenes, se pueden emplear 5-10kg de melaza mas 50-100kg de grano por tonelada de material ensilado.

Los preservativos tienen la función de bajar rápidamente el PH hasta un valor de 3.8-4.0 restringiendo la fermentación. Se ha utilizado: ácido fosfórico, ácido clorhídrico, ácido fórmico, (utilizado principalmente en forrajes con alto contenido de proteína, en dosis de 40 a 45 litros de solución a 12% por tonelada de forraje) mezclas de ácidos minerales, formaldehído, ácido propiónico, dióxido sulfúrico. Sin embargo, el empleo de estos preservativos es muy restringido por el costo, dificultades en el manejo y efectos sobre el equipo utilizado. El proceso más utilizado es el A.I.V., basado en una mezcla de 70 partes de ácido clorhídrico y 30 partes de ácido sulfúrico, la cual adiciona el ensilaje en cantidad de 55-75 litros de dilución al 9%, por tonelada de forraje.

Para evitar los altos costos originados por la utilización de preservativos y los problemas de manejo, es conveniente enfatizar sobre el momento apropiado de cosecha para obtener humedad cercana al 73%, cortar uniformemente (8 a 15 mm), agilizar el llenado del silo, obtener buena compactación y sellar el silo.

Cuando se ensila maíz completo, no se requiere la utilización de aditivos ni de preservativos, por su alta proporción de carbohidratos fermentables, baja capacidad buffer y alto número de bacterias productoras de ácido láctico; sin embargo, el bajo contenido de proteína del

cereal originó la necesidad de adicionar úrea durante el llenado del silo, lo cual es ampliamente recomendable por constituir una vía para administrar la úrea mas uniformemente y por el elevado contenido de carbohidratos del maiz que garantizan una buena utilización de ésta y una buena conservación. Se recomienda la adición de 5-6kg úrea por tonelada de forraje. No obstante, esta adición no es aconsejable para contenidos de materia seca muy altos o muy bajos. Si la materia seca es inferior al 30% se puede perder por efluentes y si sobrepasa el 40%, la urea puede disminuir la palatabilidad del producto disminuyendo así el consumo y la producción animal.

2.2.13 Características del ensilaje.

Existen diferentes características que determinan la buena o mala calidad de un ensilaje (Tabla 4), existiendo valores para cada una de ellas, que varían de acuerdo a los forrajes pero constituyen una referencia importante para la evaluación del material ensilado.

2.3 Tipos de Silos.

Las diferentes clases de silos o construcciones para realizar el proceso de ensilaje, puede agruparse en tres grupos: horizontales, verticales o aéreos y de bolsa.

TABLA 5. Características determinantes de la calidad de un ensilaje.

	Ensilaje de buena Calidad	Ensilaje de mala Calidad
pH	4.0	5.5
Acido láctico <u>1/</u>	8.5	1.1
Acido acético <u>1/</u>	1.5	3.0
Acido butírico <u>1/</u>	0.5	3.5
Nitrógeno amoiacal <u>1/</u>	1.0	4.0
Color	Verde	Negro
	Amarillento	Pútrido
Olor	Agradable	Pútrido
Apariencia	Ausencia de hongos	Presencia de hongos
Humedad	68%	Mayor de 77% o
H		Menor que 68%
Sabor	Agradable	Rechazado por el animal

1/ Porcentaje de materia seca

FUENTE: ARGUELLES, G. 1982

MENDEZ, L. 1980

2.3.1 Silo de trinchera.

Se construyen dentro de la tierra en la ladera de una colina, requisito indispensable para obtener un buen drenaje. Sus paredes deben ser ligeramente inclinadas (30 a 40 cms por cada metro de profundidad) y pueden revestirse con piedra, ladrillo o concreto. La ausencia del revestimiento incrementa las pérdidas por putrefacción. Es recomendable que el piso sea revestido, presente desnivel hacia la boca del silo y su revestimiento sobresalga del borde de la boca para evitar la formación de lodo durante el cargue y descargue; por otra parte, es conveniente abrir zanjas alrededor del silo para evitar que el agua de lluvia penetre en la construcción.

2.3.2 Silos Bunker.

Son construidos sobre el suelo, conformados por dos muros laterales paralelos, con las paredes ligeramente inclinadas y totalmente abiertas en los extremos. Las paredes pueden ser de piedra, ladrillo, bloques de cemento, concreto o madera. El silo bunker podrá ser temporal o permanente: para el temporal se utilizan las compuertas o formaletas de madera con dimensiones de 1.5 mt de altura por 2.0 mt de longitud y un mínimo de 2.0 cm de espesor, siendo importantes los pies de amigo o armazones triangulares de madera fijadas al suelo para proporcionar apoyo a las paredes. El piso debe ser revestido, con desnivel desde el centro hacia los extremos.

2.3.4 Silo de montón.

Son los más económicos por la ausencia de construcciones, basándose en el amontonamiento del material sobre una superficie apisonada o de concreto, compactando cada capa hasta obtener una circular o trapezoidal y recubriendo con tamo, tierra o polietileno.

2.3.4 Silos verticales o aéreos.

Son los más costosos por su construcción y equipo necesario para el llenado, puede utilizarse ladrillo, concreto, láminas metálicas o madera, siendo indispensable el techo para proteger el producto de las lluvias, no obstante, la calidad del producto ensilado es superior a la obtenida con otros tipos de silos, por la buena compactación, y menores pérdidas superficiales y periféricas.

2.3.5 Silos de bolsa.

Pueden ser mecánicos y manuales; en los primeros es indispensable la utilización de máquinas sofisticadas como el silopress, que almacena a presión el producto picado en bolsas de polietileno de capacidad variable, permitiendo una extracción total del aire y un sellado hermético. No obstante, el costo de estas máquinas es elevado y sólo se justifica su adquisición cuando el volumen de forraje a ensilar es elevado. En los manuales, se pueden utilizar bolsas o rollos de polietileno de un grosor aceptable exagerando los cuidados para obtener un sellamiento

adecuado, extrayendo el aire de un tubo o manguera perforada conectado el tubo a una aspiradora corriente. Las pérdidas totales en este tipo de silo son mínimas y la calidad del producto es elevada; por otra parte, se adiciona la ventaja de su ubicación, ya que pueden realizarse en el sitio elegido.

2.4. Capacidad y Volumen de los Silos.

Las dimensiones de las construcciones dependerán del número de animales a alimentar con el producto y el tiempo necesario de alimentación. De esta manera, la longitud del silo será función del tiempo, mientras que la anchura dependerá de la cantidad de ensilaje a utilizar diariamente.

En silos horizontales, generalmente se trabaja, con longitudes de 25 a 30 metros y con anchura mínima equivalente al doble de la rodada del tractor que apisona. Para estos silos, el volumen se determina por la fórmula siguiente:

$$V = \frac{\text{ancho superior} + \text{ancho inferior}}{2} * \text{altura} * \text{long.}$$

En silos verticales generalmente se utilizan diámetros de 5 a 6 metros y alturas que no deben ser inferiores a dos veces ni superiores a cuatro veces la longitud de su diámetro (1.21). Su volumen se determina por la fórmula:

$$V = \frac{\text{Diámetro} * \text{Diametro}}{4} * 3.14 * \text{altura.}$$

Para determinar la capacidad de los silos se emplea la formula:

$$C = \frac{\text{Volumen} * \text{Densidad producto}}{1000} \quad (1.5).$$

La densidad (peso del ensilaje de un metro cúbico) varía con el tipo de silo, siendo inferior en los horizontales, promediando 510 kg/mt cúbico; en éstos (ancho superior, 4.2 metros, ancho inferior, 3.0 metros y altura 2.4 metros), y 665 Kgs/metro cúbico en silos verticales (10 metros de altura). La variación de estos promedios estará influenciada por la clase de forraje, la altura del silo y el grado de compactación.

2.5. Pérdidas por el Ensilaje.

Las pérdidas se deben principalmente a: a) Putrefacción externa o superficial (0-30%); b) pérdidas por líquidos exprimidos, por la presión (0-12%); c) pérdidas por respiración celular y fermentación bacterial (10-15%). En general, las pérdidas totales se calculan en 20-30% en silos de Trinchera y Bunker y 30-45% en silos de montón.

2.6. Consumo de Ensilaje.

El ICA a través de los programas de ganado de leche y pastos y forrajes ha estimado el consumo de ensilaje en animales de la RAZA HOLSTEIN así:

Consumo en kilos/día de ensilaje (Raza Holstein)

Clase de animal	Consumo día/kg.
Vacas producción	30
Vacas secas	30
Novillas	20
Toretas	20
Ternezas de 5 meses	9

En clima frío, el rendimiento por hectárea de los forrajes adecuados para ensilaje, es de 40 toneladas de maíz-choclo; 40 toneladas de avena y 40 toneladas de brasilero.

Si un ganadero quisiera suministrar ensilaje a su hato de 35 vacas en ordeño, 5 vacas secas y 20 novillas por un periodo de 4 meses (120 días), podría hacer los siguientes cálculos:

VACAS:	40*30 kilos * 120 días=144 toneladas	(1.200 kg/día)
NOVILLAS:	20*20 kg * 120 días= 48 toneladas	(400 kg/día)
TOTAL	192	(1.600 kg/día)

Si se aumenta un 20% por pérdida del ensilaje:

$$192 * 20 = 38.4$$

$$\text{Total ensilaje} = 192 + 38.4 = 230.4 \text{ toneladas.}$$

Si el maíz produce 40 toneladas de forraje vende/hectárea se necesitarían 5.8 has. de maíz y un silo TRINCHERA o BUNKER de: 37.5 metros largo; rampa 7.5 metros, 4.2 metros ancho superior; 3.0 metros ancho inferior, 2.4 metros setura.

3. HENIFICACION

3.1. Definiciones.

Henificación es el método más antiguo utilizado por el hombre para conservar los forrajes y los excedentes de los mismos, utilizándolos posteriormente durante periodos de escasez, cuyo objetivo básico es la reducción del contenido de humedad del forraje a un nivel suficientemente bajo: menos del 25% (considerando como óptimo un rango de 18 a 20% de humedad), que inhiba la actividad celular y la de microorganismos existentes, manteniendo las reservas nutritivas de la planta al momento de la siega, el color y el sabor y evitando la combustión del material durante el almacenamiento.

3.2. Metodos para henificar.

3.2.1. Secado en el campo.

La desecación del forraje se puede hacer totalmente con el sol, mientras está en hileras ventiladas, o bien, con el sol y secadoras de vagones o de establos, después de su almacenamiento. Por lo común el almacenamiento se hace en forma de Pacas; pero cierta cantidad se almacena como heno cortado, heno largo u obleas. A menudo, el almacenamiento con humedad por encima del 20% dá como resultado daños causados por el calor y, a veces, la combustión espontánea que es la causa de muchos incendios en los establos. Así

mismo, el heno se hace mohoso, cuando tiene humedad excesiva.

Básicamente, el procedimiento consiste en cortar el forraje con una cosechadora que lo deje extendido en el campo sin picado. Después de 2 a 4 horas de exposición al sol, se acondicionará y volteará con un rastrillo hilerador, repitiendo la operación cada tres horas hasta obtener el nivel de humedad óptimo para almacenamiento, lo cual se consigue en un día de exposición bajo las condiciones del trópico cálido y un mínimo de 2 días para las condiciones de zonas frías.

Existen dos pruebas de campo que permiten determinar la condición óptima para el almacenamiento (humedad inferior al 25%) la ausencia de terrones cuando se acondiciona sal fina al forraje y se agita en una botella y la determinación del momento en que el material se vuelve fácilmente quebradizo.

3.2.2. Secado artificial del heno.

Otro de los métodos de elaboración de heno es mediante el secado artificial, que básicamente consiste en hacer pasar a través del forraje una corriente de aire a una temperatura igual o mayor a la del ambiente, hasta obtener el contenido de humedad adecuado. Sin embargo, aunque este sistema permite elaborar heno durante cualquier época del año, dado

que sólo se requiere cosechar el forraje sin picarlo, dejarlo extendido en el campo por tres horas y posteriormente llevarlo al henil desecador en donde por espacio de 12 a 48 horas con una temperatura de 88°C se logra un porcentaje de humedad de 20 a 25%. Es considerado muy costoso por los aparatos e instalaciones necesarios, además de los riesgos que se corren por los posibles daños que se causan al valor nutritivo del heno por efecto de temperaturas excesivas e incontroladas.

El secador puede ser de baja o alta temperatura. En los primeros el aire se calienta hasta un máximo de 15°C por encima de la del ambiente (incluye la utilización de colectores solares y secadoras de aire natural). En el segundo tipo, la temperatura esta relacionada con el tiempo de exposición del forraje, de esta manera, el secador puede ser de lote o de lecho fluido.

En el secador de lote la estacionalidad del producto, la profundidad de la capa y el tiempo de secado determinan la utilización de aire con una temperatura máxima comprendida entre 85 a 90°C; mientras que en los de lecho fluido, la permanencia del producto en el secador por unos pocos segundos, permite la utilización hasta de 500°C.

3.3. Características y Valor Nutritivo Del Heno.

La obtención de un buen heno requiere la utilización de plantas en un estado tierno, con abundantes hojas y tallos que garanticen un buen contenido de nutrientes y una buena aceptación por parte del animal. Durante el secado de los forrajes ocurren diversos cambios químicos que originan la pérdida de nutrientes, las cuales pueden ser reducidas sensiblemente con un secamiento rápido y un buen manejo del material.¹

Uno de los principales factores que afectan el valor nutritivo de los henos es la acción de las enzimas vegetales, cuyo efecto se manifiesta principalmente en la fracción de carbohidratos solubles. En efecto, durante el secado, mediante la respiración aerobia (que finaliza a un contenido de humedad del 38-40%) las células continúan transformando azúcares y carbohidratos a dióxido de carbono y agua concentrándose los constituyentes de la pared celular, especialmente celulosa y lignina, motivo por el cual el contenido de fibra en el heno es superior al del forraje original. Por otra parte, la actividad de la proteasa se incrementa, aumentando los componentes nitrogenados solubles (péptidos, amidas y aminoácidos), aumentando por lo tanto los contenidos de prolina, glutamina y asparagina. Es importante por lo tanto, procurar que el tiempo de secado sea mínimo, para mantener una buena calidad al reducir la actividad celular. La oxidación afecta

también al Beta-caroteno, cuyas pérdidas pueden alcanzar el 80% para secados en el campo y 18% para secados artificiales.

Las alteraciones mecánicas constituyen el segundo factor de importancia que afecta el valor nutritivo de los heno, ya que las hojas (cuyo contenido de nutrientes es superior al de los tallos), se secan más rápidamente que los tallos, tornándose quebradizas y desmenuzándose o desprendiéndose con las labores del acondicionamiento, volteo y enfasado, afectando la calidad del producto. Estas pérdidas son disminuidas con la utilización de exprimidores o con secamiento parcial en el campo (hasta 30 - 40% de humedad) continuando luego el secado artificial.

La acción de microorganismos (bacterias y hongos) se origina también por la lentitud del secado y por mal tiempo durante la henificación, adquiriendo un color carmelito o negro y mal olor, disminuyendo el consumo y valor nutritivo por degradación de nutrientes y disminución de la digestibilidad.

Las pérdidas por lavado a consecuencia de la lluvia afectan el cultivo cuando está parcialmente desecado (humedad superior al 40%), originando pérdidas de carbohidratos solubles, azúcares y compuestos nitrogenados, incrementándose la acción enzimática, concentrando los

componentes de la pared celular y favoreciendo el crecimiento de mohos. Las mayores pérdidas de nutrientes se originan cuando la lluvia cae sobre el cultivo seco listo para enfardar.

El estado de madurez es también un factor importante en el valor nutritivo del heno resultante. Cuando el pasto se corta demasiado maduro, aunque el rendimiento por unidad de área es mayor el contenido de material fibroso es también mayor, disminuyendo además el contenido de proteínas, la digestibilidad, el contenido de energía y el consumo por los animales. En cultivo de leguminosas la edad afecta directamente la proporción de tallos y hojas y acelera la pérdida de estas durante el proceso de henificación.

En resumen, las características físicas determinadas de la calidad de un heno son: Color (El cual debe permanecer verde) Olor (No debe presentar olores extraños o pútridos, proporción de hojas y tallos y presencia de material extraño.

3.4. Desecantes y Preservativos.

Se han utilizado con éxito los ácidos orgánicos, tales como el ácido acético, ácido propiónico, ácido fórmico a niveles del 1 al 3 % del forraje humedo, mezclas de ellos (principalmente en relación 80 a 20 y 70 a 30), a niveles similares y el ISO-BUTIRATO DE AMONIO; además de otros

compuestos tales como el TRI-N-BUTIL-FOSFATO, ÉTOXILATO DE ESTERFOSFATO (IA), los cuales actúan como inhibidores de la respiración celular por plasmólisis o muerte celular, acelerando el proceso de secado.

El costo de estos preservativos y la técnica necesaria para su aplicación estimularon la utilización de la sal común como preservativo, ya que su constitución para acelerar el secado es muy reducida, a niveles del 2% o 3% del forraje húmedo (40% de humedad máxima) la sal se disuelve con la transpiración impidiendo el desarrollo de mohos facilitando así la obtención de un heno verde y apetecible.

3.5. Almacenamiento.

Después de obtener la humedad deseada para almacenamiento (18-20%) el heno puede ser almacenado de acuerdo a la disponibilidad de maquinaria e infraestructura del ganadero. En ausencia de enfardadora, podrá almacenarse al aire libre en montones comprimidos sobre el suelo o sobre tripodes, escogiendo lugares secos y preferencialmente bajo árboles, disminuyendo así las pérdidas originadas por la lluvia y los rayos solares, o bajo techo, colgándolo en cercas o tripodes o depositándolo en un cobertizo rústico sin paredes laterales, sobre tamo de cebada para protegerla de la humedad y microorganismos del suelo.

La disponibilidad de maquinaria permite utilizar el sistema de fardos entre 15 a 22 kg de peso, o el de rollos entre 850 - 1500 libras, cuyo uso se ha incrementado últimamente. Estos sistemas mejoran la eficiencia de recolección, transporte y almacenamiento y disminuyen las pérdidas de forraje durante el proceso de alimentación. Aunque la utilización de fardos pequeños es amplia y muy comercial, su almacenamiento requiere la protección del medio ambiente (techo o cubierta de polietileno) debiendo permitirse la ventilación durante el almacenamiento, mientras que la utilización de rollos sin protección alguna origina ligeras pérdidas de nutrientes cerca de la superficie las cuales pueden llegar a un 8% o 12% aunque existe actualmente la técnica para proteger los fardos con impermeable.

3.6. Pérdidas Durante la Henificación y el Almacenamiento.

Las pérdidas de materia seca durante el secado se originan por la acción mecánica que separa plantas pequeñas de las grandes, siendo imposible su recuperación posterior; por la mayor facilidad de secado de las hojas respecto a las vainas y a los tallos, asociada con su secamiento excesivo (humedad inferior al 15%) que incrementa las pérdidas de aquellas por la presencia o ausencia de lluvias durante el secado. Estas pérdidas oscilan entre 5 o 6.5% a 19% en gramíneas y hasta 38% en leguminosas, dependiendo de los factores antes mencionados.

Respecto a la pérdida de nutrientes, la deshidratación de forrajes origina una reducción de nitrógeno soluble, la cual se incrementa con el secado artificial, disminuyendo por lo tanto el contenido de proteína cruda; adicionalmente se presenta reducción de los carbohidratos solubles, incrementándose la proporción de los componentes indigestibles de la pared celular, disminuyendo la digestibilidad del heno respecto al forraje original. Estas variaciones pueden observarse en la tabla 6, al utilizar diferentes sistemas de secado con pasto raigas tetrelite, aunque la reducción en proteína cruda no fue significativamente diferente. La conversión del heno en galleta o cubos origina una disminución en el contenido de proteína respecto al secado en el campo, aunque la concentración de fibra cruda y FDA es inferior.

El almacenamiento realizado con humedad adecuada y bajo cubierta tienen un efecto negativo sobre las propiedades químicas del heno, disminuyendo el contenido de proteína y la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMSV) e incrementando el contenido de constituyentes de la pared celular. Las tablas 7 y 8 contienen las variaciones de propiedades químicas del heno de raigras tetralite a través del tiempo y el efecto de diferentes sistemas de almacenamiento, las cuales hacen resaltar los problemas que pueden presentar henos muy viejos.

TABLA 1. Efecto del sistema desecado sobre las propiedades químicas del heno de raigrás tetrelite antes del almacenamiento. Tibaitatá, 1980

SISTEMA DE SECADO	PROTEINA %	DIGESTIBILIDAD %	FIBRA EN DETER- GENTE ACIDO %
Energía solar	26.38 a	90.24 b	24.30 c
Energía solar	25.93 a	91.68 a	23.30 a
Secado artificial	25.76 a	91.03 ab	24.15 bc
Forraje verde	26.54 a	91.71 a	23.57 ab

Promedios condiferente letra dentro de columnas son diferentes (P 0.05)

FUENTE: ARGUELLES, G. Sistemas de preparación y almacenamiento de heno de raigrás tetrelite (*Lolium Hybridum*, Hausskn) en la Sabana de Bogotá. Tesis M.S! Bogotá 1980

TABLA 2. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre las propiedades químicas del heno de raigras tetrelite. Tibaitatá, 1980.

DIAS	M. S. %	PROTEINA %	DIVMSV %	FDA %
15	87.2 a	25.3 a	89.9 a	24.3 a
45	85.3 b	24.2 b	89.2 b	25.1 b
90	84.3 c	24.0 c	88.6 c	26.7 c
120	83.9 d	23.9 d	85.1 d	30.1 d

Promedios con diferente letra dentro de columna son significativamente diferentes. (P 0.05).

FUENTE: ARGUELLES, G. 1980 Sistemas de preparación y almacenamiento de heno de raigras tetrelite en la Sabana de Bogotá, ICA.

TABAA:3. Efecto del sistema de almacenamiento sobre el contenido de proteína y digestibilidad in vitro de la materia seca del heno de raigras tetrelite al cabo de 120 días de elaborado. Tibaitatá, 1980.

SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	PROTEINA	DIGESTIBILIDAD
Extendido sobre tamo	24.42	88.67
Fardos convencionales	24.08	88.31
Heno fresco	26.02	90.98

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

3.7. Consideraciones Finales.

La elaboración y utilización de heno en las explotaciones lecheras permite el mantenimiento de una disponibilidad regular de forraje a través del año, disminuyendo la escasez de éste durante las épocas críticas (Verano y/o invierno), contrarrestando sus efectos negativos en la producción y los incrementos drásticos en los costos por compra de alimentos concentrados o de otros forrajes necesarios para mantener los niveles productivos durante las mencionadas épocas.

La henificación no involucra la siembra de un cultivo especial con ese único objetivo, ya que el proceso constituye la forma más sencilla y práctica de conservar los excedentes de pastos durante las épocas favorables, los cuales perderán calidad nutricional (Disminución en el contenido de proteína y digestibilidad de la materia seca e incremento en el contenido de fibra, si no son pastoreados en el momento óptimo del periodo vegetativo, situación que se presenta en la mayoría de las explotaciones ante la abundancia de pastos.

Los forrajes verdes de alta calidad nutricional especialmente los pastos de clima frío, además de poseer un alto contenido de proteína al momento óptimo del pastoreo, poseen un alto contenido de humedad y un bajo contenido de fibra que originan el incremento de la tasa de pasaje a través del tracto GASTRO INTESTINAL, desencadenando la

presentación de heces líquidas y disminuyendo su asimilación en el mismo. La concentración de materia seca en el heno reduce la tasa de forraje, mejora la asimilación y evita los problemas que involucran las heces líquidas.

El suministro de forrajes desecados a animales jóvenes constituye una ayuda excelente para el desarrollo del Reticulo - Rumen, contribuyendo además a la prevención de diarreas alimenticias.

El heno puede emplearse como alimento total o como suplemento de la dieta en animales en pastoreo o confinados. Su utilización como alimento total incrementa el consumo de materia seca por el animal, el cual constituye uno de los principales factores de la producción. Este incremento expresado como un mayor consumo de materia seca proveniente del heno respecto a la materia seca consumida como forraje verde, se ha comprobado en todas las etapas productivas del ganado lechero (27-36% durante la fase de cría y en ensayos con novillas en levante, y entre 10 y 14.6% en ensayos con vacas productivas), sobrepasando los niveles del 3.2% de materia seca respecto al peso vivo.

Finalmente, la alimentación completa con heno hace necesaria la adición de niveles adecuadas de vitaminas A y D, para compensar las pérdidas de caroteno por oxidación durante la henificación y por exposición del producto al aire, luz y

calor excesivo durante el almacenamiento y el bajo contenido de vitamina D en los forrajes desecados artificialmente por la ausencia de irradiación solar del ergosterol.

REVISION BIBLIOGRAFICA

1. ARGUELLES, G. 1980. CONSERVACION DE FORRAJES. EN: PASTOS Y FORRAJES PARA COLOMBIA, SUPLEMENTO GANADERO. VI No. 4, P 53-61
2. ARGUELLES, G. 1980. SISTEMAS DE PREPARACION Y ALMACENAMIENTO DE HENO DE SAIGRASS TETHELITE (LOLIUM HYBRIDUM HAUSSKN) EN LA SABANA DE BOGOTA. BOGOTA; UN ICA P149. (Tesis M.S.).
3. AGRICULTURA DE LAS AMERICAS. 1979. FARDOS DE HENO... CON IMPERMEABLES. AGRICULTURA DE LAS AMERICAS. JUNIO-79 P:9.
4. BATH, D.L.; DICKICON, F.N.; TUCKER, H.A.; APPLEMAN, R.D. 1985 GANADO LECHERO. PRINCIPIOS, PRACTICAS PROBLEMAS Y BENEFICIOS 2a. EDICION. MEXICO. P 189-194.
5. CAMACHO, M. 1983. SISTEMAS Y EQUIPOS PARA EL SUMINISTRO DE FORRAJE A BOVINOS EN CONFINAMIENTO. EN: MAQUINARIA AGRICOLA, RIEGO Y ENSILAJE. SUPLEMENTO GANADERO. V 3, No. 2, P 34-40.
6. CAMACHO, H.; GUERRERO, L. 1985. LA SIEMBRA SIN LABRANZA UNA ALTERNATIVA ECONOMICA EN LA PRODUCCION DE FORRAJE. BOGOTA, ICA 8P. (MIMEOGRAFIADO).
7. CAMACHO, H. 1986. DIA DE CAMPO SOBRE MAQUINARIA AGRICOLA BOGOTA, ICA.
8. CHECA, J. 1972. SILOS PARA PASTOS. BOGOTA, TEMAS DE ORIENTACION AGROPECUARIA, CICOLAC. 47P. (BOLETIN AGROPECUARIO No. 13)
9. DIAZ, T. 1986. DIA DE CAMPO SOBRE ENSILAJE DE MAIZ, OBONUCCO ICA.
10. GACETILLA AGRICOLA DE HOLANDA. 1975. GRANDES EXPORTACIONES HOLANDEASAS DE PLANTAS DESHIDRATADAS DE FORRAJES VERDES. No. 3 P 4.
11. GARCIA, H.R. 1984. PRINCIPIOS BASICOS DEL SECADO ARTIFICIAL DE FORRAJES. REVISTA, ICA. V 19, No. 2, P 277-288.
12. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA. SILOS Y ENSILAJE BOGOTA; ICA 33P. (BOLETIN TECNICO NO. 8).
13. MENDEZ, L.E. 1980. MANUAL DE PASTOS Y FORRAJES. BOGOTA. ASOCIACION HOLSTEIN. P 1-16.

14. MENDEZ, L.E. 1970. CONSERVACION DE FORRAJES. EN: INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. CURSO DE PASTOS Y FORRAJES, BOGOTA. P 150-178.
15. MILLER, W.J. 1979. ANIMAL FEEDING AND NUTRITION. NEW YORK, ACADEMIC PRESS. P 233-253.
16. REAVES, P.M.; HENDERSON, H.O. 1969. LA VACA LECHERA. ALIMENTACION Y CRIANZA. 5a. MEXICO; FUENTES IMPRESORES. P66.
17. RUBIO, R. 1978. ANOTACIONES SOBRE ENSILAJE PALMIRA ICA. 8P.
18. SANCHEZ, L. 1982. INFPLEMENTACION PARA NOVILLAS CON HENOS TROPICALES. EN: PRODUCCION Y TECNOLOGIA LECHERA PARA COLOMBIA. SUPLEMENTO GANADERO. V 3, No. 2, P 16-23.
19. SANCHEZ, L. 1986. HENIFICACION Y UTILIZACION DE PRODUCTOS DESECADOS EN GANADO LECHERO. P 28, BOGOTA, ICA.
20. SANCHEZ, L. 1986. PRODUCCION DE GANADO LECHERO EN ZONAS FRIAS. PASTO, ICA. P 33.
21. SANCHEZ, L.; ZAPATA, O. 1986. SISTEMAS DE ALIMENTACION DE GANADO LECHERO. PALMIRA, ICA. 16P.

**INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
SUBGERENCIA DE INVESTIGACION
CENTRO DE INVESTIGACION OBONUCO
REGIONAL N^o. 5
PROGRAMA GANADO DE LECHE**

**SUBPRODUCTOS AGRICOLAS Y SU UTILIZACION
EN SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUCCION**

**BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA**

**SAN JUAN DE PASTO
JULIO, 1992**

**SUBPRODUCTOS AGRICOLAS Y SU UTILIZACION
EN SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUCCION**

✓ Jorge Medrano Leal X

INTRODUCCION.

Las características de los países tropicales con sus ventajas y limitaciones específicas, hacen difícil y costosa la extrapolación de tecnología de países de zona templada; por ésta razón, es necesario desarrollar "Líneas de pensamiento" que permitan crear una "Identidad tecnológica" propia, la cual debe estar basada en el máximo y racional aprovechamiento de los recursos disponibles, con énfasis en los aspectos de sostenibilidad, factor que será más eficiente en la medida que exista integración marcada entre los sectores agrícolas y pecuarios, es decir "SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUCCION".

Como se observa en la Figura 1, la producción animal depende e interactúa con la producción primaria o agrícola. En primer lugar, existe una producción vegetal específicamente usada para la alimentación animal, tal es el caso de las pasturas naturalizadas o cultivadas y los cultivos

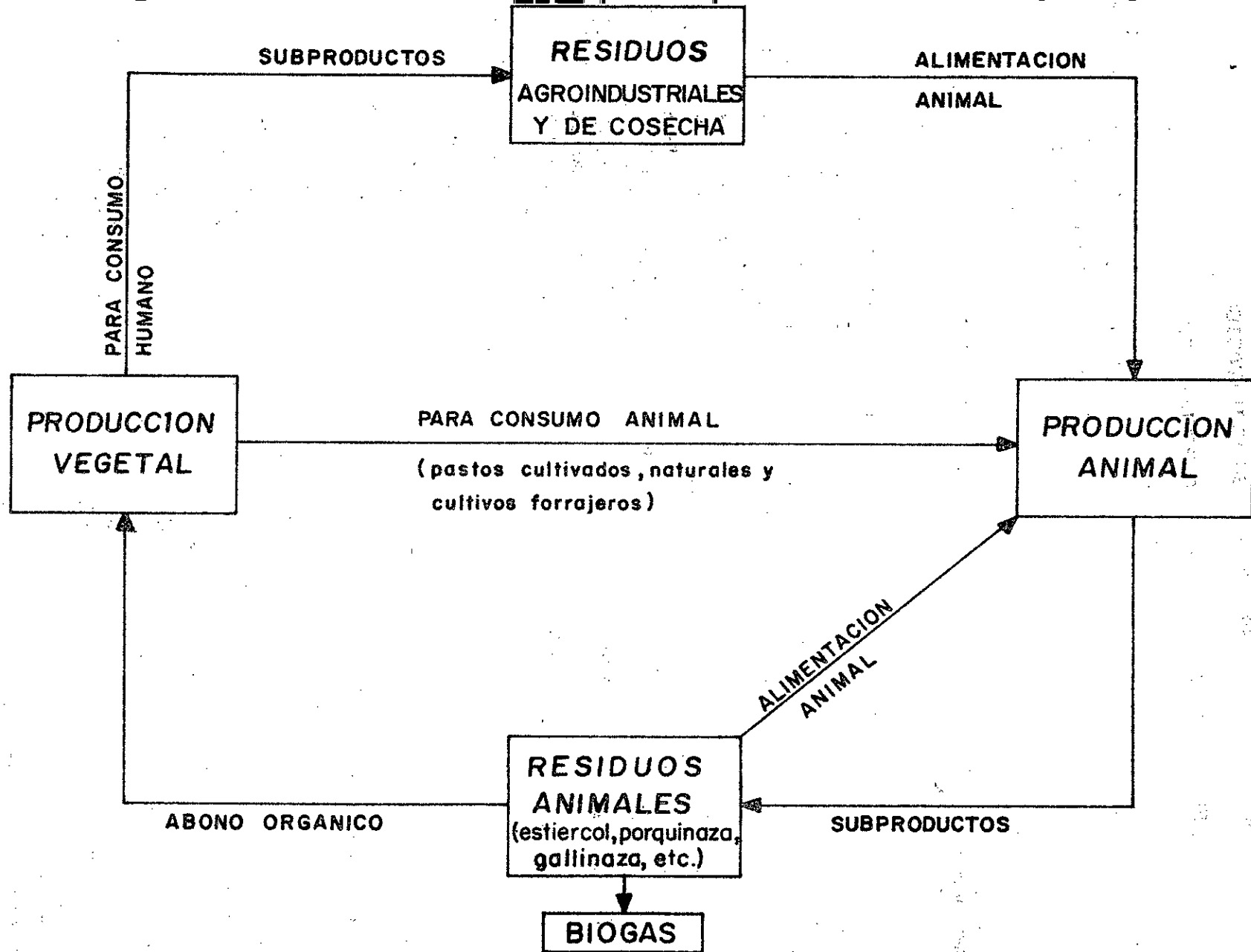


Figura No. 1 SISTEMA INTEGRADO DE PRODUCCION

forrajeros (caña de azúcar, alfalfa, quinua, leucaena, etc.). Por otro lado, la producción agrícola propiamente dicha, con la cual se busca obtener un producto para el consumo humano (alimentación e industria), genera en sus diferentes etapas una serie de residuos potencialmente utilizables en la alimentación animal. Adicionalmente, la explotación animal deja residuos tal es el caso de las excretas, las cuales pueden ser usadas como abono orgánico, alimento animal o como fuente de energía en forma de biogas.

Resumiendo, en la Figura 1 se aprecia la simbiosis que existe entre la producción agrícola y la producción animal, presentandose maximización en el uso de los recursos disponibles y disminución en la dependencia de factores externos con la consiguiente estabilidad del sistema.

2. GENERALIDADES

En la Tabla 1 se relacionan algunos cultivos, la cantidad de subproductos generados y la relación entre subproducto y producto. Se observa que entre el 60 y 80% del esfuerzo que hace el hombre (insumos, mano de obra, maquinaria, etc.) para obtener un determinado producto está representado por uno o varios subproductos.

TABLA 1. DISPONIBILIDAD POTENCIAL DE RAF EN COLOMBIA

CULTIVO	PRODUCCION TON (Miles)	SUBPRODUCTO TON (Miles)	COEFICIENTES Relación Producto=Subproducto
ALGODON			
- SEMILLA	66		
- PAJA		193	PAJA= ALGODON= 3= 1
- CASCARILLA		17	CASCARILLA=TORTA= 0.54 = 1.0
ARROZ			
- ARROZ EN CASCARA	1954		
- PAJA		488	1091 Kg. BASE FRESCA/ Ha.
- PULIDURA		254	13% DEL ARROZ EN CASCARA
CACAO			
- GRANO	42		
- CASCARA		84	CASCARA=GRANO=2:1 BASE SECA
CEBADA			
- GRANO	60		
- PAJA		60	PAJA=GRANO 1:1
CAÑA			
- CAÑA	26750		
- COGOLLO		8917	25% DEL PESO DE LA CAÑA INTEGRAL
- BAGAZO		9362	35% DE LA CAÑA CORTADA
- MELAZA		1070	4% DE LA CAÑA CORTADA
FRIJOL			
- GRANO	97		
- PAJA		110	906 KG/Ha
MAIZ			
- GRANO	895		
- PAJA		1718	FORRAJE: GRANO = 1.92:1.0 BASE SECA
- TUZA		224	TUZA: GRANO 1:4.0 BASE SECA
SOYA			
- GRANO	94		
- PAJA		85	PAJA = SEMILLA 1.0:1.1
SORGO			
- GRANO	665		
- FORRAJE		1330	PAJA=GRANO 2:1

Toda esta biomasa generada por el área agrícola, es susceptible de ser usada en la alimentación animal, especialmente por los rumiantes, los cuales en el transcurso de su evolución han adaptado su sistema digestivo para consumir alimentos fibrosos de baja calidad transformandolos en sustancias nutritivas de origen bacterial con mayor valor biológico.

Y, al momento de ser utilizados en la alimentación animal, se debe tener en cuenta que estos se llevan a cabo en períodos cortos de tiempo, la gran mayoría de las veces en períodos cortos de tiempo.

3. IMPORTANCIA

Tres puntos específicos justifican la utilización de los subproductos agrícolas como alimento animal:

3.1. Eliminación de residuos contaminantes.

El uso adecuado de los subproductos agrícolas en la alimentación animal liberaría y disminuiría el costo de limpieza y adecuación de áreas de cultivo, además, de que en muchos casos se daría uso a un elemento potencialmente contaminante de tierras y rios.

3.2. Eliminación efecto estacional.

Los factores y variaciones climáticas afectan la calidad y disponibilidad continua de especies forrajeras. Grandes pérdidas, aún no cuantificadas en la ganadería nacional, son consecuencia del efecto estacional, es decir la oscilación de la disponibilidad forrajera. Teniendo ésto en

consideración, los subproductos agrícolas entrarían a jugar un papel importante como fuente de materia seca para las épocas críticas, permitiendo disminuir el efecto adverso de las mismas.

3.3. Interacción Agricultura-Ganadería.

Se debe propender por el uso intensivo de los recursos propios, disminuyendo la dependencia externa, adversa en la mayoría de las oportunidades debido a su costo. Es necesario entrar a considerar al animal como un factor primordial en el reciclaje de los sobrantes de cosecha con un importante impacto económico, y a los cultivos como una forma de diversificar la ganadería y al mismo tiempo como fuente de alimento para animales.

4. LIMITANTES

Antes de considerar el uso de los subproductos en la alimentación animal es importante tener en cuenta tres limitantes específicos:

4.1. Disponibilidad estacional.

Debido a que la disponibilidad de los subproductos agrícolas sólo es efectiva al momento de la cosecha del producto, y que esta se lleva a cabo en períodos cortos de tiempo, la gran mayoría de las veces un alto porcentaje del subproducto

es desaprovechado; por esta razón, es necesario buscar métodos de manejo, conservación y almacenamiento que permitan tener disponibilidad continua del subproducto durante el año.

4.2. Costo aprovechamiento.

La distancia entre el sitio de obtención del subproducto y el sitio de utilización en la alimentación animal, limitan y reducen la importancia económica del residuo. Un factor importante para tener en cuenta antes de su uso, es la baja densidad masica (50 a 200 kg/m³) lo cual conlleva problemas de transporte (físicos y económicos).

4.3. Valor nutritivo bajo.

En la Tabla 2 se describen las características nutricionales básicas de algunos subproductos; la gran mayoría muestran bajo contenido de proteína, fluctuando entre 4 y 8%, baja digestibilidad de la materia seca con un rango entre 30 y 50% y altos contenidos de pared celular (50 a 80%).

5. FORMA DE UTILIZACION TRADICIONAL

5.1. Pastoreo.

Los residuos de cosecha generalmente se encuentran disponibles durante las épocas de baja disponibilidad forrajera. Por esta razón se ha pensado que el pastoreo de

TABLA 2. CARACTERISTICAS NUTRICIONALES BASICAS DE ALGUNOS SUBPRODUCTOS

RESIDUO	AGUA %	DIVMS %	PC %	CPC %	DENSIDAD KG/M ³	ED MJ/KJ MS
ALGODON						
- PAJA	30.60	26.9	1.5 - 2.5	70 - 80	50 - 100	6.5 - 8.3
- CASCARILLA	15 - 25	-	4 - 5	85 - 90	150 - 200	5.5 - 8.4
ARROZ						
- PAJA	30 - 60	41.4	3 - 4	60.65	50 - 100	6.8 - 7.9
CACAO						
- CASCARA	5 - 15	-	6 - 8	50 - 55	200 - 250	6.5 - 8.3
CEBADA						
- PAJA	-	37.9	9.9			
CANA						
- COGOLLO	50 - 80	70.0	6 - 8	65 - 75	100 - 150	8.9 - 10.1
- BAGAZO	46 - 52	36.7	0.5 - 2.4	85 - 90	120 - 170	4.6 - 5.5
FRIJOL						
- PAJA	60.70	46.0	4.6	65 - 70	50 - 100	7.4 - 9.2
MAIZ						
- PAJA	20.45	35.4	5.7	70 - 80	50 - 100	7.0 - 8.3
- TUZA	15.25	29.0	2.5 - 3.5	80 - 90	150 - 200	7.4 - 8.9
SOYA						
- PAJA	60.70	45.5	4.6	65 - 70	50 - 100	7.4 - 8.3
SORGO						
- RASTROJO	20 - 45	44.7	4.7	65 - 70	50 - 100	8.3 - 10.1
YUCA						
- HOJA	60 - 80		20 - 25	40 - 50	150 - 200	12.9 - 13.8

esos residuos ejercería efecto fundamental sobre el comportamiento animal en las épocas críticas. En la Figura 2 se observa el comportamiento en cambio de peso de grupos de animales pastoreando en rastrojo de maíz y en soca de sorgo y se aprecian las limitaciones que presenta el pastoreo (Smith y Brunter, 1979). Se observa un marcado efecto inicial con los animales mostrando ganancias de peso; sin embargo, a medida que transcurre el tiempo de pastoreo el peso de los animales se estabiliza, llegando al final a presentarse pérdidas de peso, con un balance total durante todo el período de pastoreo de mínimos incrementos de peso.

Este efecto es ocasionado porque al comienzo del pastoreo el animal tiene oportunidad de seleccionar partes tiernas y rebrotes de alto valor nutritivo existentes en el rastrojo o soca; sin embargo, una vez consumida esta fracción, los animales no logran consumir las cantidades adecuadas de nutrientes que les permitan cubrir sus necesidades para mantenimiento y para producción.

5.2. Incorporados a la ración.

El imbalance y reducido contenido de nutrientes de estos subproductos hace que cuando se incorporan en altas proporciones a la ración se presente disminución en la digestibilidad total de la materia seca, depresión en el consumo voluntario y reducción en el rendimiento animal (Figura 3.).

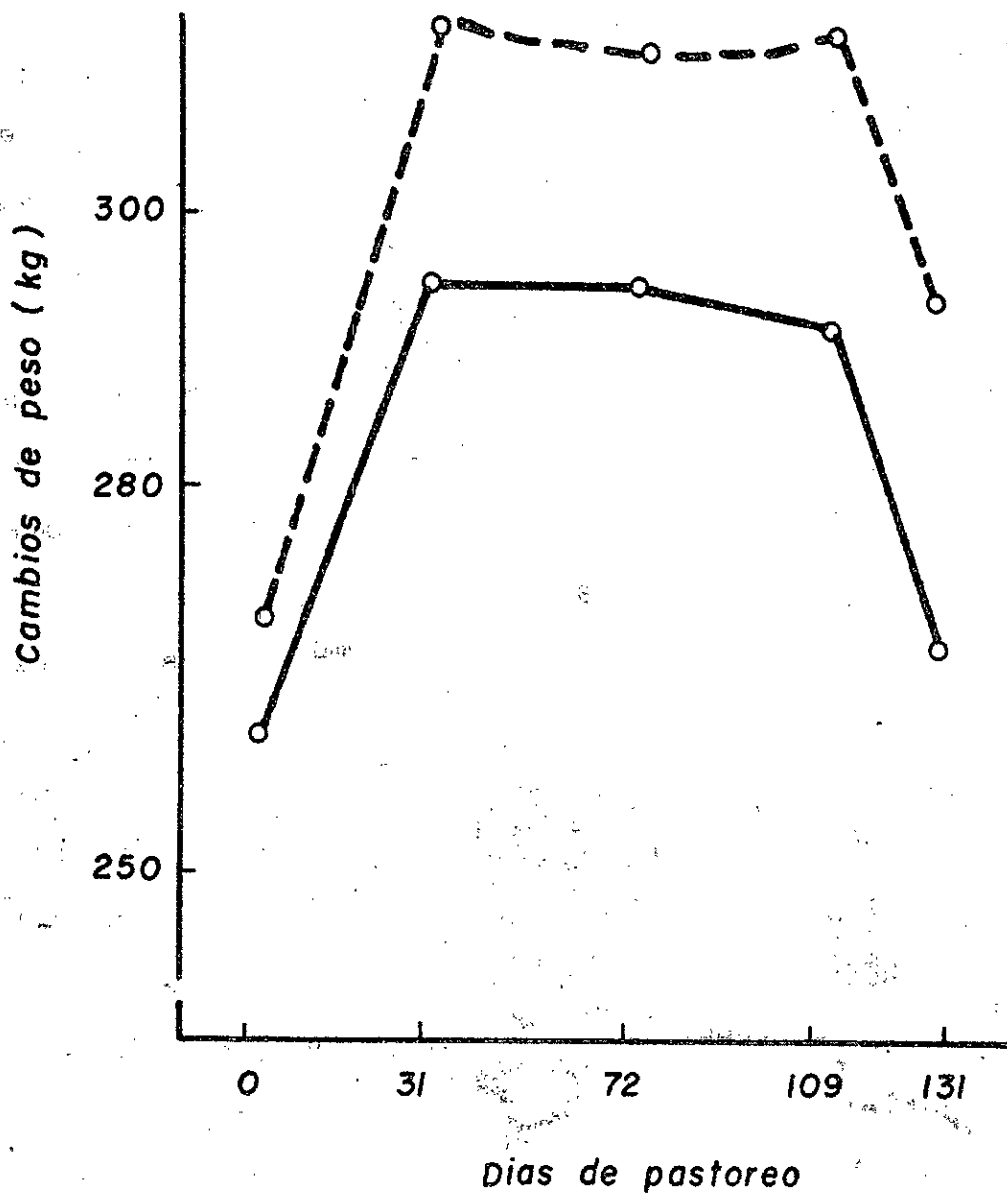


FIGURA 2. Cambio de peso en novillas pastoreando soca de sorgo y rastrojo de maíz.

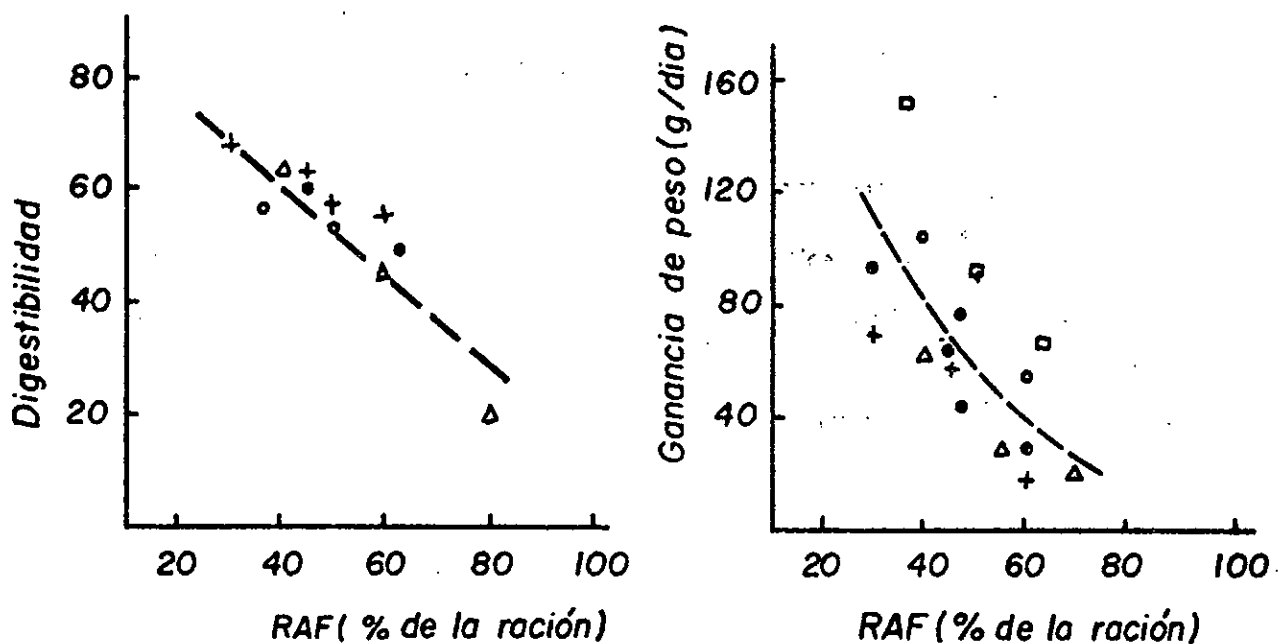


FIGURA 3. Efecto del nivel de RAF no procesado sobre la digestibilidad de la ración y sobre la ganancia de peso en ovinos (● rastrojo de maíz; ○ paja rosada; □ paja de sorgo; + tusa de maíz; △ bagacillo de caña de azúcar).

Fuentes: Parra y Renaud (1972); Goiri et al (1980); Tesoro (1979); García et al (1980); Parra y Medina (1975).

6. ESTRATEGIAS PARA SU UTILIZACION.

Los puntos tratados anteriormente muestran los limitantes que tiene el uso de subproductos en la alimentación animal; igualmente, permiten visualizar estrategias diferentes que redundarán en su máximo aprovechamiento. Dentro de esas estrategias se pueden mencionar las siguientes:

6.1. Almacenamiento.

Dentro de este punto y dependiendo del tipo de subproducto se puede recurrir a métodos de secamiento, ensilaje, henolaje, etc.

6.2. Uso estrategico.

Utilizarlos únicamente durante períodos críticos y en animales de bajos requerimientos.

6.3. Mejorar valor nutritivo.

Utilizar tratamientos físicos o químicos que permitan mejorar el valor nutritivo de estos materiales de tal forma que puedan usarse altos niveles en la alimentación, obteniéndose respuestas adecuadas.

6.4. Balancear nutrientes.

Con una suplementación adecuada se debe buscar llenar las necesidades alimenticias de los microorganismos del rumen y del animal. Con el fin de obtener un ecosistema adecuado en

el rumen es necesario suministrar fuentes de carbohidratos y nitrógeno fermentable, micronutrientes y fibra digerible. Adicionalmente, se requiere que al intestino llegue proteína (sobrepasante), sustancias glucogénicas y ácidos grasos de cadena larga (Tabla 3).

7. SISTEMAS DE MEJORAMIENTO.

7.1. Tratamientos Físicos.

Diferentes tratamientos físicos tales como picado, molido, peletizado y empleo de vapor-presión han producido resultados positivos en consumo y rendimiento animal. Estos procesos físicos tienen efecto en reducción del tamaño de la partícula, aumento de la superficie específica e incremento en la densidad. Sin embargo, se observa aumento en la tasa de pasaje y disminución en la digestibilidad de la fracción fibrosa.

7.2. Tratamientos Químicos.

Los tratamientos más utilizados están relacionados con la producción de hidrólisis alcalina usando sustancias tales como hidróxido de sodio (NaOH) o amonio (NH₃). El efecto de esta hidrólisis es la solubilización de la hemicelulosa, acompañada del rompimiento de enlaces esterés que ligan la lignina a los carbohidratos, dando como resultado una mayor tasa y extensión de la fermentación.

Tabla 3. Necesidades alimenticias del rumiante

	Nutriente	Función	Fuente
Rumen	Carbohidratos fermentables	AGV	Forrajes, tamos, cascarillas pulpas
	N. fermentable		Urea, gallinaza
	Micronutrientes	Balance	Follaje, árboles, leguminosas
	Fibra digerible	Motilidad substrato	Heño gramíneas, pastos
Intestinos	Proteína sobrepasante	a.a	Leguminosas arboreas y ras- treras, salvado arroz, trigo, maíz, tortas.
	Sustancias glucogénicas (a. propionico)	Glucosa	Salvado (arroz, maíz, trigo) granos
	Acidos grasos cadena larga	grasa cor- poral	Salvado, jabones de calcio, tortas

7.3. Tratamientos Microbiológicos.

En subproductos con alto contenido de humedad como es el caso de las pulpas de café, frutas y los residuos de verduras, se recomienda el uso de ensilajes con el fin de controlar la fermentación de los azúcares disponibles.

El uso de hongos para mejorar el valor nutritivo de los subproductos de cosecha es un área que está empezando a explorarse, obteniéndose hasta el momento resultados variables.

8. RESULTADOS EN ALIMENTACION.

Aun cuando trabajos de investigación referentes al uso de los subproductos en la alimentación animal han venido realizándose desde hace muchos años, en la última década ha ocurrido un auge en la investigación en nutrición y alimentación de ruminantes, especialmente en los países en vías de desarrollo donde la utilización de estas fuentes alternativas es de vital importancia.

Los resultados de algunas de estas investigaciones, en especial las realizadas en el país, se analizan y discuten a continuación.

8.1. Utilización de residuos secos de cosecha.

Diferentes experimentos realizados con residuos de cosecha secos tales como rastrojo de maíz, paja de avena, cáscara de

cacao y tamo de arroz ponen de manifiesto la importancia de su uso en las diferentes etapas de la vida productiva del animal.

8.1.1. Rastrojo de Maíz.

Zapata y colaboradores (1988) en un experimento en zona tropical baja, analizaron el efecto de tres suplementos en el crecimiento de novillas Holstein. Un suplemento contenía 37.5% de rastrojo de maíz molido y 9% de bovinaza seca, adicionado de 19% de torta de algodón como fuente de proteína. Otro suplemento contenía los mismos niveles de rastrojo y bovinaza, siendo la torta reemplazada por melaza-úrea (2.5%). El tercer suplemento fue una mezcla comercial. Los suplementos eran isoprotéicos (14% P.C.) e isoenergéticos (2.4 Mcal E.M.) y fueron ofrecidos en niveles de 1.5 kg/animal/día. Los resultados después de 150 días de experimentación se aprecian en la Tabla 4. Las ganancias de 700 y 680 g. obtenidas con las raciones que contenían los subproductos muestran al rastrojo de maíz como una fuente alimenticia de bajo costo para ser ofrecida en las raciones suplementarias de animales en crecimiento.

8.1.2. Paja de Avena.

Throchmorton y colaboradores (1981) suministrando a ovejas una dieta basal que contenía 35% de paja de avena, encontraron que la suplementación con proteína sobrepasante (5% caseína protegida) producía incrementos de 138% en

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE
CUBA

TABLA 4. RASTROJO DE MAÍZ INCORPORADO AL SUPLEMENTO DE NOVILLAS HOLSTEIN
(Zapata et al), 1.988

Grupo	1	2	3
Parámetro			
DIAS EXPERIMENTO	150	150	150
PESO INICIAL (Kg)	196	201	200
PESO FINAL (Kg)	301	303	335
GANANCIA/DIA (Kg)	.700	.680	.898
CONSUMO M.S. (Kg)	6.4	6.5	6.6

- 1/ 37.5% Rastrojo de maíz + 9% Bovinaza
- 2/ 37.5% Rastrojo de maíz + 9% Bovinaza + 2.5% de Urea
- 3/ Testigo

ganancia diaria y de 72% en peso de lana. Si la suplementación con proteína sobrepasante era adicionada con almidón sobrepasante (10% arroz partido), los incrementos eran de 164 y 50% en ganancia diaria y peso de lana respectivamente. Estos resultados muestran que con dietas ricas en carbohidratos altamente fermentables, la adición de proteína sobrepasante tiene efecto marcado en la productividad animal.

Orskov y colaboradores (1983) comparando paja de avena tratada (25 g. de amonio/kg. de materia seca) y sin tratar, encontraron incrementos del 20% en digestibilidad y del 50% en consumo voluntario por efecto del tratamiento (Tabla 5). Estos resultados muestran un subproducto que como la paja de avena sin tratar y sin suplementación produce bajos rendimientos en la productividad animal, se comporta como un buen alimento para rumiantes cuando la suplementación es adecuada o cuando se usan tratamientos químicos con el fin de aumentar su digestibilidad.

8.1.3. Cáscara de Cacao.

Producciones de leche entre 8.5 y 9.0 kg/día fueron reportadas por Medrano y colaboradores (1988) al usar niveles de 14% de gallinaza y 25% de cáscara de cacao en las raciones suplementarias de vacas Holstein en pastoreo de pasto pangola (*Digitaria decumbens*). Los autores indican que al aumentarse el nivel de cascara de cacao al 35% se presentó disminución de la producción en un 17% (Tabla 6). Concluyen

TABLA 5. PAJA DE AVENA CON Y SIN TRATAMIENTO SOBRE COMPORTAMIENTO DE NOVILLOS
(Ørskov et. al, 1983)

Tratamiento	CONSUMO Kg	PESO VIVO Kg	DIGESTIBILIDAD %		
			M.S	M.O	FDA
PAJA TRATADA*	5.88	.324	58.8	56.9	63.7
PAJA NO TRATADA	3.87	- .447	49.8	47.0	52.3

* 25 gr de amonio/Kg de M.S.

TABLA 6. CASCARA DE CACAO INCORPORADA AL SUPLEMENTO DE VACAS EN PRODUCCION

(Medrano et. al. 1988)

GRUPOS	1	2	3	4
DIAS LACTANCIA	196	196	196	196
PROD. LECHE TOTAL (Kg)	1527	1757	1669	1460
PROD. LECHE \bar{X} /DIA (Kg)	7.8	9.0	8.5	7.5
CAMBIO PESO (Kg)	50	-0.2	17.2	-15.2
TASA DE RETORNO *	1.55	1.87	1.91	1.72

1/ Testigo

2/ Gallinaza 14%

3/ Cáscara de cacao 25% + Gallinaza 14%

4/ Cáscara de cacao 35% + Gallinaza 14%

* Ingreso Bruto \div Costo Total

diciendo que la combinación de cáscara de cacao y gallinaza produce una buena complementación nutricional, recibiendo el animal carbohidratos fermentables provenientes de la cáscara de cacao y nitrógeno no protéico y micronutrientes aportados por la gallinaza.

8.1.4. Paja de Arroz.

Trabajos realizados en la Hacienda Pajonales (Tolima) y reportados por Forero (1988) indican (Tabla 7) que con animales destetos es posible obtener ganancias de peso de 600 g/día con tamo de arroz tratado (3%) y suplementación con leucaena y harina de arroz. Con animales de levante (290-358 kg de peso vivo) alimentados con tamo tratado (3%) y suplementados con harina de arroz se lograron ganancias de peso de 630 a 808 g/día dependiendo del nivel de suplementación. En la etapa de engorde (363-423 kg. de peso vivo) las ganancias fluctuaron entre 600 y 750 g/día. Se destacan los resultados antieconómicos al utilizar tamo sin tratar debido a la necesidad de usar altos niveles de suplementación; también, se aprecia el mayor consumo (20-38%) que hacen los animales del tamo tratado.

8.2. Utilización de residuos verdes de cosecha.

Investigaciones encaminadas hacia el uso en la alimentación animal de materiales verdes tales como la hoja de yuca, el cogollo de caña y la soca de sorgo, muestran a estos

TABLA 7 TAMO DE ARROZ EN LA ALIMENTACION DE NOVILLOS
(Forero, 0. 1988)

		DESTETOS (245 a 284 Kg)					
Grupo ¹		T	TH250	TH500	TL	TLH250	TLH500
CONSUMO TAMO	(Kg/dfa)	7.5	7.2	7.6	6.8	7.0	7.0
GANANCIA DIA	(Gr.)	179	286	595*	571*	595	607
		LEVANTE (290 a 358 Kg)					
GRUPO ¹		ST1000	STH1500	STH2000	TH1000	TH1500	TH2000
CONSUMO TAMO	(Kg/dfa)	6.7	6.2	5.2	8.1	7.9	7.3
GANANCIA DIA	(Gr.)	332	507	573	632*	790*	802
		ENGORDE (363 a 423 Kg)					
GRUPO ²		STH1000	STH1500	STH2000	TH500	TH1000	TH1500
CONSUMO TAMO	(Kg/dfa)	8.2	7.7	6.9	10.8	10.0	9.5
GANANCIA DIA	(Gr.)	391	463	675	672*	687*	707

1/ Amonificación al 3%

2/ Amonificación al 2%

T= Tamo tratado; ST= Tamo sin tratar, H= Harina de Arroz, L= Leucaena (2.0 kg/dfa).

* Indica mayor margen económico.

residuos como alternativas forrajeras que permitieran alimentar animales sin uso adicional de tierra.

8.2.1. Hoja de Yuca.

Resultados de investigaciones realizadas utilizando hoja de yuca como fuente de proteína y combinada con diferentes forrajes y suplementos se muestran en la Tabla 8, apreciándose ganancias de peso que fluctúan entre 500 y 835 g/día con niveles de hoja de yuca entre 2 y 8 kg/día.

En los resultados de estos experimentos se observa que los animales que recibieron hoja de yuca obtuvieron ganancias de peso iguales o mayores que los animales que recibieron suplemento protéico, indistintamente del forraje base ofrecido. Estos trabajos realizados por Zapata y colaboradores (1976 - 1978) muestran a la hoja de yuca como un forraje de excelente calidad para la alimentación de rumiantes, especialmente cuando se usa como fuente de proteína.

8.2.2. Cogollo de Caña.

Un trabajo en el cual se comparó el cogollo de caña con ensilaje de maíz y pasto elefante (Zapata y colaboradores, 1985) reportó en novillas ganancias de peso de 734 g/día al usar cogollo de caña, siendo sólo 10% inferior a las ganancias obtenidas por los animales que consumieron ensilaje de maíz (Tabla 9).

TABLA 8 HOJA DE YUCA USADA EN LA ALIMENTACION DE NOVILLAS
(Zapata, et. al. 1976 - 1978)

Forraje Base	Hoja Yuca Kg/día	Suplemento Kg/día	Ganancia Gr/día	Consumo M.S. Kg/día
ENSILAJE MAIZ	2.0	1.0	531	4.7
ENSILAJE MAIZ	4.0	1.0	611	5.3
PASTO ELEFANTE	2.0	1.0	505	4.2
PASTO ELEFANTE	4.0	1.0	540	4.8
PASTOREO PANGOLA	7.5	-	684	-
PASTOREO PANGOLA	-	10.5 ¹	589	-
PASTOREO PANGOLA	-	-	443	-
ENSILAJE MAIZ	8.0	-	835	5.6
PASTO ELEFANTE	8.0	-	707	5.4
PASTO ELEFANTE	-	2.0	949	5.7
ENSILAJE MAIZ	4.5	1.0	825	6.4
COGOLLO CAÑA	4.5	1.0	733	6.7
ELEFANTE	4.5	1.0	731	5.1

1/ Alfalfa

TABLA 9. COGOLLO DE CAÑA vs. FORRAJES TRADICIONALES

(Zapata, et. al. 1.985)

Forraje	Ensilaje Maiz	Pasto Elefante	Cogollo Caña
DIAS EXPERIMENTO	252	252	252
PESO INICIAL (Kg)	114	118	117
PESO FINAL (Kg)	322	302	302
GANANCIA/DIA (Kg)	.825	.730	.734
CONSUMO. M.S. (Kg/100 PV)	2.0	1.7	2.0

Suplementación: 4.5 Kg Hoja de Yuca. 1 Kg Concentrado.

Otra investigación en la cual el cogollo de caña fue la única fuente forrajera, suplementada con afrecho de trigo y gallinaza mostró aumentos de peso entre 502 y 772 g/día. En este experimento también se observó la importancia de ofrecer una suplementación adecuada que permita llenar los requerimientos de los microorganismos del rumen y del animal. Se observa claramente la interacción positiva producida por la suplementación con afrecho de trigo y gallinaza (Tabla 10).

8.2.3. Soca de Sorgo.

En un trabajo reportado por Zapata y colaboradores (1985) se observó que la soca de sorgo ensilada se comportó como forraje de buena calidad, obteniéndose aumentos de peso entre 274 y 502 g/día dependiendo del nivel de suplementación. Con adición de un kilogramo de concentrado comercial, los animales alimentados con soca de sorgo ensilada obtuvieron aumento de peso 46% superior al presentado por los animales alimentados con pasto elefante ensilado (Tablas 11).

En otro trabajo, Zapata y Medrano (1989) comparando maíz, pasto elefante y soca de sorgo ensilados (Tabla 12) reportan, para los animales consumiendo soca, ganancias de peso 53% superiores al pasto elefante y 24% inferiores al maíz, con consumos de materia seca similares. Igualmente el estudio económico muestra el potencial de la soca de sorgo como forraje base para animales en crecimiento.

TABLA 10 COGOLLO DE CAÑA EN ALIMENTACION DE NOVILLAS

	T R A T A M I E N T O S			
	Testigo	Afrecho Trigo	Gallinaza	Afrecho+Gallinaza
CONSUMO KG/DIA				
- COGOLLO DE CAÑA	6.3	7.4	6.1	6.0
- MELAZA UREA*	4.2	4.8	4.3	4.8
- AFRECHO	-	1.0	-	1.0
- GALLINAZA	-	-	1.0	1.2
- M.S. TOTAL	5.1	6.7	6.0	7.5
GANANCIA DIARIA (Gr/DIA)	241	661	502	772

2.5% Urea.

TABLA 11. ENSILAJE DE SOCA DE SORGO vs. ENSILAJE DE PASTO ELEFANTE
(Zapata, et. al. 1987)

	1 Kg Concentrado			Sin Concentrado		
	EE+U	EE	ESS	EE+U	EE	ESS
PESO INICIAL (Kg)	204	175	198	220	177	208
GANANCIA DIA (Kg/DIA)	.125	.344	.502	-.080	.040	.274
CONSUMO M.S. (% PV)	2.6	3.1	2.4	2.3	3.1	2.4

EE+U = ENSILAJE ELEFANTE CON 0.5% UREA Y 3% MELAZA

EE = ENSILAJE ELEFANTE CON 3% MELAZA

ESS = ENSILAJE SOCA DE SORGO

TABLA 12. ENSILAJE DE SOCA DE SORGO vs. ENSILAJES TRADICIONALES.

(Zapata y Medrano 1.989)

Forrajes	Ensilaje Maíz	Ensilaje Elefante	Ensilaje Soca Sorgo
DIAS EXPERIMENTO	112	112	112
PESO INICIAL (Kg)	180	171	176
CONSUMO ENSILAJE (Kg/DIA)	16.9	16.2	16.6
GANANCIA DIARIA(Kg)	.804	.396	.607
TASA RETORNO PARCIAL	1.9	1.1	2.1

Un resumen de la composición y Valor nutritivo de los subproductos mencionados en este escrito se puede apreciar en la Tabla 13.

9. POTENCIAL ECONOMICO.

En los Anexos 1 y 2 se muestran simulaciones hechas con sistemas de alimentación tradicionales tal como el Ensilaje de Maíz suplementado con concentrados comerciales. Se observa que el efecto adicional de usar concentrado se traduce en que por cada kilogramo de suplemento se obtiene sólo 1 kilogramo adicional de leche, lo cual, bajo el esquema económico vigente hace impracticable este sistema.

Adicionalmente se muestran sistemas alternativos de alimentación utilizando soca de sorgo con hoja de yuca (Anexos 3 y 4). Se observan las ventajas económicas de utilizar los subproductos como fuentes forrajeras para la alimentación de rumiantes. La principal de estas ventajas reside en el hecho que con subproductos tales como la soca de sorgo y la hoja de yuca los requerimientos de tierra se reducen a la necesaria para confinar los animales, obteniendose así uso adicional del recurso tierra y fuente extra de ingresos para el agricultor.

TABLA 13 COMPOSICION DE ALGUNOS SUBPRODUCTOS USADOS EN ALIMENTACION ANIMAL

Subproducto	M.S	P.C	GRASA	FIBRA	ENH	NDT
RASTROJO DE MAIZ	88.2	5.5	1.9	36.3	33.5	45.8
BOVINAZA	90.3	7.6	8.0	23.2	29.3	47.1
PAJA DE AVENA	88.0	4.1	-	42.0	-	49.0
CASCARA DE CACAO	90.9	8.9	1.2	31.3	32.0	53.2
GALLINAZA	70.0	21.0	1.8	9.7	32.8	44.1
TAMO DE ARROZ	87.0	6.4	-	36.0	-	52.0
HOJA DE YUCA SECA	92.0	17.0	5.2	22.6	38.2	57.4
COGOLLO DE CANA	28.0	5.6	-	30.0	-	54.0
SOCA DE SORGO ENSILADA	27.5	8.2	-	33.9	-	56.0

ANEXO 1.

ALIMENTACION TRADICIONAL

ENSILAJE DE MAIZ

VACA 400 KG DE PESO

CONSUMO M.S. FORRAJE = 2.5% P.V = 10 KG/DIA

CONSUMO FORRAJE VERDE = $\frac{10.C}{0.28}$ = 35.7 KG DE ENSILAJE DE MAIZ/DIA

APORTE FORRAJE

P.C. = 10 x 8% = 800 gr

E.M = 10 x 2.22 = 22.2 Mcal

BALANCE	P.C (gr)	E.M. (Mcal)
APORTE FORRAJE	800	22.2
REQUERIMIENTOS	318	14.2
SOBRANTE PRODUCCION	482	8.0
POTENCIAL LECHE (KG)	5.7	7.0

ANEXO 2.

ALIMENTACION TRADICIONAL

ENSILAJE DE MAIZ Y CONCENTRADO

CONSUMO MATERIA SECA	= 10 KG/DIA	
CONSUMO ENSILAJE DE MAIZ	= 26.1 KG/DIA	= 7.3 KG M.S.
CONSUMO CONCENTRADO	= 3.0 KG/DIA	= 2.7 KG M.S.

BALANCE	P.C. (gr)	E.M. (Mcal)
APORTE ALIMENTOS		
- ENSILAJE DE MAIZ	584	16.2
- CONCENTRADO	432	7.6
- TOTAL	1016	23.8
REQUERIMIENTOS	318	14.2
SOBRANTE PRODUCCION	698	9.6
POTENCIAL LECHE (KG)	8.3	8.3

ANEXO 3.

ALTERNATIVA DE ALIMENTACION

SOCA DE SORGO ENSILADA Y HOJA DE YUCA

CONSUMO MATERIA SECA	=	10 KG/DIA	
CONSUMO SOCA DE SORGO	=	25.0 KG F.V/DIA	= 7.0 KG M.S.
CONSUMO HOJA DE YUCA	=	9.5 KG F.V/DIA	= 3.0 KG M.S.

BALANCE	P.C. (gr)	E.M. (Mcal).
APORTE FORRAJES		
- SOCA DE SORGO	420	14.2
- HOJA DE YUCA	510	6.3
- TOTAL	930	20.5
REQUERIMIENTOS	318	14.2
SOBRANTE PRODUCCION	612	6.3
POTENCIAL LECHE (KG)	7.3	5.5

ANEXO 4.

REQUERIMIENTOS DE AREA ALTERNATIVA

SOCA DE SORGO

- PRODUCCION M.S/HA/AÑO	=	11.2	- 20% PERDIDA	=	9.0 TON
- PRODUCCION M.S/DIA	=	24.7	KG		
- CONSUMO M.S/ANI/DIA	=	7.0	KG		
- NUMERO DE ANIMALES	=	<u>24.7</u>	=	3.5 ANIM/HA	
		7.0			

HOJA DE YUCA

- PRODUCCION M.S/HA/AÑO	=	11.2	- 20% PERDIDA	=	9.0 TON
- PRODUCCION M.S/DIA	=	24.7	KG		
- CONSUMO M.S/ANI/DIA	=	3.0	KG		
- NUMERO DE ANIMALES	=	<u>24.7</u>	=	8.2 ANIM/HA	
		3.0			

LA SOCA DE SORGO ENSILADA PRODUCIDA POR UNA HECTAREA DE SORGO PARA GRANO Y LA HOJA DE YUCA PRODUCIDA POR 0.43 HECTAREAS DE YUCA COMERCIAL PERMITEN SOSTENER 3.5 ANIMALES CON UNA PRODUCCION ESTIMADA DE 5.5 KG/ANIMAL.

- PRODUCCION DE LECHE DIA	=	19.25	KGS/DIA
- CAPACIDAD DE CARGA	=		

10. CONCLUSIONES.

Los resultados presentados en este escrito, siendo solo un ejemplo de la extensa literatura disponible sobre el tema, ponen de manifiesto la importancia económica de los subproductos agrícolas en la alimentación, especialmente en países en desarrollo como el nuestro en los cuales el uso de granos en la alimentación de rumiantes está vedado por las implicaciones sociales y económicas que conlleva.

Como este trabajo sólo se centro en algunos resultados con el uso de residuos agrícolas de cosecha, es necesario anotar que existen otra serie de recursos con amplio potencial alimenticio y económico que están siendo usados en la alimentación de rumiantes. Dentro de estos recursos se incluyen las excretas animales, las pulpas de frutas, y la amplia gama de subproductos generados por la agroindustria.

Siguiendo este orden de ideas, las necesidades alimenticias generadas por una población humana creciente, conllevan a la búsqueda de soluciones que incluyan diferentes estrategias. Primero, aumento en el rendimiento de los cultivos y de las especies animales proveedoras de alimento; segundo, uso de especies animales y vegetales no tradicionales, pero que potencialmente pueden aportar grandes volúmenes de alimento para la población y, tercero, máximo aprovechamiento de los productos y subproductos actualmente generados por las

especies vegetales y animales utilizadas en la agricultura y la producción animal.

Finalmente, el futuro de la humanidad está en el desarrollo paralelo de la agricultura con el cumplimiento de los puntos mencionados anteriormente, teniendo como eje fundamental el concepto de maximización de los recursos disponibles con la integración de las diferentes especies explotadas y el objetivo final de sostenibilidad de los sistemas productivos.

REVISION BIBLIOGRAFICA

1. Forero, O. 1988. Tamó de arroz en la alimentación de novillos. Informe CIPAV. Cali (Colombia).
2. Medrano, J.; Zapata, J.O. y Sanchez, L. 1988. "Cáscara de cacao y "gallinaza", en raciones para vacas lecheras. Revista ICA. 23:2. p. 108.
3. Orskov, E.R.; Reid, G.W. and Holland, S.M. 1983. The feeding value for ruminants of straw an whole crop barley and oats treated with anhydrous or aqueous ammonia or urea. Animal Feed. Sci. and Tech. 8:24.
4. Parra, R. 1987. La producción animal en el trópico. Memorias VI encuentro Nacional de Zootecnia. Cali, Colombia. p. 181.
5. Preston, T.R. 1987. Nuevas bases para la producción animal en el trópico. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia.
6. Ruiz, M.E. 1984. Utilización de cascarilla y residuos de cosecha en el engorde de bovinos. En: Curso COLVEZA sobre alternativas para la intensificación de engorde de bovinos en el tropico. Medellin, Colombia. pp 51.
7. Throckmorton, J.C.; Foulken, O.; Leng, R.A. and Evans, J.V. 1981. Response to bypass protein and starch in merino sheep and angora goats. En: Recent Advances in Animal Nutrition. (Editor: D.J. Farrell) University of New England. Armindale, Australia. p 22.
8. Smith, T. and Brunter, H. 1979. The use of poor quality fibrous sources of energy by young cattle. World Review of Anim. Prod. 13:49.
9. Zapata, J.O. y Medrano, J. 1988. Empleo de gallinaza, melaza y úrea en novillas en levante. Informe Anual Programa Ganado de Leche. CI-Palmira, Colombia.
10. Zapata, J.O. y Medrano, J. 1989. Alimentación de novillas con ensilaje de maíz, ensilaje de pasto elefante y ensilaje de soca de sorgo más gallinaza. Informe Anual Programa Ganado de Leche. CI-Palmira, Colombia.
11. Zapata, J.O.; Medrano, J. y Sanchez, L. 1985. Diferentes avances en la investigación sobre Ganado de Leche. ICA, Día de Campo. CI-Palmira, Colombia.

12. Zapata, J.O. y Rubio, R. 1978. Evaluación nutritiva de tres forrajes y yuca como fuente de energía en el levante de novillas. Asoc. Latin. de Prod. Anim. ALPA. Cuba. Vol.3 p.. 43.

13. Zapata, J.O.; Rubio R. y Gartner, J. 1976. Uso de ensilaje de maíz, hoja de yuca y pasto elefante en novillas Holstein. X Congreso de M.V.Z. Medellín, Colombia.

14. Zapata, J.O., Sanchez, L. y Medrano, J. 1988. Uso de rastrojo de maíz mas bovinaza en raciones para novillas de levante. Revista ICA. 23:4. pp.328.

15. Zapata, J.O.; Sanchez, L. y Meza, J.H. 1985. Evaluación nutritiva de tres clases de ensilajes en crecimiento de novillas Holstein. ICA, Dia de Campo. CI-Palmira, Colombia.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
SUBGERENCIA DE INVESTIGACION
CENTRO DE INVESTIGACION OBONUCO
REGIONAL N^o. 5
PROGRAMA GANADO DE LECHE

VALOR NUTRITIVO DE LAS PAJAS PARA LA ALIMENTACION
DE RUMIANTES

SAN JUAN DE PASTO
JULIO, 1992

VALOR NUTRITIVO DE LAS PAJAS PARA LA ALIMENTACION DE RUMIANTES

Jose I. Pulido H.¹ *ex vera*

1. INTRODUCCION

Con la diversidad de pisos térmicos y ecosistemas predominables en la zona trópical, la producción agropecuaria presenta una gama muy variada de productos que a su turno generan en su cosecha e industrialización grandes volúmenes de subproductos. Ofreciendo éstos una buena alternativa forrajera para la alimentación bovina ya que en la mayoría de los casos se desperdician o se dan parcialmente en raciones de mantenimiento.

Los rastrojos, pajas y otros subproductos son inevitablemente producidos durante la producción primaria de cultivos como cereales y otros. Al igual que en el futuro es inevitable su producción ya que tanto los cereales como otros cultivos son necesarios para el consumo humano y algunos son usados eficientemente en la producción animal.

¹ Zootecnista M. Sc. Producción Animal. Programa Ganado de Leche, ICA. Obonuco, Pasto (Nariño) Colombia. AA: 339. Tel 928-233532

Por otro lado, las características anatómicas y fisiológicas del tracto digestivo del rumiante y su variada población bacteriana le permiten el consumo de alimentos toscos, con altos contenidos de fibra; esto hace posible que su dieta sea balanceada, complementada y/o suplementada parcialmente con pajas o con subproductos agroindustriales, disminuyendo los requerimientos de grano para su alimentación, los cuales pueden destinarse a la alimentación de especies monogástricas incluyendo el hombre.

Leche, LCA. Obonuco, Pasto (Nariño) Colombia. AA: 338
Tel 658-28293

2. DISPONIBILIDAD DE LAS PAJAS Y/O RASTROJOS

Muchos países disponen de abundantes residuos de cosecha y como mínimo un (1) kilo de residuo se produce en el campo por cada kilo de grano que se cosecha (Kloppenstein, 1978).

De manera general, se han formulado algunos múltiplos para el cálculo de la producción de subproductos fibrosos (Cuadro 1) con base en el rendimiento anual de varios productos, los cuales fueron hechos en forma individual para diversos países, pero fue resumido o agrupado por región; los múltiplos varían de acuerdo a la región. En África por ejemplo, la proporción de paja en relación a toda la planta es más grande comparada con otras regiones. La estimación de las cantidades de subproductos fibrosos en este cuadro

están basados en los datos colectados anualmente por la FAO (1991).

La cantidad total de subproductos fibrosos de diferentes regiones del mundo y la tasa de cambio durante los últimos once (11) años se observa en el cuadro 2; el rendimiento en materia seca incrementó desde 1970 a 1981 en 55.7 % en países desarrollados y en un 34.4 % en países en desarrollo. Igualmente, grandes incrementos de manera absoluta fueron registrados en Norte y Centro América, pero fueron aun mayores en el caso de Sur América (71 %).

2.1 Disponibilidad De Subproductos Fibrosos Por Unidad Animal

En el Cuadro 3 fueron estimadas las cantidades de materia seca, energía metabolizable y TDN disponibles en promedio por unidad de animal/año de todos los subproductos en estudio por región y en todo el mundo.

Por otro lado, se muestra el contenido de proteína cruda y energía de subproductos en estudio y con base en ellos se determinó la disponibilidad de proteína cruda, materia seca, energía metabolizable y TDN del total de subproductos/unidad animal.

Así por ejemplo, para el caso de Norte y Centro América con 330 kg de P.C. producidos; si se utilizaran en su totalidad para la alimentación de rumiantes, sería factible cubrir las necesidades proteicas de dos unidades animales por espacio de un año, e igualmente, por el lado energético se cubrirían las necesidades de mantenimiento para la misma cantidad de animales durante el mismo espacio de tiempo. Lo que está demostrando un amplio potencial de estos materiales para la alimentación de esta especie. En países como Colombia, se han encontrado algunos valores aproximados de rendimiento y proporcionalidad con la producción primaria de los materiales de rechazo de cosechas encontrados en los Cuadros 3A y 3B.

3. VALOR NUTRITIVO DE LAS PAJAS Y/O RASTROJOS

Paja: es definida como los restos o sobras secas de plantas después de que se le han extraído los productos primarios.

Los resultados experimentales indican que los forrajes toscos presentan un valor nutritivo bajo, sin embargo el rumiante es la única especie capaz de digerir una apreciable cantidad de celulosa, derivando de ésta buena parte de la energía requerida. Por lo tanto, forrajes de baja calidad como subproductos, pajas y/o rastrojos pueden ser empleados como fuente de alimentación para rumiantes.

Durante los últimos años, varios investigadores han emitido criterios sobre las causas que determinan el valor nutritivo de los alimentos en las raciones para rumiantes, indicando que las variables que afectan la cantidad de energía asimilada son:

- El nivel de ingestión.
- El balance de nutrientes en la ración.
- Los productos finales de la digestión.
- Función fisiológica para la cual la energía fue destinada.

Por lo anterior, se ha indicado que los factores principales que determinan el grado de aprovechamiento de los residuos de cosecha del animal son:

- Rapidez de paso de los alimentos por el aparato digestivo.
- La rapidez de degradación del alimento (la cual se relaciona con el nivel de digestibilidad del mismo).
- Naturaleza de los productos finales de la digestión.
- Los requerimientos del animal.

Así, el valor nutritivo de manera general puede estimarse como:

$$\text{Valor Nutritivo} = \text{Digestibilidad} * \text{Consumo Voluntario} * \text{Eficiencia de utilización de Nutrientes}$$

3.1 Características químicas de las pajas.

Durante el crecimiento y maduración de las plantas ocurren cambios en las proporciones y características de las sustancias que componen las hojas y tallos, al mismo tiempo que se modifican las propiedades químicas de estos. Si se comparan con el estado joven, los forrajes toscos son menos digestibles, la rapidez de paso por el aparato digestivo es menor, los nutrientes que se suministran son empleados con menor eficiencia y además su consumo voluntario es más bajo (Kennedy y Milligan, 1979).

Segun Jackson (1977) y Van Soest (1982), el componente principal de las pajas es la pared celular, y de ella desde el punto de vista nutricional lo son la celulosa, la hemicelulosa, la lignina y la sílice. La presencia de este último compuesto está relacionado con la naturaleza del suelo y aparentemente sustituye a la lignina en sus funciones; la paja de arroz la cual se caracteriza por una alta proporción de sílice, afecta negativamente su valor nutritivo.

El Cuadro 4 muestra algunos valores de celulosa, hemicelulosa así como pared celular y lignina de algunos residuos agrícolas fibrosos, basado en el análisis químico de Goering y Van Soest (1970), muestra además el alto contenido de pared celular para todas las pajas y en todos

los casos la mayor proporción de celulosa, hemicelulosa y lignina en su orden.

En otros estudios con nueve diferentes tipos de pajas de cereales, Theander y Aman (1978), establecieron que la cantidad de componentes extraíbles con una solución de etanol al 80 % representaba del 6 al 13 % del peso seco. Los carbohidratos de bajo peso molecular en estos extractos aumentaron de 0.3 - 1.3 % del peso seco. Así, la fructosa, glucosa, sucrosa y los alcohol-azúcares, arabinitol y manitol fueron los constituyentes principales (Cuadro 5).

El contenido promedio de minerales en las pajas de cereales presentados en el Cuadro 6, indica que estos varían fuertemente dependiendo de los factores orgánicos, como también de los contaminantes del suelo.

En algunas pajas, como el caso de paja de arroz el contenido de promedio de cenizas es tres veces más grande que el de otras pajas, esto es debido mayoritariamente al contenido de sílica, siendo tomada del suelo como ácido monosilícico por las raíces, pero depositado como sílica en la pared celular. La sílica presente en las paredes de las células de la epidermis generalmente se encuentra en forma de opalina.

Para el desarrollo y crecimiento de las plantas de cereales, la presencia o ausencia de sílica en la solución

del suelo no ha sido una limitante. Además, se han encontrado plantas con un contenido aproximadamente de 12 % o menos de 0.1% de sílica en la materia seca (Jones y Hortley, no publicado).

Por otro lado, la sílica ha sido negativamente correlacionada con la degradabilidad de polisacáridos en el rumen (Van Soest y Jones, 1968, Van Soest, 1970).

En general el cambio en la composición química de las partes que componen las pajas del trigo y la cebada se muestran en el Cuadro 7 (Aman y Mardkivst, 1983). Los extractos solubles en etanol y cloroformo conforman del 7 - 11 % del total de sus constituyentes, con una mayor proporción tanto en hojas y nudos comparados con los entrenudos. Igualmente, el contenido de proteína cruda es menor en los entrenudos tanto en la paja de trigo como en la de cebada (por Harper y Lynch, 1981; Thiago y Kallaway 1982). Al comparar la otra fracción, se observará que los entrenudos tienen mayor cantidad de celulosa pero similares contenidos de hemicelulosa y lignina, con respecto a nudos y hojas en ambas especies. El entrenudo por su parte según (Thiago y Kallaway 1982), es la fracción más lignificada. Sin embargo, es importante decir que el contenido de lignina varía con el método analítico.

De manera global, el Cuadro 8 muestra la composición química de una paja de trigo a tres diferentes tiempos de cosecha y con una semana de intervalo (Patel et al, 1971), se observa una disminución importante en el contenido de proteína cruda, carotenos, rendimiento (kg/M.S./ha) y un aumento especial en el contenido de fibra cruda al cosecharla después de una semana de lo normal, y a la vez con la que se cosechó una semana antes.

3.2 Consumo y digestión de las pajas y/o rastrojos

Los mecanismos que gobiernan el consumo voluntario de los alimentos están influenciados por varios factores:

De naturaleza quimiostática: que afectan la ingestión a elevadas temperaturas ambientales.

De tipo fisiológico: que regulan la digestión alimenticia de las dietas de alta digestibilidad como los concentrados.

De orden físico: relacionado con la regulación del consumo voluntario animal en las raciones de baja digestibilidad como los residuos agrícolas fibrosos.

Igualmente, se ha establecido que la eficiencia con la cual son removidos los residuos no digeridos de un alimento en el retículo rumen, está influenciada en gran parte por la

233

eficiencia de reducción del tamaño de las partículas no digeribles hasta el grado óptimo para su paso por el agujero retículo-omasal. La reducción del tamaño de las partículas del alimento se realiza durante la masticación asociada con la ingestión alimenticia y la rumia.

El efecto de la lignificación que ocurre con la madurez del forraje determina la concentración y estructura de las paredes celulares y la fibra que contienen; como consecuencia la naturaleza de un alimento y la proporción de éste en la dieta, tiene efectos en el tiempo dedicado a la rumia y en el tiempo de retención.

3.3 Tasa de degradación de la paja

La importancia de la tasa de degradación de un alimento en el rumen de un animal está referida al factor que está determinando la velocidad con la cual el alimento ocupa el espacio en el rumen-retículo, omaso y abomaso.

El consumo de la paja es también invariablemente limitado por el tamaño físico del aparato digestivo. Para dietas fibrosas que contienen usualmente bajo contenido de carbohidratos solubles generalmente alrededor de 1 - 2 %; solamente una pequeña fracción es disponible para la incubación de microorganismos. Así que el ataque de la bacteria a la superficie del substrato y la subsecuente

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
SUBGERENCIA DE INVESTIGACION
CENTRO DE INVESTIGACION OBONUCO
REGIONAL N^o. 5
PROGRAMA GANADO DE LECHE

VALOR NUTRITIVO DE LAS PAJAS PARA LA ALIMENTACION
DE RUMIANTES

SAN JUAN DE PASTO
JULIO, 1992

VALOR NUTRITIVO DE LAS PAJAS PARA LA ALIMENTACION DE RUMIANTES

Jose I. Pulido H.¹ ^{Forajera}

1. INTRODUCCION

Con la diversidad de pisos térmicos y ecosistemas predominables en la zona trópica, la producción agropecuaria presenta una gama muy variada de productos que a su turno generan en su cosecha e industrialización grandes volúmenes de subproductos. Ofreciendo éstos una buena alternativa forrajera para la alimentación bovina ya que en la mayoría de los casos se desperdician o se dan parcialmente en raciones de mantenimiento.

Los rastrojos, pajas y otros subproductos son inevitablemente producidos durante la producción primaria de cultivos como cereales y otros. Al igual que en el futuro es inevitable su producción ya que tanto los cereales como otros cultivos son necesarios para el consumo humano y algunos son usados eficientemente en la producción animal.

¹ Zootecnista M. Sc. Producción Animal. Programa Ganado de Leche, ICA. Obonuco, Pasto (Nariño) Colombia. AA: 339.
Tel 928-233532

Por otro lado, las características anatómicas y fisiológicas del tracto digestivo del rumiante y su variada población bacteriana le permiten el consumo de alimentos toscos, con altos contenidos de fibra; esto hace posible que su dieta sea balanceada, complementada y/o suplementada parcialmente con pajas o con subproductos agroindustriales, disminuyendo los requerimientos de grano para su alimentación, los cuales pueden destinarse a la alimentación de especies monogástricas incluyendo el hombre.

2. DISPONIBILIDAD DE LAS PAJAS Y/O RASTROJOS

Muchos países disponen de abundantes residuos de cosecha y como mínimo un (1) kilo de residuo se produce en el campo por cada kilo de grano que se cosecha (Kloppenstein, 1978).

De manera general, se han formulado algunos múltiplos para el cálculo de la producción de subproductos fibrosos (Cuadro 1) con base en el rendimiento anual de varios productos, los cuales fueron hechos en forma individual para diversos países, pero fue resumido o agrupado por región; los múltiplos varían de acuerdo a la región. En África por ejemplo, la proporción de paja en relación a toda la planta es más grande comparada con otras regiones. La estimación de las cantidades de subproductos fibrosos en este cuadro

están basados en los datos colectados anualmente por la FAO (1891).

La cantidad total de subproductos fibrosos de diferentes regiones del mundo y la tasa de cambio durante los últimos once (11) años se observa en el cuadro 2; el rendimiento en materia seca incrementó desde 1970 a 1981 en 55.7 % en países desarrollados y en un 34.4 % en países en desarrollo. Igualmente, grandes incrementos de manera absoluta fueron registrados en Norte y Centro América, pero fueron aun mayores en el caso de Sur América (71 %).

2.1 Disponibilidad De Subproductos Fibrosos Por Unidad Animal

En el Cuadro 3 fueron estimadas las cantidades de materia seca, energía metabolizable y TDN disponibles en promedio por unidad de animal/año de todos los subproductos en estudio por región y en todo el mundo.

Por otro lado, se muestra el contenido de proteína cruda y energía de subproductos en estudio y con base en ellos se determinó la disponibilidad de proteína cruda, materia seca, energía metabolizable y TDN del total de subproductos/unidad animal.

Así por ejemplo, para el caso de Norte y Centro América con 330 kg de P.C. producidos; si se utilizaran en su totalidad para la alimentación de rumiantes, sería factible cubrir las necesidades proteicas de dos unidades animales por espacio de un año, e igualmente, por el lado energético se cubrirían las necesidades de mantenimiento para la misma cantidad de animales durante el mismo espacio de tiempo. Lo que está demostrando un amplio potencial de estos materiales para la alimentación de esta especie. En países como Colombia, se han encontrado algunos valores aproximados de rendimiento y proporcionalidad con la producción primaria de los materiales de rechazo de cosechas encontrados en los Cuadros 3A y 3B.

3. VALOR NUTRITIVO DE LAS PAJAS Y/O RASTROJOS

Paja: es definida como los restos o sobras secas de plantas después de que se le han extraído los productos primarios.

Los resultados experimentales indican que los forrajes toscos presentan un valor nutritivo bajo, sin embargo el rumiante es la única especie capaz de digerir una apreciable cantidad de celulosa, derivando de ésta buena parte de la energía requerida. Por lo tanto, forrajes de baja calidad como subproductos, pajas y/o rastrojos pueden ser empleados como fuente de alimentación para rumiantes.

Durante los últimos años, varios investigadores han emitido criterios sobre las causas que determinan el valor nutritivo de los alimentos en las raciones para rumiantes, indicando que las variables que afectan la cantidad de energía asimilada son:

- El nivel de ingestión.
- El balance de nutrientes en la ración.
- Los productos finales de la digestión.
- Función fisiológica para la cual la energía fue destinada.

Por lo anterior, se ha indicado que los factores principales que determinan el grado de aprovechamiento de los residuos de cosecha del animal son:

- Rapidez de paso de los alimentos por el aparato digestivo.
- La rapidez de degradación del alimento (la cual se relaciona con el nivel de digestibilidad del mismo).
- Naturaleza de los productos finales de la digestión.
- Los requerimientos del animal.

Así, el valor nutritivo de manera general puede estimarse como:

Valor Nutritivo = Digestibilidad * Consumo Voluntario *
Eficiencia de utilización de Nutrientes

3.1 Características químicas de las pajas.

Durante el crecimiento y maduración de las plantas ocurren cambios en las proporciones y características de las sustancias que componen las hojas y tallos, al mismo tiempo que se modifican las propiedades químicas de estos. Si se comparan con el estado joven, los forrajes toscos son menos digestibles, la rapidez de paso por el aparato digestivo es menor, los nutrientes que se suministran son empleados con menor eficiencia y además su consumo voluntario es más bajo (Kennedy y Milligan, 1979).

Según Jackson (1977) y Van Soest (1982), el componente principal de las pajas es la pared celular, y de ella desde el punto de vista nutricional lo son la celulosa, la hemicelulosa, la lignina y la sílice. La presencia de este último compuesto está relacionado con la naturaleza del suelo y aparentemente sustituye a la lignina en sus funciones; la paja de arroz la cual se caracteriza por una alta proporción de sílice, afecta negativamente su valor nutritivo.

El Cuadro 4 muestra algunos valores de celulosa, hemicelulosa así como pared celular y lignina de algunos residuos agrícolas fibrosos, basado en el análisis químico de Goering y Van Soest (1970), muestra además el alto contenido de pared celular para todas las pajas y en todos

los casos la mayor proporción de celulosa, hemicelulosa y lignina en su orden.

En otros estudios con nueve diferentes tipos de pajas de cereales, Theander y Aman (1978), establecieron que la cantidad de componentes extraíbles con una solución de etanol al 80 % representaba del 6 al 13 % del peso seco. Los carbohidratos de bajo peso molecular en estos extractos aumentaron de 0.3 - 1.3 % del peso seco. Así, la fructosa, glucosa, sucrosa y los alcohol-azúcares, arabinitol y manitol fueron los constituyentes principales (Cuadro 5).

El contenido promedio de minerales en las pajas de cereales presentados en el Cuadro 6, indica que estos varían fuertemente dependiendo de los factores orgánicos, como también de los contaminantes del suelo.

En algunas pajas, como el caso de paja de arroz el contenido de promedio de cenizas es tres veces más grande que el de otras pajas, esto es debido mayoritariamente al contenido de sílica, siendo tomada del suelo como ácido monosilícico por las raíces, pero depositado como sílica en la pared celular. La sílica presente en las paredes de las células de la epidermis generalmente se encuentra en forma de opalina.

Para el desarrollo y crecimiento de las plantas de cereales, la presencia o ausencia de sílica en la solución

del suelo no ha sido una limitante. Además, se han encontrado plantas con un contenido aproximadamente de 12 % o menos de 0.1% de sílica en la materia seca (Jones y Hortley, no publicado).

Por otro lado, la sílica ha sido negativamente correlacionada con la degradabilidad de polisacáridos en el rumen (Van Soest y Jones, 1968, Van Soest, 1970).

En general el cambio en la composición química de las partes que componen las pajas del trigo y la cebada se muestran en el Cuadro 7 (Aman y Mardkivst, 1983). Los extractos solubles en etanol y cloroformo conforman del 7 - 11 % del total de sus constituyentes, con una mayor proporción tanto en hojas y nudos comparados con los entrenudos. Igualmente, el contenido de proteína cruda es menor en los entrenudos tanto en la paja de trigo como en la de cebada (por Harper y Lynch, 1981; Thiago y Kallaway 1982). Al comparar la otra fracción, se observará que los entrenudos tienen mayor cantidad de celulosa pero similares contenidos de hemicelulosa y lignina, con respecto a nudos y hojas en ambas especies. El entrenudo por su parte según (Thiago y Kallaway 1982), es la fracción más lignificada. Sin embargo, es importante decir que el contenido de lignina varía con el método analítico.

De manera global, el Cuadro 8 muestra la composición química de una paja de trigo a tres diferentes tiempos de cosecha y con una semana de intervalo (Patel et al, 1971), se observa una disminución importante en el contenido de proteína cruda, carotenos, rendimiento (kg/M.S./ha) y un aumento especial en el contenido de fibra cruda al cosecharla después de una semana de lo normal, y a la vez con la que se cosechó una semana antes.

3.2 Consumo y digestión de las pajas y/o rastrojos

Los mecanismos que gobiernan el consumo voluntario de los alimentos están influenciados por varios factores:

De naturaleza quimiostática: que afectan la ingestión a elevadas temperaturas ambientales.

De tipo fisiológico: que regulan la digestión alimenticia de las dietas de alta digestibilidad como los concentrados.

De orden físico: relacionado con la regulación del consumo voluntario animal en las raciones de baja digestibilidad como los residuos agrícolas fibrosos.

Igualmente, se ha establecido que la eficiencia con la cual son removidos los residuos no digeridos de un alimento en el retículo rumen, está influenciada en gran parte por la

eficiencia de reducción del tamaño de las partículas no digeribles hasta el grado óptimo para su paso por el agujero retículo-omasal. La reducción del tamaño de las partículas del alimento se realiza durante la masticación asociada con la ingestión alimenticia y la rumia.

El efecto de la lignificación que ocurre con la madurez del forraje determina la concentración y estructura de las paredes celulares y la fibra que contienen; como consecuencia la naturaleza de un alimento y la proporción de éste en la dieta, tiene efectos en el tiempo dedicado a la rumia y en el tiempo de retención.

3.3 Tasa de degradación de la paja

La importancia de la tasa de degradación de un alimento en el rumen de un animal está referida al factor que está determinando la velocidad con la cual el alimento ocupa el espacio en el rumen-retículo, omaso y abomaso.

El consumo de la paja es también invariablemente limitado por el tamaño físico del aparato digestivo. Para dietas fibrosas que contienen usualmente bajo contenido de carbohidratos solubles generalmente alrededor de 1 - 2 %; solamente una pequeña fracción es disponible para la incubación de microorganismos. Así que el ataque de la bacteria a la superficie del substrato y la subsecuente

formación de colonias no ocurre espontáneamente, sino que es un paso largo donde aparentemente poca o ninguna digestión ocurre a una tasa tan baja que es difícilmente medible. Una ilustración de la desaparición de la paja en bolsas de nylon incubadas en el rumen se presenta en la Figura 1.

Después de 8 - 10 horas la paja ingerida como alimento normalmente comienza a romperse dentro de pequeñas partículas, un proceso debido más a la rumia y a la masticación que directamente por acción microbial (aunque la actividad microbial constituye un incremento de la fragilidad de la partícula). Por lo anterior, la Figura 1 debe ser considerada solamente en un sentido relativo, puesto que no hay atenuación física de la paja cuando esta es incubada en bolsas de nylon.

Es importante indicar que la máxima tasa de degradación de la paja, debe estar acompañada por frecuentes movimientos ruminales para que el animal pueda hacer una utilización eficiente de este tipo de alimentos (Orskov, 1978).

La degradación ruminal de las pajas es afectada principalmente por los siguientes factores:

3.3.1 Limitaciones de Nitrógeno.

Las dietas fibrosas y pajas en particular son frecuentemente bajas en nitrógeno; por tal motivo se ha observado una

disminución en los patrones de fermentación ruminal, ya que la proliferación bacteriana ha sido limitada, desde luego, motivada por una disminución en la concentración de amonio en el rumen. Este es un factor ya conocido y las respuestas a la suplementación de N han sido bien demostradas (Camplin et al, 1962). Este factor fue puntualizado en el sentido de que la cantidad de N requerido por la microflora del rumen está relacionada a la cantidad de energía potencialmente fermentable y disponible. Sin embargo, aunque el contenido de N puede ser bajo en dietas con base en pajas de cereales, éste puede ser adecuado si se tiene en cuenta la baja fermentabilidad de la misma.

Recientes observaciones hechas por Silva y Orskov (1983), en ovejas canuladas al rumen y alimentadas con heno de baja calidad, paja tratada con amonio y paja no tratada; mostraron una mayor y significativa tasa de digestión de las pajas cuando fueron tratadas, además al incubar la paja no tratada en el rumen de ovejas alimentadas con paja tratada las digestibilidades fueron mayores que cuando consumieron paja no tratada y heno (Cuadro 9).

3.3.2 Efectos de Carbohidratos Solubles.

La tasa de degradación de la celulosa puede ser significativamente reducida, si esta es fermentada en el

rumen a la vez con una cantidad sustancial de otros substratos; particularmente carbohidratos o lípidos.

El efecto del suministro de almidones en una dieta a base de pajas sobre la desaparición de la materia seca de la misma, indica que la cantidad de paja digerida antes de las 24 horas fue prácticamente la mitad cuando se les suplementó a los animales con 65 % de granos de cereales en su dieta (Mould y Orskov, 1983). Los resultados también muestran que la reducción en la tasa de digestión de la paja, en gran magnitud puede ser evitada si el pH del rumen es mantenido en 6.2 (Mould y Orskov, 1983).

3.3.3 Efectos de Lípidos.

Los lípidos también inhiben la digestión de alimentos toscos. Kowatozyk et al (1977), mostró que la digestión de la celulosa de pastos en 24 horas fue 72, 63, 54 y 40 %, cuando se adicionan 0, 5, 10, 15% de lípidos al alimento. En este trabajo, tanto el consumo en materia seca de pajas, como la tasa de degradación de los mismos fue reducida.

3.3.4 Efectos del incremento en la celulolisis.

Por otro lado Orskov y Havell (1979), incubaron heno de pangola en el rumen de ganado cebú recibiendo como alimento pasto pangola o caña de azúcar. La tasa de digestión del

heno fue mucho más baja en ganado cebú recibiendo caña de azúcar, aunque el pH del rumen estuvo alrededor de 7; lo anterior indica que las plantas pueden contener cantidades de carbohidratos solubles que pueden inhibir la digestión de la celulosa.

4. METODOS DE TRATAMIENTO

Una gran diversidad de métodos de mejoramiento del valor alimenticio de los residuos agrícolas fibrosos se han estado investigando desde hace años, entre ellos merecen destacarse:

4.1 Suplementación Con Nutrientes Especificos

Se ha pensado en la suplementación de la pajas para que al ser pastoreados puedan permitir un uso más eficiente de estos recursos, sin embargo se presenta un fenómeno altamente conocido en el manejo de pastizales; la suplementación convencional genera una sustitución del consumo de pajas; esa sustitución puede variar de 45 a 80 gramos del residuo por cada 100 gramos de suplemento suministrado al animal; como consecuencia de esta alta tasa de sustitución la respuesta esperada se aleja mucho de las respuestas obtenidas con la suplementación de forrajes. La suplementación como una estrategia de alimentación que pueda

corregir deficiencias de nitrógeno soluble en el rumen, minerales (fosforo, azufre, etc), y utilizar eficientemente las proteínas y carbohidratos que pueden ser digeridos y absorbidos en el intestino delgado, logrando escapar la fermentación ruminal, pueden mejorar la utilización de los residuos bajo pastoreo.

Por otro lado, se sabe que cuando los residuos agrícolas fibrosos no procesados se incluyen en altas proporciones de la dieta, se registra una notable caída en la digestibilidad, en el consumo voluntario y la respuesta animal; a su vez, usandolos en baja proporción en la dieta, la fracción fibrosa del residuo agrícola sufre una reducción en el tiempo de fermentación y bajo esta condición se pierde la razón del uso de las pajas, cual es, ser utilizados como fuente basal de energía para los rumiantes.

4.2 Métodos Físicos

4.2.1 Molido.

Con este tratamiento se reduce el tamaño de las partículas del alimento, se aumenta la superficie específica y se incrementa la densidad. Asociados con estos cambios químicos se incrementa el consumo voluntario, se reduce la digestibilidad del material como consecuencia de una mayor

velocidad de paso de la partícula, tanto de las fracciones digeribles como de las parcialmente digeribles.

La mayor ingestión de los substratos molidos está relacionado con una reducción en la rumia, la salivación y una alta tasa de fermentación inmediatamente después de alimentado el animal. A pesar de la alta tasa de fermentación del material molido, debido en parte al aumento de la superficie específica del material, la mayor tasa de pasaje debida a la reducción en el tamaño de partícula causa en forma notoria que la digestión de la fracción fibrosa del rumen sea reducida. Esta reducción de la digestión ruminal solo es parcialmente compensada por un aumento en la digestión de la fibra en el tracto digestivo posterior.

Otro efecto resultante de la modificación de la forma física de las pajas, por la molienda, es el aumento en la eficiencia de utilización de la energía digerida, por un menor incremento calórico, menores gastos energéticos en comer y rumiar, y cambios en los patrones de fermentación y digestivos (Cewling y Kirk, 1976).

4.2.2 Peletización.

Stevens (1981), resume un número de beneficios para un grado bajo de peletización en ingredientes fibrosos:

- Mayor uniformidad y apariencia deseable en la mayoría de los casos.
- Aumento de la densidad.
- Menor polvocidad.
- Fácil manejo.
- Reduce la segregación.
- Reducción de desperdicio.

Sin embargo, los anteriores beneficios no se lograron fácilmente ya que el tamaño de sus costos son muy elevados; principalmente los costos iniciales ya que la inversión en equipo para un sistema cualquiera de peletización es alto, y además los costos energéticos para funcionamiento son igualmente elevados; de 4 - US 5/tonelada.

Con respecto a la peletización, a pesar de que desde el punto de vista biológico, el incremento en digestibilidad de las distintas fracciones analizadas fueron muy bajos en la paja de alfalfa e inclusive negativos en los pastos Orchoro y Timothy, al mismo tiempo se vio un efecto positivo sobre el consumo diario de energía digestible con estos tres materiales (Cuadro 9A).

4.2.3 Métodos químicos.

Entre los alcalis que se han evaluado, el Na(OH) ha sido el más eficiente en el mejoramiento del valor nutritivo de los

residuos agrícolas fibrosos. De otro lado, ha resultado de mucho interés el tratamiento con (NH_4OH) debido a las ventajas adicionales que genera; entre ellas, el hecho de incorporar nitrógeno no protéico al residuo agrícola, y además de que con este tratamiento, comparado con el efectuado con $\text{Na}(\text{OH})$ no existe ningún riesgo de llegar a generar suelos sódicos.

Con el tratamiento alcalino se solubiliza la hemicelulosa, lo cual está acompañado de un rompimiento de enlaces ésteres que ligan la lignina a los carbohidratos estructurales, aumentando con ello el punto de saturación de la fibra; traduciendo lo anterior en una mayor tasa de fermentación ruminal.

En general, el tratamiento con alkali aumenta el consumo, la ganancia de peso y mejora la conversión alimenticia en rumiantes; pero en términos comparativos el tratamiento con $\text{Na}_4(\text{OH})$ los ovinos parecen responder mejor al tratamiento alcalino que los bovinos.

Una de las primeras publicaciones con respecto al tratamiento de pajas con NaOH fue la realizada por Fingerling et al (1923), estos reportan un aumento lineal en la tasa de digestibilidad de la materia orgánica (M.O.) de paja de arroz tratada, de 45.7 % hasta 71.2 %, con respecto a un incremento en la concentración de NaOH de 0 - 12 %. La

Figura 2 ilustra la digestibilidad de la materia orgánica (D.M.O.) en función de la adición de NaOH.

También a nivel de laboratorio se han logrado algunas experiencias reportadas por Rexen et al (1975), el cual relaciona factores como presión, temperatura y porcentaje de NaOH. Así, utilizando el NaOH concentrado en solución al 33% e incrementando cualquiera de estos tres parámetros (a temperaturas encima de 20°C) se produce un incremento en la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica de la paja (Figura 3).

Sin embargo, Junker (1976), también investigó la influencia de la presión, la temperatura y la cantidad de Na(OH) sobre la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica de la paja, y encontró que un incremento en temperatura de 80 a 150° C no tuvo efecto positivo en la digestibilidad *in vitro*, lo cual no tuvo concordancia con la encontrada por Rexen, et al (1975).

El Cuadro 10 muestra los resultados de un experimento en el cual se trataron diferentes materiales de pajas a escala semi-industrial con alcali en una planta con capacidad para 500 kg/ha (Rexen, 1979); las pajas fueron tratadas con 4 - 5% de Na(OH) y cortadas a 14 mm; allí se encontraron diferencias substanciales por el efecto del tratamiento en

varios materiales, el mayor efecto se encontró al tratar la paja de sorgo y el bagazo de caña.

La digestibilidad in vivo de los materiales tratados y no tratados expresados en el Cuadro 11, se observa que a excepción de las dietas con base en paja de avena tratada durante su cosecha con NaOH, se encontraron mejoras sustanciales en cuanto a la digestibilidad. Una posible explicación a la falta de efecto de NaOH en la paja de avena, es que en presencia de una adecuada suplementación con nitrógeno y minerales, la digestibilidad el material no tratado presentó una digestibilidad relativamente alta.

La respuesta del pasto puntero *Hyparrhenia rufa* al tratamiento con alcali fue baja con respecto a la paja de trigo; reflejando con ello una alta digestibilidad, en pasto no tratado (heno seco de campo). Asociado con el mejoramiento en digestibilidad (8.3 unidades), las ovejas consumieron 41% más materia seca del forraje tratado que del no tratado. El incremento en la digestibilidad fue tan bajo que las predicciones hechas a partir de las ecuaciones derivadas para forrajes tropicales, propuestas por Thomas (Thomas 1978 y Owen 1981), fueron 9.1 y 15.3 unidades respectivamente. Probablemente la diferencia refleja el nivel de alimentación (Ad-Libitum), pero a la vez es debida al factor utilizado en las ecuaciones, toda vez que su

coeficiente esta calculado a partir de digestibilidades in vitro.

Otros ensayos de respuesta animal han reportado importantes tasas de ganancia de peso utilizando pajas tratadas con urea y conservadas en un silo, comparadas con pajas no tratadas. Sin embargo, cuando se hizo una preservación pobre (Schultz y Raslton, 1974), o cuando la adición de material tratado en proporción a la dieta total fue relativamente baja (Mewat, 1976), la respuesta fue relativamente pequeña en cuanto al comportamiento animal.

4.2.4 Tratamiento con Amonio.

En Polonia, por primera vez Chamyzyn et al (1960), cosechó y remojó paja de cebada en una solución de NH_3 (40 gramos NH_3 /kg de paja), luego la mezcló con heno y la almacenó por tres días antes de ser suministrada a ovejas en crecimiento, llegando a las siguientes conclusiones sobre la amonificación de la paja.

- Mejoró la palatabilidad de la ración.
- Incrementó la digestibilidad, particularmente la de la P.C. y la fibra cruda.
- Aumentó la ganancia de peso y la eficiencia de utilización del alimento.

- El amonio produce N.N.P. en la paja, pudiendo reemplazar 30 - 40% de la proteína de la dieta de corderos durante la fase de engorde.

Las reacciones químicas del tratamiento con amonio están influenciadas por factores como cantidad de amonio, temperatura, tiempo de tratamiento, contenido de humedad, tipo y calidad del material a tratar.

Por ejemplo Sundstol et al (1978), también encontró un efecto positivo incrementando la temperatura entre -20 a +20° C; pero el efecto fue menos marcado a las ocho semanas que el experimentado a las cuatro; esto indica que una pequeña parte del efecto de la temperatura puede ser compensada con un aumento en el tiempo de tratamiento. Similares resultados fueron obtenidos por Becker y Pfeffe (1977) y Richter et al (1980).

El contenido de humedad es otro factor determinante en la efectividad del tratamiento con amonio. Waiss et al (1972), concluyeron que el mejor efecto del tratamiento con amonio fue obtenido cuando el contenido de humedad estuvo cercano al 30%. Por su parte, Sundstol et al (1979), encontraron que incrementando la humedad contenida en las pajas a partir de 12 hasta 50%, se obtiene un efecto positivo en la digestibilidad in vitro de la materia orgánica en paja

tratada con amonio (Figura 4). Estos resultados fueron igualmente confirmados por Solaiman, et al (1979).

Por otro lado, el efecto de varios niveles de NH_3 en la paja de avena a diferentes temperaturas y tratada por espacio de 4 semanas sobre la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, se observaron respuestas lineales y positivas para cada nivel de amonio (1.1-5.5 %) hasta los 16°C . A temperaturas mayores se mantuvo la digestibilidad y únicamente hubo un incremento, a partir de los 16°C , cuando se amonificó el material con 1.1 % de NH_3 (Figura 5).

En un ensayo de respuesta animal (Figura 6), durante una primera fase, se estudiaron tres niveles de suplementación de salvado de arroz (0.250, 500 g/animal/día) y en presencia o ausencia de follaje de leucaena para evaluar el uso del tamo de arroz amonificado. Durante esta primera fase (84 días), los terneros destetes, mostraron en la ganancia de peso una respuesta lineal al salvado de arroz en ausencia de la leucaena, mientras que no hubo respuestas al salvado cuando estuvo presente el follaje de leucaena en la ración, para lo cual se concluyó que 2 kg de hoja de leucaena son equivalentes a 500 g de salvado de arroz cuando se pretende suplementar el tamo de arroz amonificado.

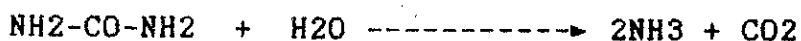
En una segunda fase, se evaluaron diferentes niveles de salvado de arroz y el efecto en sí de la amonificación del

tamo. Los resultados muestran una ventaja marcada a favor del tamo amonificado, tanto desde el punto de vista biológico como económico, ya que fue necesario agregar 2000 gramos de salvado de arroz con el tamo no amonificado para lograr los mismos resultados que proporcionan 500 g de salvado pero con el tamo amonificado.

En la tercera fase del ensayo, el comportamiento animal con el tratamiento del tamo no tratado suplementado con urea y azufre mejoró con respecto a la fase anterior, pero no alcanzó el nivel de comportamiento logrado con el tamo amonificado (al tamo no tratado se agregó una solución de urea y azufre 120 y 72 g/animal/día, respectivamente).

4.2.5 Tratamiento con urea.

Cuando la urea es descompuesta se forma amonio de acuerdo a la siguiente fórmula:



Peso molecular	60	+	18	----->	17	+	44
Peso producido	60	+	18	----->	34	+	44

La adición de 6.2% (peso/peso) de urea es equivalente a la adición de 3.5% de amonio, asumiendo un 100% de conversión. El uso de la urea como reactivo para el tratamiento de las

pajas ha sido bien conocido por algun tiempo y la aplicación de estos quimicos ha sido desarrollada en dos direcciones:

1. Combinando en el proceso industrial de la paja con el molido y el peletizado paletizado (Marienburg y Bergner, 19973, Bergner, Zimmer y Muchow, 1974, citados por Pulido 1990)).
2. A escala de productor, mezclando diferentes soluciones de urea con paja en bajas cantidades como por un espacio de tiempo que permita que la enzima ureaza descomponga la urea en amonio (Vander Merwe, 1976; Ahmed y Delberg, 1980, citados por Pulido 1990). En algunos casos una cantidad de ureaza suele ser adicionada para acelarar su descomposición ya que en estos métodos de tratamiento el amonio solo es liberado después de que la paja ha sido mezclada con la urea dentro de una peletizadora o en una bolsa. Estos métodos son mucho mas seguros que los que se requieren para manejo de amonio anhídrido o con amonio puro.

El costo y la disponibilidad de los diferentes reactivos determinan el método a utilizar. En ciertos paises (Ej. Blangladesh), la urea es considerablemente mas barata que el hidroxido de sodio o amonio y mas facilmente disponible (Sundstol E.M. Coxoworth, 1978).

El trabajo más amplio sobre el uso de urea como fuente de amonio para el tratamiento de pajas a nivel de finca, probablemente fue el realizado en Bangladesh con paja de arroz (Sadullah et al 1981, citado por Pulido 1990), en él se indica que si la paja de arroz esta seca, ésta puede ser mezclada a igualdad de pesos con una solución que contenga 5 % de urea. Así mismo señala que el tiempo recomendado es aproximadamente de tres semanas; con el cual es posible obtener un incremento en el contenido de proteína cruda y digestibilidad de la materia orgánica de la paja y sobre todo un aumento en el consumo de materia seca (Cuadro 13).

Por otro lado, Perdok, et al (1982), mostró el efecto del tratamiento de la paja de arroz con urea sobre el consumo, la producción de leche y el cambio de peso en vacas Gyr y sus crías (Cuadro 13).

En los cuadros 15 y 16 se muestran diferentes trabajos de respuesta animal con distintos tipos de suplementación a las pajas tratadas y no tratadas con urea, pero la implementación tanto del método de tratamiento como de la suplementación dependerá de la disponibilidad, pero más que todo de su costo en el mercado, tanto de los reactivos como de los mismos suplementos.

5. CONCLUSIONES

1. Existe acuerdo en atribuir la menor digestibilidad de los forrajes maduros y los residuos agrícolas en comparación con los forrajes tiernos, con motivo de la elevada proporción de lignina, la cual por el hecho de estar depositada en la periferia de las células vegetales reduce el acceso de las enzimas hidrolíticas a los carbohidratos estructurales, disminuyendo así la tasa de degradación de los mismos.

2. El consumo voluntario de las pajas es bajo debido a la menor rapidez del vaciado del rumen resultante de una mayor resistencia a la reducción del tamaño de partículas indigestibles en la masticación, lo cual reduce el espacio disponible para el nuevo alimento ingerido.

3. Los distintos procedimientos para mejorar el valor nutritivo de los materiales fibrosos, incrementan básicamente su digestibilidad y su consumo, otros como el tratamiento con amonio y urea aumentan además la cantidad de nitrógeno necesario para el metabolismo de la fracción fibrosa en el rumen.

4. La utilización o la combinación de estos métodos dependerá de la cantidad de pajas que se manejen, de la disponibilidad de los reactivos y su precio en el mercado.

6. BIBLIOGRAFIA

- Ahmed R, and Dolberg, F. 1980. Practical ways of improving utilization of straw. *Adab News (DACCA)*, 7: 12-14.
- Anan, D. and Nordkvist, E. 1987. Chemical composition and in vitro degradability of botanical fractions of cereal straw *Swedun J. Agric. Res.* 13: 61-807.
- Campling, R.C. Freer, M. and Blach, C.C. 1982. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 3 the effect of urea on the voluntary intake of et straw. *Br. J. Nutr.* 16: 115-124.
- Cowling y Kirk, 1978. Properties of cellulose and lignocellulosic materials o.s. substrates for anzymatic conversion processes. In: E.L. Gadden (Ed.): *Enzymatic conversion of cellulosic materials: technology and applications. Biotechnol. and Bioeng. Symp.* 6. Wiley-Interscience, New York. p. 95-123.
- Chesson, A. 1983. A nolatic approach to plant cell wall structure and degradation. In: *fibre in humas and animal nutrition royal society of new zealand wellington (In press)*.
- Chomyszyn, M., Bielinski, K. and Slaban, W. 1980. The use of ammoniated feed in the feeding of ruminants. 7. The use of ammoniated straw in fattening growing wethers. *Raczniki nauk rolniczych (Polish Agric. Annual)* Tom. 75: B-4: 531-540.
- FAO. 1981. *Fao Production year book vol. 35 Fao Stetaties Series no. 40. Roma 1982. v-30c pp.*
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forraje fibre analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Honkbollk No. 379 Washington D.C. pp. 1-12.*
- Harper, S.H.T. and Lynch, J.M. 1981. The chemical components and descompositium of wheat straw leaves, internades anamodes *J. Scc. Food Agric.* 32: 1057-1062.
- Jackson, M.G. 1977. Review article the alkali treatment of straws anim feed ses thecnol 2: 105-130.
- Kloplenstein, T.J. 1978. Chemical treatment of crop residuo, s. animal SCC. 46-841.
- 12 Kowalczy, K.J., Orskov, E.R., Robinson, J.J. and Stewort, C.S. 1976. Effect of fat supplementation on voluntary intake and rumen metabolism. m. shepp. *Br. J. Nutr.* 37-257.

- Mould, F. and Orskow, E.R. 1983. Associative effects of mixed feeds 1 effects of type and level of supplementation and the influence of rumen pH and cellulolysis and dry-matter degradation of various roughages ann feed see technol (In press).
- Orskov, E.R. and Hovell, F.D. 1978. Rumen digestion of hay cattle given sugar-caneor pangola hay. Trop. Anim Prod. 3: 9-11.
- Pulido H, J.I. 1990. Efecto de la amonificación con urea sobre el valor nutritivo y parámetros de digestión ruminal de la paja de jaraguá (*Hyparrhenia rufa*). Tesis M. Sc. CATIE. Turrialba Costa Rica. 130 p.
- Owen, E. 1981. Use of alkali treated low quality roughoges to sheep and goats. In: J.A. Kategits, A.N. Said nad F. Sundstal (ods): utilization of low quality roughages fin Africa. A development report No.1. Aas, norway, pp. 131-150.
- Patel, B.M., Patel, R. and Shukla, P.C. 191. Efect of stage of harvesting on the yield and composition of whest strae and grain Indian J. Nutr. Diet 8: 264-267.
- Perdok, H.B. Thamotharam, M. Blom, J.J. Born, H, Vander and Velew, C.Van. 1982. Practical experiences with urea ensiled straw in sri lanka. Paper presented at the third annual seminar mexinum livestock production from minimum lond, Joydepbur, Bangladest. 15-17 feb.
- Rexen, F.P., Stigsen, P. and Frils Kristensen, U. 1975. The effect of a new alkali technique on the nutritive valus of strae. In proc. of ninth nutrition conference for feed manufactures, Sth-7th January, 1975. University of Nottingham, England.
- Rexen, 1979. Low quality forages improve sith alkali treatment. Feedstruffs 51 (A2): 33-34.
- Shultz, T.A. and Ralston, A.T. 1974. Effect of various additives on nutritive value of grass straw silage. II. Animal Metabolism and Performance Observations. J. Anim. Sci. 39: 926-930.
- Solaiman, S.G. Horn, G.W. and Owens, F.N. 1979. Ammonium hydroxide treatment of wheat straw. J. Anim. Sci. 49: 802-808.
- 23 Sundstol, F., Coxworth, E. and Mowat, D.N. 1978. Improving the nutritive value of straw and other low-quality roughages by teratment with ammonia. Wld Amin. Rev. 26: 13-21.

Sundstol, F., Said, A.N. and Arnasan, J. 1979. Factors influencing the effect of chemical treatments on the nutritive value of straws. Act. Agric.Scand 29: 179-190.

Stevens. 1981. Pelleting: Emphasis on byproduct and roughage ingredients. Feedstufs 53 (31): E1-E3.

Theanden, O. and Amen. 1978. Chemical composition of some Swedish cereal straws. Swedish J.Agric. Res. 8: 189-194.

Thiago, L.R.L. and Kellaway, R.C. 1982. Botanical composition and extent of lignification affecting digestibility of wheat and oat straw and paspalum hay. Anim. Feed Sci.Technol 7: 71-81.

Thomas. 1978. Effect of sodium hydroxide treatment on the organic matter digestibility of hay from three tropical grasses. Trop. Agric. 55: 325-327.

Van Der Merwe, P.K. 1976. Animal feed material. Chem. Abstr. 87: 20898 y 1977.

Van Soest, P.J. and Jones, L.P.H. 1988. Effect of silica in forages upon digestibility. J.Dairy Sci. 51: 1644-1648.

Van Soest, P.J. 1970. The role of silicon in the nutrition of plants and animal. Proc. Cornell. Nutr. Conf. Feed Manufact. pp. 1103-109.

32 Waiss, A.C. Jr., Guggolz, J. Kohler, G.O., Walker, H.G. Jr. and Garrett, W.N. 1972. Improving digestibility of straws for ruminant feed by aqueous ammonia. J. Anim. Sci. 35: 109-112.

CUADRO 1. MULTIPLoS. USADOS EN LA CONVERSION DE RENDIMIENTO DE LOS GRANOS DE CEREALES A CANTIDADES DE SUBPRODUCTOS FIBROSOS PARA DIFERENTES REGIONES.

ESPECIES	AFRICA	AMERICA NORTE Y CENTRO	SUR AMERICA	ASIA	EUROPA	OCEANIA	URSS
Trigo	2.0	1.5	1.2	1.3	1.0	1.3	1.0
Cebada	1.5	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3
Maíz	3.0	2.0	3.0	3.0	2.0	3.0	3.0
Avena	1.5	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Mijo	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Sorgo	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

FUENTE: Vappu. L. Kossila. 1984 in Straw and Other Fibrous By-products as feed.

CUADRO 2. CANTIDAD TOTAL DE M.S., P.C., E.M., CONTENIDO EN SUBPRODUCTOS FIBROSOS DE CEREALES Y OTROS CULTIVOS DE ACUERDO A LA REGION Y SU INCREMENTO DE 1970(A) - 1981(B).

AREA	M.S. t. 10 ³	CAMBIO % (A a B)	P.C. t. 10 ³	CAMBIO % (A a B)	E.M. t. 10 ³	CAMBIO % (A a B)
Africa	343.564	(23,6)	21.147	(22,6)	2710,6	(25,7)
Norte y Centro América	1193355	<u>(66,3)</u>	71876	<u>(70,6)</u>	9375,1	<u>(67,9)</u>
Sur América	380253	<u>(71,4)</u>	23283	<u>(71,1)</u>	2958,8	<u>(68,2)</u>
Asia	1628882	(30,8)	98116	(27,9)	11989,9	(31,0)
Europa	504276	(25,1)	32120	(20,3)	3830,3	(24,5)
Mundo	<u>4423919</u>	(35,8)	<u>268779</u>	(33,8)	<u>33541,4</u>	(36,7)

FUENTE: Vappu, L. Kossila, Food and agriculture Organization Via Delle Terme de Caracalla.

CUADRO 3. CANTIDAD TOTAL DE M.S, E.M., P.C. Y TDN DE TODOS LOS SUBPRODUCTOS EN RELACION AL TOTAL DE UNIDADES ANIMAL Y VALOR NUTRITIVO LOS SUBPRODUCTOS DE CULTIVOS EN CADA REGION DE 1970 - 1981.

AREA	CANTIDAD DE NUTRIENTES DE TODOS LOS SUBPRODUCTOS/U.A./AÑO.			PROMEDIO CONTENIDO DE NUTRIENTES DE SUBPRODUCTOS		
	Kg M.S.	Kg P.C.	Kg E.M.	P.C g/kg.	E.M. Mgj/kg.	T.D.N.% g/kg.
Africa	2070	128	16347	82	7.74	52
Norte y Centro América	5480	330	43045	60	7.87	53
Sur América	1710	104	13288	81	7.78	53
Asia	2950	178	21732	60	7.36	49
Europa	2344	149	17803	64	7.57	51
Mundo	2811	171	213113	61	7.57	51

U.A: Unidad Animal de 500 kg P.V.

FUENEE: VAPPU, L. KASSILA. 1984 in straw and other Fibraus By-products as feed.

33

DISPONIBILIDAD POTENCIAL DE RAF EN COLOMBIA

CULTIVO	PRODUCCION TON (MILES)	SUBPRODUCTO TON (MILES)	COEFICIENTES - RELACION PRO- DUCTO = SUBPRODUCTO.
ALGODON			
- Semilla	66		
+ paja		193	Paja= algodón= 3 = 1
+ Cascarilla		17	Cascarilla = torta = 0.54= 1.0
ARROZ			
- Arroz en cáscara	1954		
+ paja		488	1091 kg base fresca/ha
+ pulidura		254	13% del arroz en cáscara.
CACAO			
- Grano	42		
+ cáscara		84	Cáscara = grano = 2;1 base seca.
CEBADA			
- Grano	60		
+ Paja		60	Paja = grano 1:1
CAÑA			
- Caña	26750		
+ Cogollo		8917	25% del peso de la caña integral
+ Bagazo		9362	35% de la caña cortada 4% de la caña de cortada.

FUENTE: RUIZ ET.AL. (1984).

DISPONIBILIDAD POTENCIAL DE RAF EN COLOMBIA

CULTIVO	PRODUCCION TON (MILES)	SUBPRODUCTO TON (MILES)	COEFICIENTE RELACION PRODUCTO = SUBPRODUCTO
FRIJOL - Grano + Paja	97	110	906 kg/ha.
MAIZ - Grano + Paja + Tuza	895	1718 224	Forraje: grano = 1,92:1,0 Base seca. Tuza: grano 1:4,0 base seca.
SOYA - Grano + Paja	94	85	Paja = semilla 1,0 : 1,1
SORGO - Grano + Forraje	665	1330	Paja = grano 2:1

FUENTE: RUIZ ET.AL. (1984).

CUADRO 4. COMPOSICION QUIMICA DE ALGUNOS ALIMENTOS TOSCOS DETERMINADO POR EL ANALISIS QUIMICO DE FIBRA DETERGENTE (Jackson 1977).

MATERIAL	PARED CELULAR	HEMICELULOSA	CELULOSA	LIGNINA
		g/kg M.S.		
Paja Cebada	810	270	440	70
Paja Avena	730	160	410	110
Paja Paddy	796	260	330	70
Paja Trigo	800	360	390	100
Sorgo	740	300	310	110
Paja Garvanzo	620	200	300	100
Paja alfalfa	690	190	380	110
Bagazo Caña	820	290	400	130
Poda Caña	800	260	360	100
Cáscaras Paddy	860	140	390	110
Cáscara de semilla de algodón	910	150	590	130

CUADRO 5. CARBOHIDRATOS DE BAJO PESO MOLECULAR EN LAS PAJAS
(Theander y Aman 1978)

CULTIVO	FRUCTUOSA	GLUCOSA	SUCROSA	ARABITOL	MANITOL	CHOS. DE BAJO
g/kg, M.S.						
CEBADA						
Cilla	3.4	4.8	1.5	1.9	1.8	13.4
Ingrid	0.4	0.2	0.8	0.5	1.9	3.8
Senat	1.3	1.3	0.8	1.4	0.7	3.9
Saerla	4.1	3.6	1.0	1.5	1.2	11.4
Wing	0.3	0.3	0.2	0.9	1.2	2.9
AVENA						
Titus	2.0	2.9	3.3	0.6	0.4	11.0
TRIGO INVIERNO						
Helma	2.6	1.2	0.6	1.5	1.3	7.0
TRIGO VERANO						
Orabant	2.5	1.8	4.4	2.1	1.8	12.6

CUADRO 6. CONTENIDO DE MINERALES DE PAJAS DE CEREALES

MINERAL	UNIDAD	CEBADA	AVENA	ARROZ	TRIGO VERNAO	TRIGO INVIERNO
Cenizas	g/kg	60	59	189	69	50
Sílica	"	15	11	130	31	32
Ca	"	29	3.9	2.4	3.2	2.1
P	"	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8
Mg	"	1.0	1.5	1.2	0.9	1.1
K	"	14.0	21.9	13.2	11.8	10.0
Na	"	-	-	-	0.5	0.5
Cl	"	7.7	8.1	-	6.5	3.5
S	"	1.4	2.5	1.3	1.4	1.6
Fe	Mg/kg	305	214	347	420	230
Mn	"	27	89	-	-	38
Zn	"	60	138	-	-	54

FUENTE: Theander y Aman (1978).

CUADRO 7. COMPOSICION QUIMICA DE LAS FRACCIONES DE LA PAJA
(Aman y Nordkvist 1983).

CONSTITUYENTE	T R I G O			C E B A D A		
	ENTRENUDO	NUDO	HOJA	ENTRENUDO	NUDO	HOJA
g/kg M.S.						
Extracto Soluble en 80% Ethanol y Cloro- formo	68	81	81	98	95	112
P.C.	29	41	48	17	40	37
Celulosa	411	327	323	433	332	364
Hemicelulosa	245	286	256	242	331	283
Lignina	216	217	268	178	167	143
Ceniza	38	51	96	16	31	44
Sílica	14	15	39	3	4	11

CUADRO 8. COMPOSICION QUIMICA DE LA PAJA DE TRIGO A DIFERENTES FECHAS DE CORTE (Patel et al 1971).

CONSTITUYENTE	T I E M P O D E C O R T E		
	UNA SEMANA ANTES	NORMAL	UNA SEMANA DESPUES
		g/kg	M.S.
P.C.	56	44	36
E.E.	19	15	15
F.C.	399	409	435
E.L.N.	414	420	410
Ceniza	111	112	104
Silica	54	53	46
Fósforo	1.5	2.4	1.5
Ca.	3.5	3.6	3.4
Caroteno G/g	58.21	3.99	-
Rendimiento kg M.S./ha.	7110	7131	5174

CUADRO 9. EFECTO DEL AMBIENTE RUMINAL SOBRE LA DEGRADACION DE LA PAJA Y EL HENO.
 INCUBADO A 48 HORAS EN OVEJAS.

SUBSTRATO	AMBIENTE RUMINAL		PAJA NO TRATADA	PAJA TRATADA	HENO
	mg/100ml Amoniaco	NH_3 pH			
PAJA NO TRATADA	26.8	6.9	31.3	41.1	37.1
PAJA TRATADA CON AMONIO	24.4	6.9	46.6	50.6	48.8
HENO	21.2	6.8	32.4	37.1	35.7

FUENTE: SILVA, Orskov 1983.

CUADRO 9A EFECTOS DEL PELETIZADO EN FORRAJES MADUROS: %INCREMENTO (+) ó DISMINUCION (-) DEL COEFICIENTE DE DIGESTION Y CONSUMO DE ENERGIA DEBIDO A LA PELETIZACION DE MATERIAL PICADO. (ADAPTADO DE HENAY ET AL 1963).

DIGESTIBILIDAD	ALFALFA	PASTO ORCHARO	TIMUSTY
Materia seca	0	- 16	- 16
Materia orgánica	+ 2	- 18	- 17
Proteína	+ 2	- 14	- 2
Fibra	+ 2	- 25	- 33
E.L.N.	- 2	- 15	- 15
Energía	+ 2	- 19	- 16
Consumo de energía digestible diariamente	+14	+ 64	+ 94

CUADRO 10. EFECTOS DEL TRATAMIENTO CON ALKALI EN VARIAS PAJAS.
(Rexen 1979) IVOMO %

MATERIAL	DENSIDAD DE LA PARTICULA kg/cm ³	ANTES DEL TRATAMIENTO	DESPUES DEL TRATAMIENTO	INCREMENTO
Paja Cebada	450	45.3	66.3	21
Paja Avena	416	54.5	73.6	19
Paja Trigo	460	39.1	70.1	31
Paja Arroz	380	46.7	74.7	78
Pasto Raigras	400	49.7	72.9	23.2
Paja de sorgo	456	38.1	68.4	30.3
Tallos de maiz.	424	56.1	74.6	18.5
Bagazo	268	22	89	27.1

CUADRO 11. TRATAMIENTO QUIMICO DE PAJA Y FORRAJES DE BAJA CALIDAD CON Na(OH) EN EL CAMPO DIRECTAMENTE. DIGESTIBILIDAD DE M.O IN VIVO DE MATERIALES TRATADOS Y NO TRATADOS.

	U.R (Alawa, 1986) PAJA TRIGO ¹	AUSTRALIA (Thiage et al 1979) P. TRIGO P. AVENA		TANZANIA (Vategil 1981) HYPARRENIA R ³
No tratado	44.7	48.7 ²	60.4 ²	50.9
Tratado	62.7	68.3	59.6	57.2

1. Por diferencia, dieta contenida 80% de Pa. y 20% de CO.
2. Suplementación Urea y minerales esparcidos en la paja codimentación.
3. Miel (200 g/día) abarcando el 25% y 20% del final de la dieta con M.S. para los cultivos no tratados respectivamente.

CUADRO 12. CONTENIDO DE PROTEINA, CONSUMO DE M.O. Y DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGANICA DE PAJA DE ARROZ TRATADA CON UREA (Saadullah et al 1981).

	P.C. g/M.S.	Consumo M.O.		D.M.D. %
		g/kg	$W^{0.75}_d$	
1. Paja arroz no tratada	33	46.2		45
2. Paja tratada 3% Urea en trinchera (20 días)	74	51.7		54
3. Paja tratada 5% urea en trinchera (20 días)	80	60.9		56
4. Paja tratada 5% Urea (40 días) 10% melaza	78	63.4		57
5. Paja tratada 5% Urea en costo de bambú (20 días)	83	57.5		56

CUADRO 13. EFECTO DEL TRATAMIENTO CON UREA DE PAJA DE ARROZ EN EL CONSUMO, LA PRODUCCION DE LECHE Y EL CAMBIO EN EL PESO DE VACAS G y R y sus crías (Perdek et al 1982).

PAJA DE ARROZ AD LIBITUM	TRATADO	NO TRATADO
kg. de concentrado	1.5	1.5
No. de animales	17	17
Consumo de M.S. de Paja kg/d	8.6	5.2
Producción de leche kg/d	3.41 ^a	2.42 ^b
Grasa de leche	4.91	4.60
Cambio animal paso día		
Vacas g/d	93 ^a	-266 ^b
Terneras g/d	257 ^a	-181 ^b

CUADRO 14. EFECTOS DE VARIOS SUPLEMENTOS A LA PAJA TRATADA EN DIFERENTES EXPERIMENTOS

EXPERIMENTO	DIETA BAS. Y SUPLEMENTO ALIMENTO KG/d.	CONSUMO M.S.		DIGESTIBILIDAD		GANANCIA kg/d	CONVERSION Ms/gpv
		TOTAL	PAJA	TOTAL	PAJA		
1. Paja de trigo tratada en UREA (189 días)							
	- Harina de pescado 0.2 kg	72	69	55	55	0.36	10.6
	- Concentrado mezclado 1.0 kg	80	60	56	49	0.39	11.4
2. Paja de arroz suplementada con 5.9 kg de ensilaje (70 días)							
	- UREA TRATADA	94	49			0.35 a	13
	- NO TRATADA	83	46			0.07 b	53

CUADRO 15. EFECTOS DE VARIOS SUPLEMENTOS A LA PAJA TRATADA EN DIFERENTES EXPERIMENTOS

EXPERIMENTO, DIETA BAS. Y SUPLEMENTO. ALIMENTO kg/d	CONSUMO M.S. G.P METAB/d		DIGESTIBILIDAD %		GANANCIA	CONVERSION
	TOTAL	PAJA	TOTAL	PAJA	kg/d	Ms/gpv
3. Paaa de arroz tratada con UREA (90 días)						
- Control	135	135.9	43	43	0.25 cd	31 ab
- Torta algodón 0.32 kg	136	128 ab	45	44	0.43 ab	14 bc
- Harina de pescado 0.23 kg	125	119 ab	46	44	0.33 abc	15 bc
- Harina de hoja leucaena 0.37 kg.	126	116 b	47	46	0.29 bc	18 bc
Paaa de arroz no tratada (90 días)						
- Urea	96	96	45	45 a	0.11 d	42 a
- Concentrado 1.75 kg.	109	66	49	32 a	0.47 a	10 a

CUADRO 16. EFECTOS DE VARIOS SUPLEMENTOS A LA PAJA TRATADA EN DIFERENTES EXPERIMENTOS

EXPERIMENTO DIETA BASE Y SUPLEMENTO kg/d	CONSUMO M/S		GANANCIA kg/d	CONEERSION kg.MA/gpv
	TOTAL	PAJA		
4. UREA Y tratamiento con cal a la paja se arroz - 1 kg pasto verde (105 días)				
Control	96	96	0.14 a	21
- Harina de pescado 0.15 kg	98	89	0.36 b	9
- Harina de pescado 0.15 kg salvado de arroz 0.3 kg	108	91	0.35 b	10
- Harina pescado 0.15 kg salvado de arroz 0.6 kg	118	93	0.34 b	11

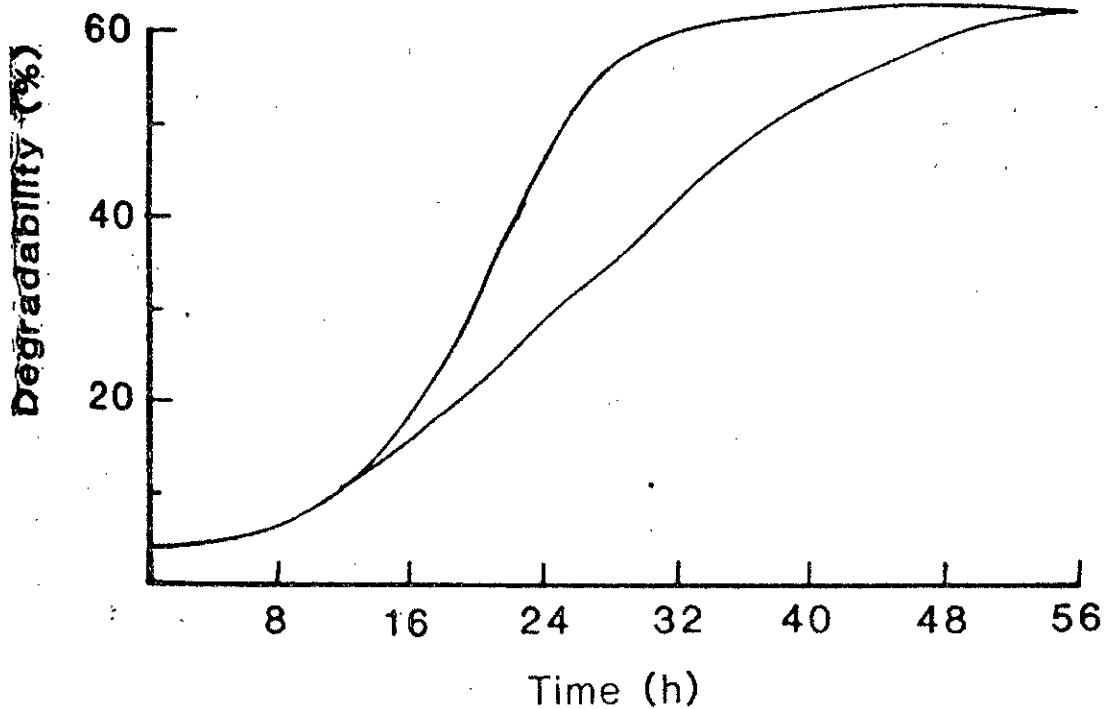


FIGURA No. 1

ILUSTRACION SOBRE DOS ALIMENTOS CON SIMILAR DEGRADABILIDAD POTENCIAL PERO SEGUIDAS DE DIFERENTES TASAS DE DEGRADACION. AMBAS CURBAS ESTAN REPRESENTADAS POR LA ECUACION:

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

CON SIMILARES VALORES PARA (a+ b) pero diferentes tasas, c.

DIG. COEFF.
ORG. MATTER

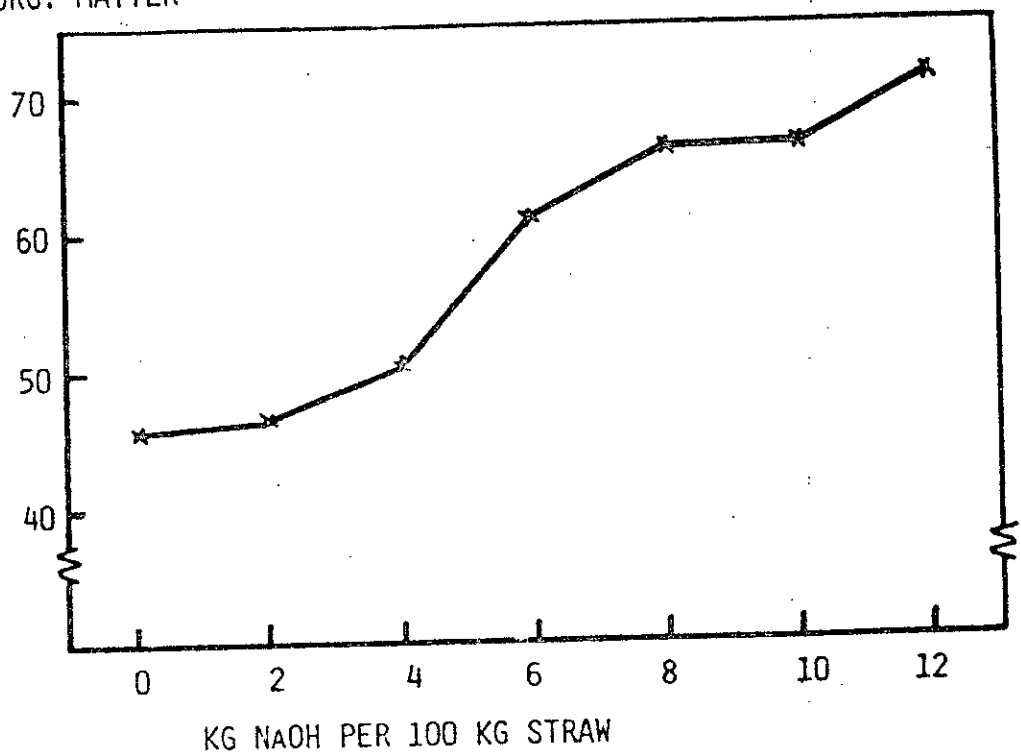


FIGURA No. 2

DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGANICA DE PAJAS DE CEREALES A DI-
FERENTES NIVELES DE TRATAMIENTO CON Na (OH).

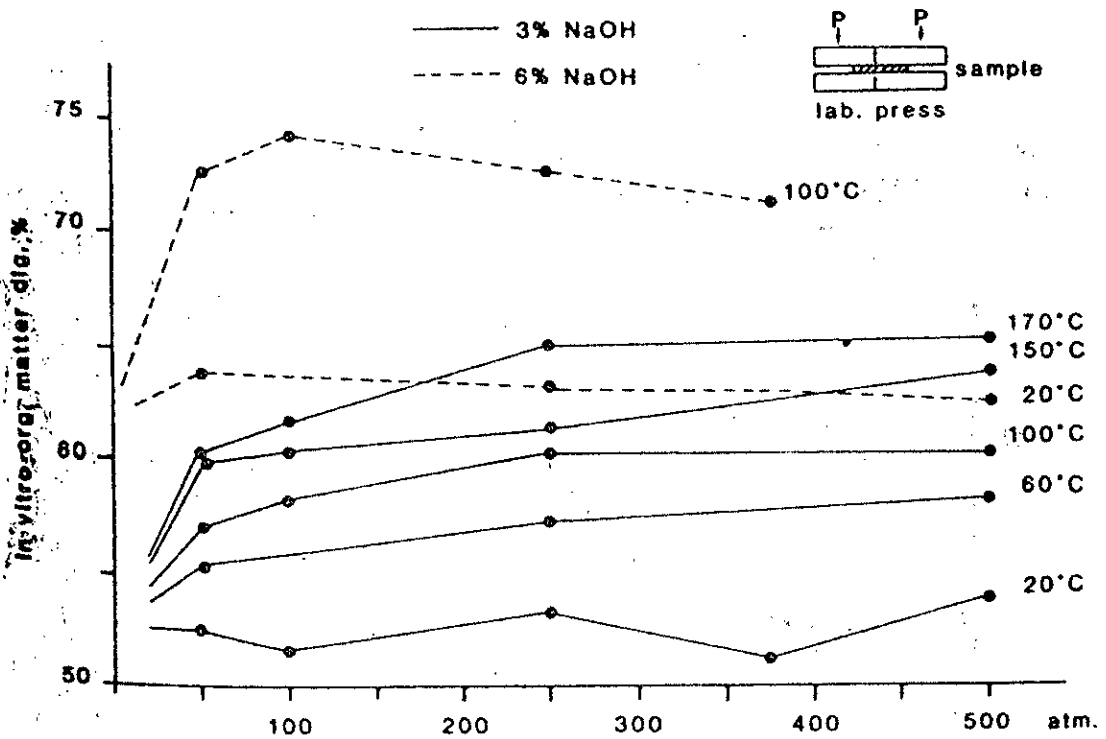


FIGURA No. 3

EFFECTO DE LA PRESION Y LA TEMPERATURA Y EL NIVEL DE Na (OH)
 SOBRE LA DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE LA MATERIA ORGANICA DE
 LA PAJA DE CEREALES.

IVOMD

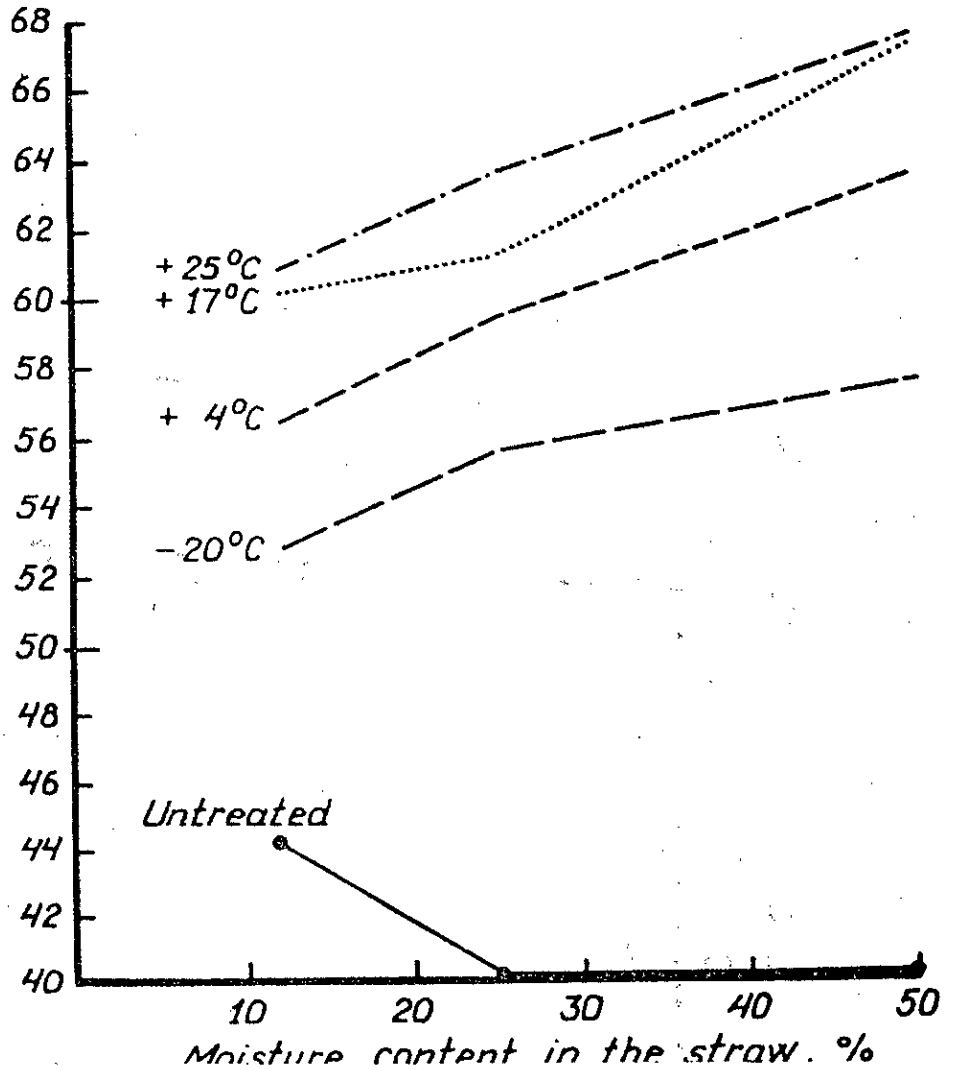


FIGURA No. 4

EFFECTO DE VARIOS CONTENIDOS DE HUMEDAD Y TEMPERATURA SOBRE LA DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE LA MATERIA ORGANICA DE LA PAJA DE TRIGO TRATADA CON 3.4 % de NH_3 POR 8 SEMANAS

IVOMD

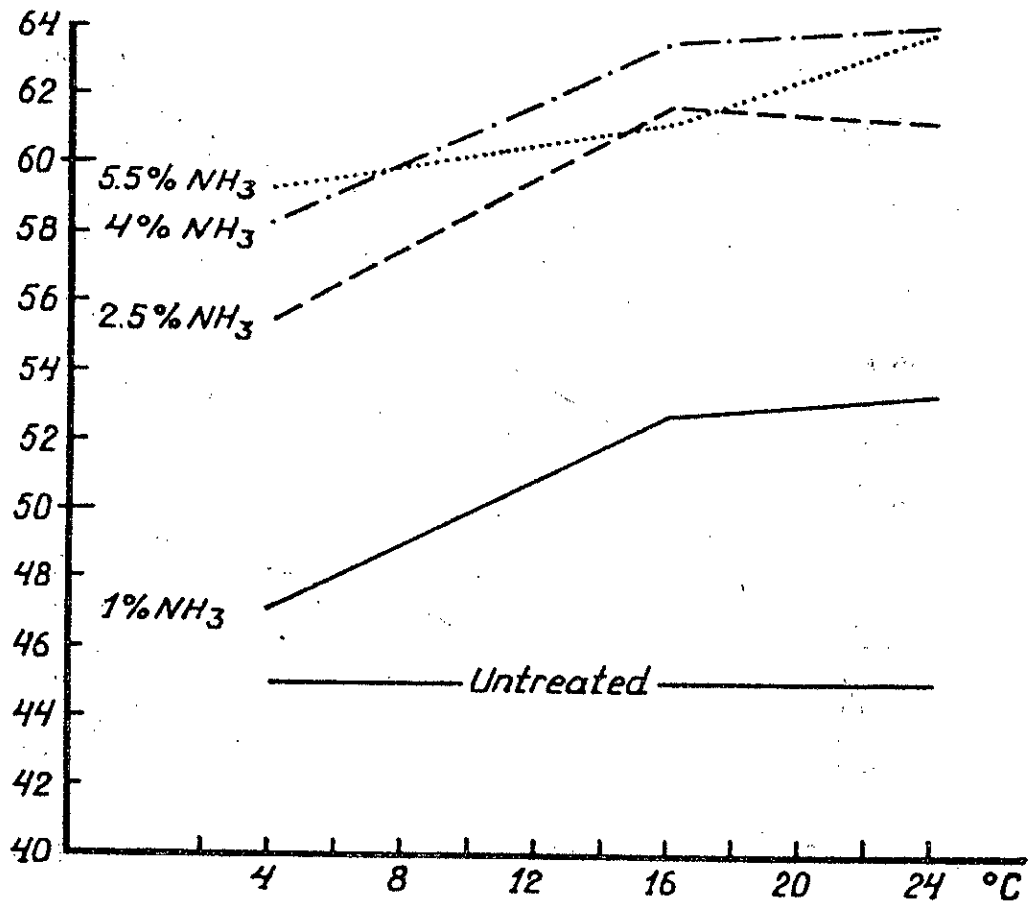


FIGURA No. 5

EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE AMONIO Y TEMPERATURAS SOBRE LA DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE LA MATERIA ORGANICA DE LA PAJA DE AVENA TRATADA POR CUATRO SEMANAS.

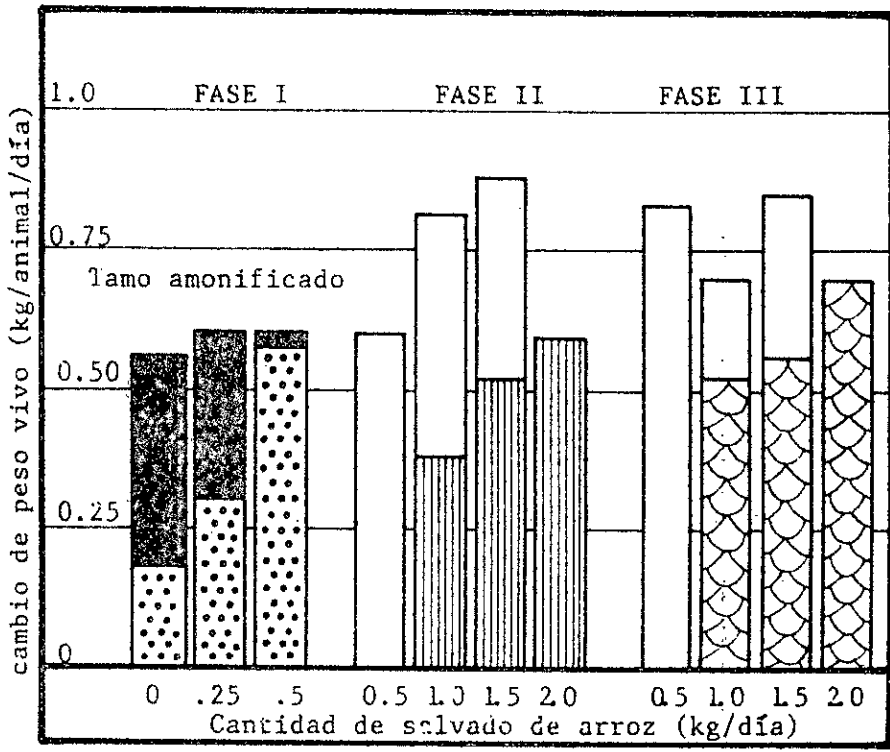


FIGURA No. 6

ENSAYO DE RESPUESTA ANIMAL EN DIFERENTES ETAPAS DE CRECIMIENTO CONSUMIENDO PAJA DE ARROZ AMONIFICADA Y DIFERENTES TIPOS DE SUPLEMENTOS

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
SUBGERENCIA DE INVESTIGACION
CENTRO DE INVESTIGACION OBONUCO
REGIONAL N°. 5
PROGRAMA GANADO DE LECHE

IMPORTANCIA DE LA CAÑA DE AZUCAR Y SUS SUBPRODUCTOS
EN LA ALIMENTACION DE RUMIANTES

SAN JUAN DE PASTO
JULIO, 1992

IMPORTANCIA DE LA CABA DE AZUCAR Y SUS SUBPRODUCTOS EN LA ALIMENTACION DE RUMIANTES

JUAN BECERRA ^{Martínez}*

1.- INTRODUCCION.

Dentro de las estrategias planteadas por los estudiosos de la producción animal tanto en la zona templada como en el trópico, uno de los aspectos más importante es ocupado por la utilización de derivados de la producción e industrialización agrícolas para la alimentación animal. La anterior preocupación tiene su origen en dos hechos fundamentales: a) En muchas ocasiones, los subproductos agroindustriales se han convertido en un problema sanitario y b) La composición química de dichos subproductos permite su utilización como alimento animal.

Los subproductos del trigo y del arroz han sido usados desde tiempos inmemoriales en el Asia para la alimentación de los animales de granja. Otros cultivos como el maíz, la cebada y la soya se han incorporado posteriormente a la ganadería, aportando una apreciable cantidad de residuos de cosecha y subproductos

* MVZ, MSc, Programa Ganado de Leche, ICA-CI Obonuco
Apartado Aéreo 339, San Juan de Pasto, Colombia

industriales como forraje y concentrados. En general, se puede afirmar que todos los cultivos producen, en mayor o menor proporción, algún subproducto utilizable para alimento animal.

En este contexto, la caña de azúcar ocupa un puesto de especial importancia para la ganadería tropical, originado por las características de la planta y, sobre todo, por las particularidades de la explotación industrial a que es sometida para obtener el producto final que puede ser azúcar refinada o, en el caso particular de la zona colombiana andina de ladera, panela.

Con el proceso industrial avanzado se ha logrado, paralelamente a la producción de azúcar, la transformación de los subproductos de la caña en muchos productos que satisfacen una amplia variedad de demandas de la sociedad moderna. Sin embargo, el proceso de producción de panela es muy diferente y los subproductos que deja no permiten esa amplia utilización, limitándose a ofrecer dos o tres opciones, especialmente para la alimentación animal.

El departamento de Nariño produce cerca de 100000 toneladas de panela al año, provenientes de 22000 hectáreas de caña. Estas cifras suponen más de 100000 toneladas de subproductos cuya utilización no está documentada.

En el presente documento se pretende revisar la importancia de la caña de azúcar en la alimentación de ruminantes y aportar

elementos de juicio para evaluar la utilización que se hace actualmente de los subproductos de la caña en la zona de cañera de Nariño.

2.- ASPECTOS GENERALES DEL CULTIVO.

2.1.- Origen.

La caña de azúcar es originaria del Asia, con centros secundarios de dispersión en la Polinesia, el Oriente Medio y el norte de Africa, así como en las rutas de migración que se crearon alrededor del planeta con el desarrollo de las relaciones comerciales, todo lo cual influyó de manera decisiva a que valiosos clones de la planta se dispersaran por el trópico. En la actualidad se conocen cerca de 1000 variedades modernas de caña, razón por la cual se considera lo más correcto referirse a las cañas cultivadas actuales como Saccharum spp. híbridos.¹

2.2.- Características de la planta.

La caña es una planta perenne, del grupo identificado como C₄, es decir que, al igual que muchas otras gramíneas tropicales, los primeros compuestos que produce en el proceso de la fotosíntesis son de cuatro carbonos (ácido málico y aspartato), característica que la hace más eficiente convertidora de energía a partir de la luz solar, respecto a las gramíneas de clima templado, las cuales solo producen compuestos de tres carbonos (ácido fosfoglicérico) y por esto son denominadas C₃.^{2,3} En efecto, Figueroa⁴, considera al cultivo como el más productivo del mundo y estima su potencial genético en 300 toneladas de materia verde por hectárea

al año. Por otra parte, la producción promedio mundial es de 58 toneladas al año², cifras que indican el grado de subexplotación del cultivo a nivel universal.

Durante la época del año en que son más altas las temperaturas y mayores las precipitaciones, la caña alcanza un gran crecimiento vegetativo y la fotosíntesis se orienta a producir carbohidratos (CH) de alto peso molecular como celulosa y otras materias que forman el aparato de sostén de la planta. Al cesar las lluvias y disminuir la temperatura, se incrementa al máximo la síntesis de sacarosa que se almacena en el tallo: entonces se dice que la caña ha alcanzado su madurez tecnológica.⁴

La región cañera localizada en las laderas andinas colombianas hasta alturas de 2000 msnm, tiene la particularidad de un rango muy amplio de temperatura diaria a lo largo del año, que puede ser de 11 °C o más (Herazo, información personal, 1992). Esto permite que durante el día la planta crezca y durante la noche sintetice sacarosa, lo cual se traduce en una disponibilidad permanente de caña para procesar.

En cuanto a morfología, se puede anotar lo siguiente¹:

Raíz.

La caña de azúcar presenta dos tipos de sistemas radiculares: uno adventicio que tiene como función nutrir la nueva planta durante los primeros estadios de vida y otro permanente, cuyas

características físicas pueden variar en las diferentes especies, pero que cumple las funciones de sostén y absorción, no alcanzando más de 60 cm de profundidad.

Tallo.

A partir de una yema colocada en condiciones favorables, se desarrolla el tallo de la caña, el cual es de dos tipos: a) rizoma o subterráneo, y b) aéreo, que es el aprovechado para la extracción del azúcar. Las yemas al desarrollarse dan lugar al tallo primario, el cual origina los tallos secundarios a partir de las yemas de su porción basal, proceso que se repite en forma ininterrumpida hasta que las condiciones ambientales lo impidan.¹

El tallo aéreo termina en una macolla o cogollo, formado por un penacho de hojas, el cual es de consistencia tierna. Esta sección está compuesta por canutos en proceso de alargamiento, es rica en azúcares reductores y baja en fibra, mientras que la base del tallo es el principal depósito de sacarosa y es considerado el fruto agrícola de la caña.

2.3.- Composición de la planta de caña.

Químicamente la caña está formada por dos fracciones principales: a) una soluble, de alto valor biológico, formada por azúcares simples, en su mayor porcentaje sacarosa y b) otra insoluble, de bajo valor biológico, constituida por compuestos estructurales como la celulosa, hemicelulosa y lignina (cuadro 1).

La fracción insoluble comprende cogollo y hojas secas, bagazo y cachaza, mientras que la fracción soluble está formada por jugo, mieles rica, A y B, y miel final.

Cuadro 1. Composición química de la caña de azúcar

Detalle	MS (%)
Materia seca	29
Proteína cruda (N * 6.25)	2
Hemicelulosa	20
Celulosa	27
Lignina	7
Azúcares totales	40
Cenizas	5

Fuente: Cuaron y Shimada, 1981 (Tomado de Figueroa, 1989)

La caña, dentro de un proceso industrializado, da lugar a ocho productos primarios durante su procesamiento:

- Residuos de la cosecha que se quedan en el campo
- Residuos de la cosecha separados en los centros de acopio
- Agua vegetal
- Cachaza
- Miel final
- Azúcar
- Bagazo
- Cenizas

Pero la explotación tradicional, casi artesanal que se practica en la mayor parte de la zona andina de ladera, solo produce panela bagazo y cachaza, además de cogollos.

En el cuadro 2 se aprecian las diferencias, en composición porcentual, del fraccionamiento de la caña en su estado natural y cuando se destina a la industria.

Cuadro 2. Fraccionamiento de la caña de azúcar en su estado natural y cuando se destina a la industria

Fraccionamiento (%)	Estado natural	Destinada a la industria
Cogollo + hojas verdes (en el campo)	8	9.4
Vaina + hojas secas (a centros de limpieza)	14	8.2
Tallos (a industria)	78	82.4
Azúcar		10.4
Mieles		15.5
Bagazo		23.1
Cachaza		3.3

Fuente: ICIDCA-GEPLACEA, 1988

3.- UTILIZACION DE LA CAÑA COMO ALIMENTO.

A pesar de la gran disimilitud de sus principales componentes (ver numeral 2.2.), las fracciones soluble y no soluble de la caña se pueden separar con facilidad por medio de la molienda, obteniéndose así jugo y bagazo, el primero de los cuales es fácilmente asimilable por los monogástricos, mientras que el segundo solo puede ser utilizado por rumiantes dado su alto contenido de fibra. En cuanto a la planta entera, también puede ser utilizada directamente por algunos animales monogástricos como el cerdo, el cual extrae mecánicamente el jugo desperdiciando el bagazo, o por el rumiante, que aprovecha además la parte del cogollo y el bagazo, los cuales son digeridos por las bacterias ruminales. Por estas razones, siempre que sea posible, se debe tratar de procesar en alguna medida la caña para utilizar de manera más eficiente su contenido.

3.1.- Fracción soluble.

La característica que tienen los rumiantes de utilizar el polisacárido celulosa como fuente de energía a partir del metabolismo de los microorganismos ruminales, es válida también para los azúcares provenientes de la fracción soluble de la caña. Esta es la razón fundamental para no usar directamente el jugo de la planta en la alimentación de rumiantes, puesto que los monogástricos lo pueden aprovechar con mayor eficiencia.

Sin embargo, algunos subproductos provenientes de la fracción soluble del procesamiento industrial de la caña, como las mieles, si se han utilizado con éxito en rumiantes. En cuanto al proceso artesanal de molienda, produce solo cachaza como subproducto aparentemente soluble.

Mieles.

Se originan durante el proceso de clarificación, concentración y cristalización del jugo de caña en el ingenio y pueden ser de cuatro tipos:

- primera miel, meladura, miel rica
- miel A, que se produce al extraer el 75% del azúcar recuperable
- miel B, que se origina cuando se ha extraído el 86% del azúcar
- miel final, miel C, melaza, subproducto que se obtiene cuando ya no es posible cristalizar más sacarosa.

El valor energético de las mieles va disminuyendo a medida que se procesan, así, la miel final o melaza contiene menos energía que las otras pero, debido al proceso que sufre durante la obtención de sacarosa, se le incorporan algunos minerales como calcio, magnesio, azufre y elementos trazas, lo cual es de apreciable valor, puesto que estos componentes son a menudo limitantes en la ganadería tropical. Al respecto, es conocida la limitada cantidad de nitrógeno presente en la caña (cuadro 1), característica que es transmitida a sus subproductos. Para

corregir tal deficiencia, a las dietas ricas en caña se adiciona úrea como fuente de nitrógeno no proteico (NNP), aprovechando la facultad que tienen las bacterias ruminales de utilizar amoníaco para producir sus aminoácidos, sin tener en cuenta el origen de dicho amoníaco. Las mieles son también deficientes en fósforo.

Cuadro 3. Composición química de las mieles de caña

	Mieles (% MS)			
	Rica	A	B	Final
Materia seca	85.0	82.5	78.1	83.5
Nitrógeno	0.26	0.29	0.38	0.44
Cenizas	2.8	4.6	7.2	9.8
Ext. libre de nitrógeno	95.6	93.0	90.4	87.4
Azúcares totales	86.1	75.9	69.5	58.3
Sustancias orgánicas no identificadas (1)	9.5	17.1	20.9	29.1

Fuente: Figueroa, 1989

(1) Extracto libre de nitrógeno menos azúcares totales

La miel disponible en el mercado colombiano es la miel final o melaza. Teniendo en cuenta que el procesamiento industrial de la caña da como resultado un 15.5 % de miel final (cuadro 2), se puede deducir que de las 135000 hectáreas de caña destinadas a la producción de azúcar en Colombia, se derivan cerca de 2 millones

de toneladas de miel final, una apreciable producción, utilizable para la alimentación animal, como componente de concentrados y mezclada con área.

A pesar de no conocerse limitaciones fisiológicas para el uso de melaza en rumiantes, a medida que se incrementa el nivel de miel final en la ración, la eficiencia alimenticia disminuye, pero en menos grado que en monogástricos.⁶ La presentación de diarreas fisiológicas cuando las dietas de melaza son altas (50% o más) se relaciona probablemente con sus altos contenidos de cenizas y otros compuestos insolubles (cuadro 3). Para corregir esto, se ha desarrollado un sistema de alimentación que combina proteína verdadera, NNP, melaza y forraje. Este último se ofrece en proporción de 1.5 - 5 % de peso corporal en base fresca para estimular la función ruminal y prevenir trastornos metabólicos.

El aprovechamiento de la melaza para la producción de leche alcanza un 13 a 34 % en vacas lactantes alimentadas con dietas en las cuales la melaza aporta 42 % de la energía metabolizable, lo cual representa una eficiencia de utilización muy baja, comparada con el 60% que se obtiene con dietas convencionales.⁷ Esto puede ser ocasionado por los altos niveles de insulina circulante, relacionados con la proporción elevada de butirato producido en el rumen y además por las bajas producciones de acetato y propionato. Sin embargo, la utilización de melaza líquida para producción de carne puede incluirse en porcentajes mayores de 70%, según se desprende de numerosos estudios realizados al

respecto,^{10.11.12.13} que reportan altas tasas de crecimiento animal en bovinos, entre 800 y 950 gramos/animal/día.

En dietas a base de melazas, se debe suplementar con urea como fuente de NNP, proteína verdadera para llenar las exigencias de los microorganismos ruminales, fibra y forraje verde de buena calidad.¹⁴

Cuando los porcentajes de melaza en la dieta son elevados, se pueden presentar algunos trastornos metabólicos, siendo de especial importancia la intoxicación por melaza o borrachera y la intoxicación por úrea, como quiera que este producto se asocia invariablemente con la melaza. Preston y Leng¹⁴ hacen una revisión completa de este tema.

Bloques multinutricionales.

Una característica importante de las mieles es su alto porcentaje de materia seca (cuadro 3), lo cual permite su almacenamiento por largos períodos de tiempo. Sin embargo, el transporte y manipuleo de la miel, así como su almacenamiento en cantidades apreciables, se torna dificultoso y en ocasiones limita el uso que pueden darle los pequeños y medianos productores, sobre todo cuando las explotaciones están localizadas en áreas alejadas de los ingenios.

Como alternativa para el uso eficiente de miel final, se ha desarrollado la elaboración de bloques multinutricionales,

tecnología que permite solidificar la melaza e incorporar en la dieta animal elementos minerales, NNP en forma de úrea, proteína verdadera, antihelmínticos, ionóforos y cualquier otro componente necesario.

Una de las ventajas del bloque, en relación al consumo de úrea, es que regula su ingestión, propiciando niveles de NH_3 estables a lo largo del día en el rumen, lo cual se refleja en un mejor aprovechamiento de la energía por parte de las bacterias ruminales.

El bloque se puede usar durante la sequía para mejorar la disponibilidad de nitrógeno y energía, pero también sirve para potencializar el efecto de alimento sobrepasante. Becerra y David¹⁵ encontraron que al suplementar con bloques por tres horas diarias a vacas mestizas lactantes que pastoreaban en praderas de pará (Brachiaria mutica) y pangola (Digitaria decumbens), durante el período de lluvias, aumentaron 420 g de peso por día, mientras que las vacas alimentadas solo con pastos aumentaron 48 g por día en el mismo período.

Por su versatilidad y fácil fabricación, los bloques se constituyen en una de las formas más indicadas para utilizar la melaza en zonas tropicales. Becerra y David¹⁶ presentan una serie de materias primas disponibles en el medio tropical y proponen algunas de sus posibles mezclas (cuadro 4). Se debe recalcar que, aparte de los niveles de úrea, las únicas limitaciones que hay

para la fabricación de bloques son la disponibilidad de materia prima, y la imaginación del fabricante.

Cuadro 4. Composición de bloques multinutricionales

Ingredientes	Tratamientos														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Melaza	40	40	40	40	40	50	20	35	30	20	25	30	20	20	30
Urea	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Sal común	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mezcla mineral	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Cal apagada	10	10	10	10	10	10	10	15	20	15	25	10	15	10	15
H. matarratón	30	0	0	10	20	30	40	30	30	35	25	20	35	10	35
H. yuca	0	30	0	10	10	10	10	0	0	0	0	10	10	40	0
Casc. arroz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	5	10	0	0	0
Sorgo molido	0	0	30	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo (\$/kg)*	50	64	68	61	55	50	44	48	46	39	44	49	44	58	45

Fuente: Becerra y David, 1990

* Pesos colombianos de 1989

3.2.- Fracción no soluble.

Esta fracción se compone cogollo, hojas secas (paja), bagazo y cachaza. De acuerdo al grado de tecnificación del proceso, los porcentajes de estas fracciones varían. Hay abundantes datos de estos porcentajes correspondientes a los cultivos tecnificados

que proveen caña para las centrales azucareras, pero no sucede lo mismo con los trapiches paneleros de la zona andina, cuya evaluación productiva consistente está en mora de realizarse. Este es un interesante reto para lo profesionales del sector.

Cogollo y hojas verdes.

El cogollo comprende la parte más joven de la planta junto con las hojas verdes. Participa en 10 % aproximadamente del peso total de la caña y su calidad como forraje es regular, alcanzando una digestibilidad cercana al 65 %. Está compuesto por agua en 50 % por lo cual su transporte a zonas alejadas de los cultivos, medido en unidades de energía, es costoso. Tiene un contenido de proteína bajo, pero su balance mineral es adecuado para la mayoría de los requerimientos animales.⁴⁻⁷

Cuando la caña se va a utilizar para producir azúcar, el cogollo es dejado generalmente en el campo al momento de la cosecha o se quema antes de la misma, puesto que tiene azúcares reductores los cuales interfieren en los procesos de obtención de sacarosa.

En el caso de la caña para producir panela, el cogollo también se deja en el campo, pero es aprovechado en parte para la alimentación de las bestias que transportan los tallos hasta el trapiche.

Hojas secas.

Su proporción alcanza, junto con otros residuos de la cosecha, un 14 % respecto al peso total. Debido a su bajo valor biológico, se usa generalmente como combustible en los ingenios, pero se ha demostrado que mediante tratamientos químicos se puede aumentar la digestibilidad de materia seca hasta 60 % (Stuart, 1988, citado por Figueroa⁴). En los cultivos andinos de ladera, las hojas secas generalmente se dejan en el campo donde sirven como abono y como control de malezas. El autor no conoce estudios locales sobre la utilización de esta fracción en la alimentación animal.

Bagazo.

El bagazo constituye el principal producto de la fracción insoluble de la caña luego de la molienda y representa cerca de 25 % de la caña cosechada, del cual 70 % es de fibra larga y el 30 % restante corresponde a fibras cortas (meollo).

Los ingenios azucareros extraen la sacarosa con una eficiencia del 97 %, produciendo bagazo y bagacillo o meollo prácticamente libres de azúcares solubles, mientras los trapiches paneleros no producen meollo y el bagazo queda con 50 % de los azúcares, lo cual le da cierta ventaja para la alimentación de rumiantes.

En general el bagazo se usa como combustible y puede haber sobrantes cercanos al 10 % de la producción total de bagazo para la alimentación animal si el proceso del ingenio es eficiente. Pero la importancia real del bagazo como alimento, en el caso de los productores de panela, está en la alternativa de alimentar

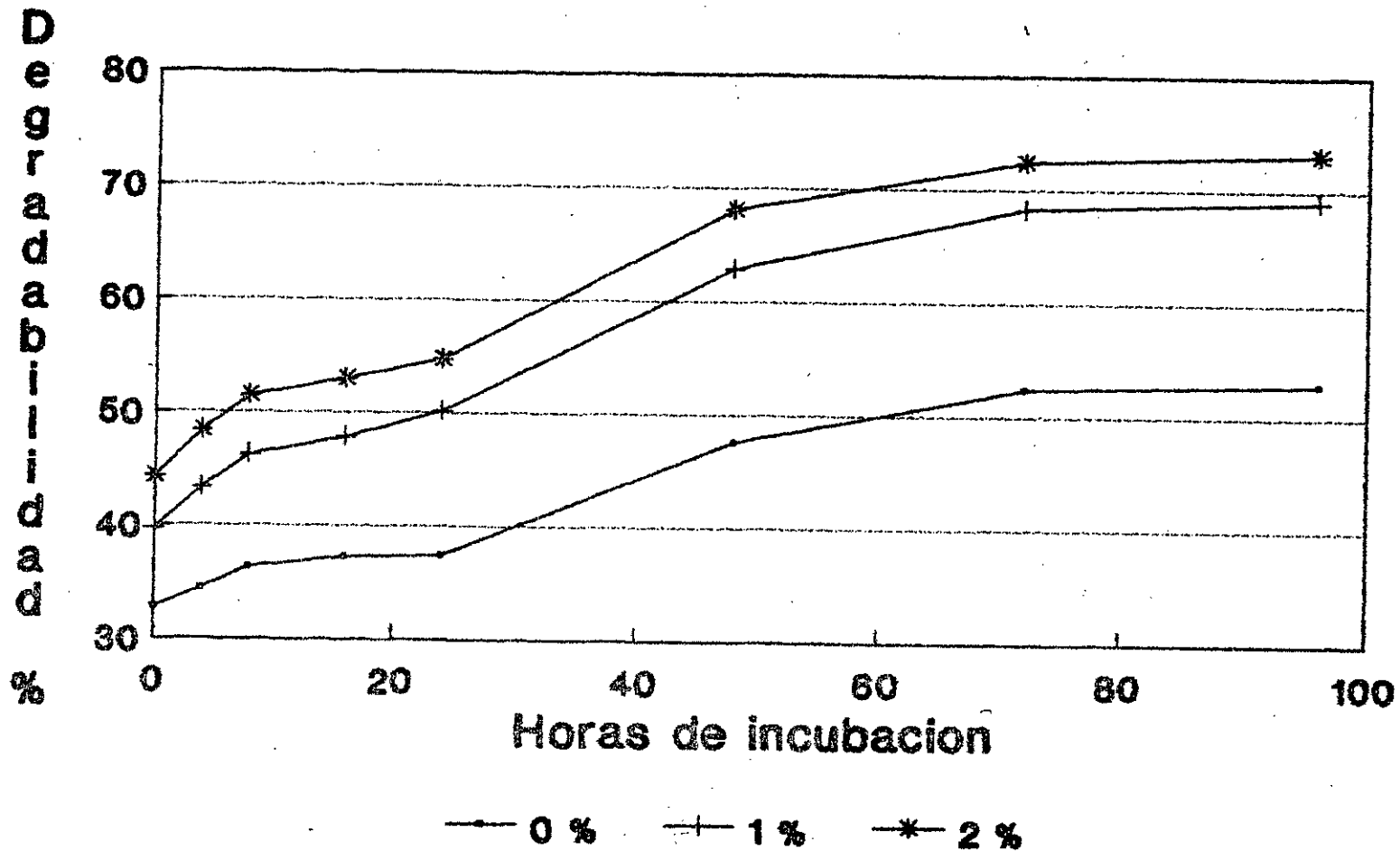
cerdos con jugo fresco de caña cuando los precios de la panela no sean favorables. Entonces quedaría todo el bagazo disponible para los rumiantes.

El valor nutritivo del bagazo es pobre debido al alto peso molecular de la celulosa y hemicelulosa que contiene, así como a algunos compuestos fenólicos, características que dificultan la digestión por los microorganismos ruminales. Para corregir esto se han propuesto diferentes procedimientos bien con presión más calor, bien con álcalis o ácidos débiles.

El autor (Becerra, 1990, sin publicar) utilizando bagazo de trapiche tratado por inmersión con solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 2 % del peso seco, observó un aumento de 20 puntos porcentuales en la digestibilidad ruminal a las 72 horas de incubación (gráfica 1). Tudor e Inkerman (comunicación personal, 1989) encontraron incrementos de la digestibilidad in vitro de 30 % a 55 % en bagazo al cual se trató por aspersión con solución de NaOH al 5 % del peso seco. Además, reportan que las concentraciones de enzimas séricas en riñón, hígado, y músculo, indican que no hay problemas de salud asociados con una dieta básica de bagazo tratado con NaOH cuando los niveles de éste no exceden el 5 %. Es preciso tener en cuenta que el NaOH debe manejarse con precaución para evitar accidentes.

Utilizando jugo de caña fermentado, se puede tratar bagazo, aprovechando la formación de acetato. Este procedimiento podría resultar muy económico y fácil de realizar, pero se necesita producir más información al respecto.

Degradabilidad ruminal de bagazo tratado con NaOH a diferentes concentraciones



Fuente: Becerra, 1990 (sin publicar)

Cachaza.

La cachaza constituye el 3% de la caña y es el residuo de clarificación del jugo de caña en el proceso de producción de azúcar crudo, por tanto está presente tanto en el ingenio como en el trapiche. Sin embargo, no se ha estudiado la composición química, de manera detallada, de la cachaza producida en los trapiches. La composición en base seca de la cachaza de ingenio se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5. Composición de la cachaza de ingenios cubanos (base seca)

Componente	Porcentaje
Proteína cruda	12-16
Extracto al benceno (cera, aceite, resina).	10-14
Ceniza	8-12
Fe O ₂	3-5
CaO	2.5-5
Sacárosa y azúcares reductores	10-14
Meollo de caña	18-25
Otros	25-35

Fuente: ICIDCA, 1988 (modificado)

Su contenido de agua es de 75 % y sus componentes fluctúan mucho dependiendo de factores como tipo de suelo, variedad de caña, grado de extracción del jugo y productos usados en la clarificación, por lo cual los datos de composición mostrados no se deben extrapolar a la cachaza de trapiche.

En los ingenios, la cachaza se utiliza como fertilizante, pero en los trapiches su uso se orienta a alimentar las bestias que cargan la caña y algunos cerdos. Debido a que se fermenta en corto tiempo, algunos productores acostumbran a calentarla, obteniendo un producto más denso conocido como melote, el cual no se fermenta y también se emplea en alimentación animal. El melote se ha usado para sustituir a la melaza en la fabricación de bloques.

3.3.- La planta entera.

La ventaja que ofrece la caña es su capacidad para almacenar carbohidratos, los cuales pueden ser utilizados por el animal cuando más se necesitan, es decir, durante la época seca (ver numeral 2.2.). Sin embargo, la caña tiene limitaciones de tipo nutricional. Como se ha visto en otra parte de este documento, no aporta grasas, el aporte de proteínas que hace es mínimo y la calidad de las fuentes energéticas hace suponer, en el rumiante, un limitado aporte de glucosa, puesto que tanto los azúcares solubles como la celulosa son digeridos por los microorganismos ruminales y en los patrones de fermentación son predominantes el acetato y el butirato.¹⁴ Debido a las características químicas de los componentes de la caña (ver cuadro 1), las medidas de

valor nutricional que se obtengan a partir de su composición proximal, no son aplicables para formular una dieta a base de caña o sus derivados utilizando los patrones de requerimiento de las dietas convencionales.

Es necesario recalcar que la caña como única fuente de alimentación para ruminantes solo cumple funciones de mantenimiento. No se pueden esperar producciones altas de leche o carne bajo un régimen de este tipo, por lo cual se requiere hacer los ajustes pertinentes en la dieta para lograr las metas de producción propuestas, de acuerdo al tipo de animal y a las condiciones particulares de cada explotación. En general, se recomienda agregar NNP (úrea), una fuente de proteína verdadera sobrepasante (la pulidura de arroz ha dado los mejores resultados y además provee ácidos grasos de cadena larga) y follaje verde de plantas tropicales como la batata, por la alta solubilidad de su proteína (la cual es usada por los microorganismos ruminales para su balance de aminoácidos). La hojas de yuca y de leucaena, a pesar de que aumentan el consumo total, deprimen el consumo voluntario de caña entera.¹⁴

El consumo de caña entera puede alcanzar entre el 6 % (Becerra, 1991, sin publicar) y 9 % del peso vivo (cuadro 6), dependiendo de los otros componentes de la dieta (ver parrafo anterior). Se han reportado¹⁷ ganancias de 800 g diarios de peso vivo en bovinos de raza lucerna estabulados, alimentados con caña entera

o integral (tallo más cogollo) a voluntad y suplementados como aparece en el cuadro 6.

Cuadro 6. Cambios de peso vivo (PV) en novillos lucerna alimentados con dieta básica de caña de azúcar más un suplemento durante 152 días (n = 13)

	Grupos*		
	1	2	3
PV (kg)			
Inicial	202	210	192
Final	331	312	309
Aumento diario	0.802	0.627	0.693

Fuente: Banco Ganadero, 1987, modificado

* La dieta consistió en:

Caña entera a voluntad (el consumo fue de 9 % PV)

Urea 0.1 kg (Grupo 1, rociada; grupo 2 sin úrea; grupo 3 úrea + 1 kg melaza)

Gallinaza 0.2 kg/100 kg PV

Salvado de arroz 0.2 kg/100 kg PV

Follaje de matarratón 3% PV

En zonas ganaderas cálidas del país donde la sequía deprime la producción de manera cíclica, y por tanto predecible con cierta seguridad, los finqueros han establecido cultivos de caña para utilizarla como pasto de corte. La caña entera se ofrece a los animales previamente procesada en picadoras convencionales, generalmente a voluntad, en comederos rústicos o directamente en el suelo. Cuando no se alcanza a consumir toda en un mismo período, debido a que la caña es un cultivo perenne, el sobrante queda como reserva para el siguiente ciclo.

El sistema de doble propósito (carne más leche) existente en el trópico cálido ha recibido un gran impulso con el uso de la caña como pasto de corte y de sus derivados como suplemento energético y vehículo proteico.

4.- BIBLIOGRAFIA

1. Martín, J.R., Gálvez, G., De Armas, R., Espinosa, R., Vigoa, R. y León, A. 1987 La Caña de Azúcar en Cuba Editorial Científico-Técnica La Habana
2. Van Soest, P.J. 1982 Nutritional Ecology of the Ruminant O & B Books, Inc., USA
3. Ramírez, L. y Kessler, C. 1986 Curso de Postgrado en Pastos Tropicales Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Mérida, México 99p
4. Figueroa, V. 1989 Sugar Cane as Main Crop for Animal Production In: Memorias del seminario Integration of Livestock with Crops in Response to Increasing Population Pressure on Available Resources (eds T.R. Preston, M. Rosales y H. Osorio) Mauritius 11-14 julio de 1989 pp 91-110
5. Food and Agriculture Organization (FAO) 1987 Production Yearbook Roma
6. Instituto Cubano de Investigaciones de Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) 1988 Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar Serie Diversificación GEPLACEA-PNUD México
7. Leng, R.A. 1986 Drought-Feeding Strategies - Theory and Practice Penambul Books, Armidale, Australia

8. Preston, T.R. 1989 Perspectivas para el Uso de la Caña en la Alimentación Animal In: La Melaza Como Recurso Alimenticio para Producción Animal Serie Diversificación GEPLACEA-FNUD México pp 17-23
9. Godoy, R. 1989 Digestión y Metabolismo en Rumiantes Alimentados con Altos Niveles de Melaza de Caña In: Perspectivas para el Uso de la Caña en la Alimentación Animal Serie Diversificación GEPLACEA-FNUD México pp 49-63
10. Preston, T.R., Elías, A., Willis, M.B. y Sutherland, T.M. 1967 Intensive Beef Production from Molasses and Urea Nature 216 : 721-722
11. Morciego, S., Muñoz, F. y Preston, T.R. 1970 Commercial Fattening of Bulls on Molasses-Urea and Restricted Grazing Cuban Journal of Agriculture Science 4: 99-100
12. Wadsworth, J. 1984 Physical and Economic Performance of Brahman Steers on Three Dry Season Feeding Regimes under Commercial Conditions in Costa Rica Trop. Anim. Prod. 9: 22-29
- *Banco Ganadero 1987 Ajuste de los Sistemas Pecuarios a los Recursos Tropicales Suplemento Ganadero 7 : 2 Bogotá, Colombia pp 35-38
13. Veitia, J.L., Elías, A. y García, J. 1979 Effect of Dietic Protein Level for Bull Fattening with High Molasses Levels 1. Weigh Gain, Consumption and Feed Conversion Indian J. Anim. Sci. 49: 992-1000

- 316
14. Preston, T.R. y Leng, R.A. 1987 Matching Ruminant
Production Systems with Available Resources in the
Tropics and Subtropics Penambul Books, Armidale
 15. Becerra, J. y David, A. 1991 Variación del Peso Vivo en
Vacas Mestizas (Bos taurus * Bos indicus) Suplementadas
con Bloques de Urea-Melaza Durante la Estación Lluviosa
Livestock Research for Rural Development 3:2 pp 8-12
 16. Becerra, J. y David, A. 1990 Observaciones sobre la
Elaboración y Consumo de Bloques de Urea/Melaza
Livestock Research for Rural Development 2:2 pp 8-14

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO

SUBGERENCIA DE INVESTIGACION

CENTRO DE INVESTIGACION OBONUCO

REGIONAL No. 5

PROGRAMA GANADO DE LECHE

ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE PRADERAS

DE CLIMA FRIO

SAN JUAN DE PASTO

JULIO, 1992

ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE PRADERAS DE CLIMA FRIO

José Vicente Silva P. ^{*Erdomo}

1. RESUMEN

El potencial de producción de las razas lecheras con las que se viene trabajando en el país, no ha sido explotado convenientemente, principalmente por descuido en aspectos nutricionales. La ganadería colombiana tiene que pasar de sus características de condición extensiva a la de explotación intensiva, con el apoyo de los recursos técnicos y científicos que en la actualidad se ofrecen, forzada entre otras circunstancias por los altos costos de la tierra, costos financieros y necesidad de una rentabilidad adecuada. El establecimiento y racional manejo de especies forrajeras, conduciría a elevar las productividades de los hatos lecheros actuales.

Considerando que el manejo de los pastos contempla prácticas, desde el establecimiento de las pasturas hasta su utilización por parte del animal, factores como: cultivos anteriores, fertilidad y preparación de suelos, conocimiento integral de las principales

* I.A. M.Sc. Programa Ganado de Leche, ICA-CI Obonuco. Apartado Aéreo 339 Pasto, Colombia.

especies, calidad de semilla, métodos de siembra, criterios sobre fertilización y control de malezas, así como selección del sistema de pastoreo más apropiado, son tratados con alguna profundidad en este documento, intentando aportar suficientes elementos de juicio, para con su aplicación lograr niveles eficientes de producción, con lo que hasta ahora se considera la fuente más económica de alimentación de bovinos: los forrajes.

Palabras Claves Adicionales: Pastos clima frío, Establecimiento, Manejo.

INTRODUCCION

La alimentación del ganado en Colombia está basada específicamente en la utilización de los pastos bajo el sistema convencional de pastoreo y, ocasionalmente, bajo corte, ensilaje o heno.

En las zonas frías del país, sabanas, altiplanos y zonas medias y cálidas del trópico colombiano se explotan razas lecheras con un gran potencial genético, aunque no siempre bien utilizados.

Ya en el clima frío se tienen dos tipos preferenciales de praderas: las constituidas por el pasto kikuyo, asociado con tréboles o carretones y, las conformadas por especies introducidas al país como los raigrases (diploides y tetraploides), que se consideran de una gran calidad y productividad.

La tendencia a escoger uno y otro pasto, dependerá del tipo de orientación de producción y el interés del ganadero. Para animales de producción de leche de 10-12 litros/vaca/día, las praderas de kikuyo se consideran óptimas; sin embargo, para vacas de alta producción, 15 y más litros/vaca/día, será necesario contar con praderas de un gran potencial de producción y calidad como los rai-grases.

Al considerar que el sostenimiento de los pastos representa entre 30-50% de los costos en ganadería, se deduce que el mayor atraso de la ganadería colombiana está relacionado con los pastos, la selección de las especies mejor adaptadas y especialmente su manejo.

La carga animal que en promedio se consideraba de 0.8 animales/ha, puede superarse hasta 3-4 U.G.G.* /ha, en potreros con rotación, fertilización y riego.

La modernización de la ganadería exige igualmente cambios en los sistemas de manejo. En general, la ganadería colombiana tiene que pasar de su característica de condición extensiva a la de explotación intensiva con el apoyo de los recursos técnicos y científicos que se ofrecen, forzada entre otras circunstancias, por los altos costos de la tierra, otros costos financieros y la necesidad de una rentabilidad justa.

* U.G.G. = Equivalente a 500 kg de peso vivo.

Es por ello que se debe poner especial interés en el establecimiento y manejo de los pastos, considerando que una de las principales finalidades de la alimentación económica del hato es el lograr el máximo consumo de forraje de la mayor calidad posible, para obtener la máxima producción.

Si se toma la decisión de implantar praderas mejoradas como es el caso de los raigrases, resulta atractiva esta posibilidad, pues tiene una alta capacidad de carga animal, produce un forraje de excelente calidad y permite expresar el potencial genético del animal. Sin embargo, es necesario advertir y recalcar que las praderas mejoradas como estas de los raigrases, exigen como requisito prácticas especiales de manejo desde su establecimiento, sistema de utilización adecuados, fertilización y riego suplementario.

El objetivo de este documento es el presentar la información actualizada sobre la tecnología probada por el ICA en pastos y forrajes de tal manera que, mediante simples prácticas de manejo se puedan obtener niveles adecuados de producción en las diferentes condiciones ecológicas.

2. REQUERIMIENTO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PRADERAS

Partiendo de la premisa de que los pastos constituyen el alimento natural más económico para el ganado y considerando que éstos deben tratarse como un verdadero cultivo, el manejo implica todas

las prácticas necesarias desde el establecimiento, formas de aprovechamiento y el sostenimiento de las praderas, con el fin de obtener un alimento que pueda satisfacer las necesidades de mantenimiento, crecimiento y producción animal y que se traduzca en un eficiente sistema de producción y productividad.

Así como en cualquier otro cultivo, se deben considerar los siguientes factores.

2.1 CULTIVO ANTERIOR

Es necesario tener en cuenta el cultivo previo, antes de pretender establecer una nueva pradera, ya que este conocimiento va a incidir sobre la preparación del suelo, necesidad de enmiendas y/o fertilizantes y costos.

2.2 ESTADO DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS.

El análisis de suelos es uno de los recursos más prácticos y adecuados para conocer el estado de fertilidad de los mismos y así detectar y corregir las posibles deficiencias nutricionales de los pastos por establecer. Aunque se conozcan estudios generales de la zona, es de particular importancia el conocimiento específico de las condiciones de los suelos de la finca.

2.2.1 Toma de Muestras de Suelos.

Cada muestra de suelos debe ser lo más representativa con relación a las condiciones de la finca. Así, puede dividirse la explotación en varias áreas de muestreo de acuerdo a: la topografía, clase de vegetación o cultivos anteriores, tipo de fertilización, etc., en tal forma que a cada área homogénea de suelo corresponda una muestra que a su vez estará conformada por varias submuestras (8-10).

Al tomar las muestras de suelo, se deben evitar factores que alteren los resultados de los análisis tales como quemas, estiércol, desperdicios de abonos, presencia de residuos, etc.

Con cuidado se elimina la vegetación o capa superficial y, con una pala se hace un hueco de unos 20 centímetros de profundidad. Se toma una tajada delgada lateral y se deposita en un balde. Esta tajada constituye una submuestra. Al completar las 8-10 submuestras se mezclan, y se toma una muestra general de 500 gramos, que es la que se envía al laboratorio de suelos debidamente identificada y rotulada (24).

2.2.2 Solicitud de Análisis.

Aunque existen varios tipos de análisis de suelos se puede solicitar, para el caso de establecimiento de pastos, un análisis de caracterización. Este tipo de análisis dará la información sobre pH, materia orgánica, fósforo disponible, aluminio intercambiable, cal-

cio, magnesio y potasio intercambiables, la capacidad de intercambio de cationes y textura.

Para la interpretación de los resultados de los análisis es mejor asesorarse de un técnico, ya que éste puede fijar alternativas sobre los diferentes abonos y/o correctivos, cantidades, épocas de aplicación, de acuerdo al cultivo, en este caso pastos, y su mejor utilización (24).

En la Tabla 1 se presentan, en términos generales, posibles criterios a seguir, desde el punto de vista de elementos como nitrógeno, fósforo y potasio.

2.2.3 El Problema de Aluminio Intercambiable y/o Alta Acidez.

La alta acidez y el contenido de aluminio (Al) del suelo se han considerado como uno de los efectos determinantes de la acumulación de materia orgánica en suelos de cenizas volcánicas. Excesiva acidez y niveles altos de aluminio pueden ser tóxicos y afectar la actividad microbiana (10).

Para neutralizar ese aluminio intercambiable y/o reducir la acidez del suelo, se recomiendan correctivos como la cal agrícola en sus diferentes formas.

Si la alta acidez está acompañada por una relación amplia entre cal-

TABLA 1. Interpretación tentativa del estado de fertilidad de algunos suelos colombianos de acuerdo con su contenido de materia orgánica (MO), fósforo disponible (P) y potasio intercambiable (K).

Piso Térmico	Nivel	M.O. %	P (ppm)	K (meq/100 g)
CLIMA CALIDO				
(Región Orinoquía, Amazonia y Pacífica)	Bajo	Menor de 2	Menor de 5	Menor de 0.3
	Medio	2-4	5-10	0.1-0.2
	Alto	Mayor de 4	Mayor de 10	Mayor de 0.2
(Región Caribe y Valles Interandinos)	Bajo	Menor de 2	Menor de 20	Menor de 0.2
	Medio	2-3	20-40	0.2-0.4
	Alto	Mayor de 3	Mayor de 40	Mayor de 0.4
CLIMA MEDIO				
(Región Andina)	Bajo	Menor de 3	Menor de 10	Menor de 0.15
	Medio	3-5	10-20	0.15-0.30
	Alto	Mayor de 5	Mayor de 20	Mayor de 0.30
CLIMA FRIO				
(Región Andina)	Bajo	Menor de 5	Menor de 15	Menor de 0.15
	Medio	5-10	15-30	0.15-0.30
	Alto	Mayor de 10	Mayor de 30	Mayor de 0.30
PARAMOS				
(Región Andina)	Bajo	Menor de 10	Menor de 10	Menor de 0.1
	Medio	10-20	10-30	0.15-0.30
	Alto	Mayor de 20	Mayor de 20	Mayor de 0.30

FUENTE: Instituto Colombiano Agropecuario.

cio y magnesio, mayor de 3:1, fuentes de magnesio como la cal dolomítica, contribuyen gradualmente a solucionar el problema.

2.3 ESTABLECIMIENTO DE PASTOS MEJORADOS EN CLIMA FRIO

El establecimiento de pastos debe considerarse como un proceso dentro de la planificación general de la explotación y de acuerdo al tipo de orientación de la producción. De esta manera, incluye una serie de consideraciones como la preparación de suelos, drenajes, aplicación de correctivos y/o fertilizantes, siembra, clase de pastos, densidad y métodos de siembra, tapado de la semilla, control de malezas, resiembra y la utilización de la pradera establecida.

2.3.1 Preparación Adecuada de los Suelos.

La preparación del terreno implica el laboreo necesario, a una profundidad adecuada y el desterronado acorde con el tipo de suelos, al tamaño de la semilla, con el fin de obtener "una cama" propicia para la germinación de la semilla y el normal desarrollo de la pradera.

2.3.2 Drenajes, Terrazas, Cercas Vivas, Terrenos Inundables.

La disposición de un buen drenaje es un factor poco tenido en cuenta, a pesar de su gran importancia en la preparación del terreno. En las llanuras y terrenos bajos, debe tenerse cuidado de que los

canales que rodean el potrero tengan la suficiente capacidad, para contener el agua que drena de los canales transversales (21).

Ya en sitios ondulados o laderas pronunciadas, puede ser necesario tomar algunas medidas de protección, para evitar la erosión, tales como la construcción de terrazas o el empleo de cercas de barreras vivas (21).

En aquellos terrenos sujetos a inundaciones, es aconsejable arar en tal forma que la "melga" tienda hacia el centro y terminar en los extremos.

Es necesario prevenir y evitar las inundaciones prolongadas ya que inicialmente perjudica la germinación de las semillas y el posterior establecimiento de la pradera.

2.3.3 Preparación de Suelos en Terrenos Mecanizables:

Las labores de preparación en terrenos mecanizables por lo general se simplifican, por la facilidad de utilizar maquinaria. Una arada, dos rástrilladas y algunas veces nivelación del terreno, son prácticas suficientes para la adecuación del terreno. En ocasiones se utiliza el "rotavator", pero es necesario tomar precauciones sobre el uso continuado de este implemento, pues tiende a acabar con la estructura del suelo (10).

2.3.4 Preparación del Terreno de un Césped Viejo (kikuyo, saboya).

La preparación de un potrero viejo de kikuyo, con destino a una pradera mejorada, es laboriosa y costosa. Generalmente se hacen dos a tres aradas, igual número de pases de rastrillo, más la utilización de la rastra de púas, para luego sacar los residuos y quemarlos. Esta práctica de preparación del suelo para tratar de desalojar el kikuyo es poco recomendable, puesto que con el tiempo, semillas y estolones de kikuyo nuevamente se desarrollarán hasta constituirse en la especie predominante de la pastura.

La alternativa más recomendable y que ya se tiene como norma por parte de los ganaderos en Nariño, es la de sembrar un cultivo limpio o "colonizador", como la papa, durante dos o tres semestres consecutivos. Como en este cultivo se utilizan prácticas intensivas de desyerbe, aporques y empleo de altas dosis de fertilizantes, se tendrá posteriormente un terreno más adecuado, casi libre de estolones de kikuyo y disponible para la siembra de pastos mejorados.

Otra alternativa para erradicar el kikuyo, es la de utilizar el herbicida glifosato (Round-Up), en dosis de 4.0 litros/ha, que en la práctica equivale a aplicar 100-120 centímetros cúbicos (cinco a seis copas de producto), por bomba de espalda de dieciocho a veinte litros de agua (17).

El glifosato quema el pasto kikuyo en un período de cuatro a cinco

semanas. Posteriormente, se puede quemar el material, o, se prepara el suelo (arar, rastrillar).

En la Sabana de Bogotá se emplea el "roto-caster", implemento que permite roturar kikuyo ya seco por el efecto del herbicida, y que a la vez siembra las semillas de raigras en las hileras roturadas (10). Sin embargo, se ha observado en algunos casos, que la siembra de pastos mejorados después de la aplicación de glifosato, no ha sido muy efectiva por la falta de descomposición de residuos, asentamiento del suelo y escasa duración de la pradera. En este caso convendría, después de la aplicación del herbicida, sembrar la papa y posteriormente, los pastos mejorados (19).

2.3.5 Preparación de Terrenos no Mecanizables.

Los sistemas de preparación de terrenos nuevos, de poco acceso a la utilización de maquinaria, son variados e incluyen el empleo del macheteo, guadaña, arraqué manual, tracción animal, quemas y control químico (9).

Por lo general, se inicia regularmente con machete al tumbar la vegetación arbustiva, sacando y quemando el material fuera del terreno por preparar. Aunque este método requiere de mucha mano de obra y es costoso, se constituye en el primer paso en el establecimiento de pastos en regiones de colonización. En zonas de ladera, la desyerba manual supera económicamente a otros métodos de control (9).

En lotes relativamente limpios de plantas arbustivas pero con dificultades de pendiente y/o escasez de maquinaria, se utilizan herbicidas como el glifosato y después se prepara convenientemente el terreno.

La preparación del terreno se puede efectuar con arado de bueyes, que facilita la labor y a costos relativamente bajos. Este tipo de tracción opera a la vez como rastrillo, dependiendo de la profundidad a que se utilice. Actualmente, existen implementos agrícolas tirados por animales, muy propios para este tipo de terrenos:

- . El arado de vertedera reversible, el cual a la vez que facilita el desterronamiento, incorpora los residuos y malezas.
- . El rastrillo de discos, con posibilidades de utilizarse en pendientes hasta del 57% (30°C).
- . Rastrillo de cuerpo rígido, que también puede sustituir el arado en suelos sueltos. Se adapta a pendientes pronunciadas.
- . La rastra de púas que además de recoger el material, ayuda al acabado, limpieza y nivelación del terreno. Una práctica muy común en Nariño para preparar el suelo inicialmente, para sembrar papa, es la del "guachado", en la cual con azadón se parte el kiyuyo en franjas o tapas, a manera de libro abierto; luego se siembran los tubérculos de papa en la parte central y se cubren con

las tapas. Las labores posteriores de aporque formarán los "guachos" o surcos. Este sistema, especialmente en terrenos nuevos y de difícil acceso al empleo de maquinaria, se repite durante dos a tres siembras para luego, domado el terreno, utilizarse en el establecimiento de praderas mejoradas (24).

2.4 PRINCIPALES ESPECIES DE PASTOS PARA EL CLIMA FRIO

2.4.1 El Pasto Kikuyo.

Es de recalcar la importancia que ha tenido el pasto kikuyo en Colombia desde su introducción en el año de 1928. Sus características de gran rusticidad, resistencia al sobrepastoreo, hábito de crecimiento rastrero y estolonífero, con tendencia a formar un césped denso que controla erosión, ha hecho del kikuyo el pasto de mayor cobertura y utilización en los climas fríos y moderados del país, donde el sistema de producción predominante es la ganadería de leche. Su calidad, en términos de proteína cruda y energía digestible es suficiente para el sostenimiento de vacas lecheras con producciones de 10-15 litros/días, con capacidad de sostener 2 vacas/ha, en épocas de lluvias, con incrementos de peso por animal/día (1, 3, 12).

Dentro de las limitaciones serias del kikuyo figuran su acolchonamiento y la susceptibilidad a las heladas. Sin embargo, en la práctica, todo el problema del kikuyo radica en la no realización de prácticas de manejo como, escarificación, rotación de potreros y fertilización.

2.4.2 Otros Recursos Forrajeros para Clima Frío.

Desde su iniciación en 1955 el Programa de Pastos y Forrajes, ha venido evaluando periódicamente la introducción de materiales genéticos que han incluido las nuevas especies y variedades de pastos, lo cual ha permitido conocer la adaptación, selección y posibilidades de utilización en los diferentes pisos ecológicos del país. Existe una extensa documentación de los trabajos realizados por el Programa de Pastos y Forrajes desde 1956 hasta la fecha (2, 3, 7, 8, 11, 13, 14, 15, 16). En ellos se resalta la importancia y trascendencia de los resultados obtenidos en investigación y transferencia de tecnología sobre evaluación y selección de especies y/o variedades forrajeras. Amplia información se tiene sobre características de producción y calidad nutritiva, complementada con estudios sobre sistemas, densidades, métodos de siembra, fertilización y manejo de gramíneas como de leguminosas solas o en mezclas y el comportamiento con animales en pastoreo y/o corte.

Considerando que dentro de estas especies y/o variedades, la tendencia general de los ganaderos orientados a la producción de leche, en los climas fríos y moderados del país, es la de establecer praderas mejoradas con los llamados raigrases; se hará a continuación una descripción más detallada de sus variedades, su establecimiento y manejo.

En Colombia, los raigrases se adaptan en zonas comprendidas entre

los 2.200-3.200 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas promedio inferiores a 15°C y no mayores de 18°C; crecen en diversos tipos de suelo, pero la producción es mayor en suelos fértiles, bien drenados y ricos en nitrógeno.

Entre los raigrases se destacan los de tipo perenne (Lolium perenne) y los anuales (L. multiflorum). Sin embargo, estas especies se cruzan fácilmente y los híbridos naturales son comunes donde se producen ambas especies. En Colombia, hasta la década de 1960, solo se sembraban los raigrases comunes, diploides $2n=14$ cromosomas.

Ya en 1968, procedente de Nueva Zelandia se introdujo el manawa (L. multiflorum x L. perenne) y el ariki (L. perenne x L. multiflorum), raigrases híbridos diploides. El manawa, muy apropiado para praderas de pastoreo de tipo de rotación relativamente corto (2-3 años), caracterizado por una gran resistencia al ataque de roya (Puccinia sp), y que alcanzó una gran popularidad y aceptación por parte de los ganaderos por su gran adaptación, producción y calidad de forraje (15, 24).

Igualmente, el ariki alcanzó una gran difusión en el país por su resistencia al ataque de peca (Ovularia lolii), producción de forraje, adaptación a suelos pesados, ácidos y tolerante a condiciones secas.

Pero hacia el año de 1978 se inicia en Colombia la "era de los tetraploides", con la introducción de numerosas variedades de estos raigrases (5, 17).

Efectivamente, las especies del género Lolium presentan la característica de poder duplicar su número normal de cromosomas $2n=14$ al doble $4n=28$ cromosomas, mediante técnicas adecuadas. Se producen de esta manera una serie de materiales genéticos nuevos de tipos anuales, perennes o cruces de anuales por perennes, con características muy ventajosas sobre los raigrases tradicionales diploides.

Entre las ventajas que presentan los raigrases tetraploides se destacan la mayor producción de forraje de alta calidad, mejor cobertura del terreno, un sistema radicular más profuso y profundo, gran vigor y rapidez de establecimiento, gran capacidad de recuperación después del pastoreo y/o corte, resistencia a heladas, gran aceptación por parte del ganado, alta digestibilidad, excelente adaptación a las condiciones de Colombia bajo un buen manejo (5, 6, 17). Sin embargo, debido a su alta productividad son pastos exigentes en manejo y así requieren a la vez que de una adecuada rotación de potreros con 35-40 días de descanso, fertilización y riego suplementario (1, 4, 5).

En general, estos raigrases se recomiendan para aquellas explotaciones de ganado mejorado, con producciones de más de 15 litros/vaca/día.

Dentro de los tetraploides se pueden definir dos grupos principales: los raigrases de tipo característico de Lolium multiflorum, con persistencia de 2-3 años bajo las condiciones normales de nuestro medio y, los que tienden a comportarse como perennes, más de 3 años, y que

pueden ser tetraploides de L. perenne o que provienen del cruce de L. multiflorum por L. perenne, clasificados por algunos como L. hybridum. Los tetraploides anuales de L. multiflorum se caracterizan por su producción de forraje, precocidad, gustosidad, alto contenido de proteína (19-22%), buena digestibilidad y aumento de la producción del ganado lechero (5, 6).

Dentro de éstos, uno de los más utilizados en Colombia es el Aubade, que presenta una buena adaptación y alta producción de forraje. Sin embargo, es susceptible al ataque de roya (Puccinia spp). El tétila es otra variedad de características similares al Aubade, aunque más tolerante a la roya (13, 20); también se encuentran en el comercio los materiales tetraploides Terli, Tama, Tetrapasto anual, Billion, Tétrone y las líneas NK-T2 y NK-T3, como las líneas HW-51, HW-52 y HW-53, que se utilizan para formar mezclas de tetraploides.

Considerando los raigrases tetraploides perennes, uno de los más populares es el tételite, híbrido entre L. perenne x L. multiflorum. Presenta características intermedias entre ambas especies en cuanto a precocidad, coloración de las hojas, producción de forraje y persistencia. Su valor nutritivo se considera excelente. A las 5-6 semanas presenta una digestibilidad del 88% y un contenido de proteína del 18-20% (1, 4, 5, 17).

El taptoe es otro raigras tetraploide perenne que se utiliza en la conformación de mezclas de tetraploides. En el comercio también se

encuentra el tetraploide Friend y el Bison. Ultimamente está entrando en la línea de comercialización el tetraploide Reveille, que viene desplazando al Tetrelite.

Los llamados Tetrablend, resultan de una mezcla física de semillas de raigrás a partir de una serie de líneas tetraploides anuales y perennes. Los materiales que presentan mejores características se mezclan (Blend), formando así una variedad multilínea con el objeto de que ese material seleccionado tenga una amplia base genética y se adapte a condiciones variables de clima, suelo y ataque de enfermedades, especialmente la roya (5, 6, 24).

Así, de acuerdo al tipo de líneas tetraploides que predominen en la mezcla se tendrá materiales de tendencia anual, perenne o intermedia.

El Tetrablend 30 es una mezcla de tetraploides anuales y perennes, con predominio de estos últimos, para proporcionar más duración a la pradera. Por otra parte, el Tetrablend 120 se caracteriza por ser una mezcla de anuales y perennes, con predominio de los anuales y como tales tiende a comportarse. Se destaca por porte alto, gran producción, utilización para corte o pastoreo, rusticidad. El Tetrablend 444 está constituido por tres tetraploides anuales y se caracteriza por su hábito de crecimiento erecto, formando matorros, alto rendimiento de forraje, precocidad y tolerancia al ataque de roya. Se puede emplear para corte y pastoreo. En la Tabla 2 se incluyen algunos raigrases diploides, tetraploides y tetrablends, de uso comercial en Colombia.

TABLA 2. Algunos raigrases diploides y tetraploides comerciales en Colombia.

Anuales	Perennes	Híbridos	Mezclas
DIPLOIDES			
Gulf	Perennial	Manawa	
		Ariki	
TETRAPLOIDES			
Aubade	Reveille	Tetrelite	Tetrebblend 30
Tetila	Friend	Bison	Tetrebblend 120
Terli	Taptoe		Tetrebblend 444
Billion			
Tetrone			

La Tabla 3 presenta otras variedades de gramíneas y leguminosas forrajeras de clima frío, diferentes a los raigrases, junto con alguna información sobre sistemas y densidades de siembra.

2.5 CANTIDAD DE SEMILLA, METODO DE SIEMBRA, TAPADO DE SEMILLA

De acuerdo a los resultados obtenidos a nivel de campo, se recomienda la densidad de siembra de 30 kg/ha. Esta cantidad equivale a sembrar 3.0 kg de semilla por cada 1.000 metros cuadrados o, también a 3.0 kg de semilla de pastos por cada carga de siembra de papa en el terreno (18, 19, 20, 22).

La distribución de la semilla del pasto se hace generalmente al voleo, a mano, como cuando se siembra trigo o cebada. Esta labor también se puede realizar con una máquina voleadora manual (cyclone) que además de regar parejo la semilla, se opera fácilmente y economiza tiempo (18, 19).

Se aconseja tapar la semilla sembrada y esto dependerá del equipo disponible. Así, si se tiene rastrillo de discos, una rápida pasada será suficiente. También se puede adaptar cadenas o ramas a la parte posterior del tractor, para arrastrarlas sobre la superficie del suelo ya sembrado. En suelos no mecanizables o por falta de equipos, simplemente se puede pasar una rastra de púas tirada por bueyes o tapar con ramas en forma manual (23, 240).

TABLA 3. Variedades de gramíneas y leguminosas forrajeras de clima frío diferentes a los raigrases.

NOMBRE COMUN	VARIEDADES
GRAMINEAS	
- Pasto Azul Orchoro 35 kg/ha voleo.	Potamac, Germinal, Prairial, Lucifer, Prius, Apanui.
- Pasto Festuca Alta 25-30 kg/ha voleo	Kendcky 31, Manade, Clarine.
- Maíz (90 x 90); (75 x 30 cm)	ICA V.556; ICA V.554; ICA V.508
- Avena Forrajera 60 kg/ha voleo	ICA Cajicá, Línea 12, Línea 15, Nehen, Cayuse.
LEGUMINOSAS	
- Trébol (Carretón) Blanco 3.0 - 5.0 kg/ha	Ladino, Oregón, Idaho, Nolins
- Trébol (Carretón) Rojo 3.0 - 5.0 kg/ha	Nammoth, Levezou, Triel, Red Head.
- Trébol Subterráneo 5.0 kg/ha	Mount Barker, Woogenel lup.
- Alfalfa Voleo; surcos 30-45 cm.	Dupuits, Péruana, AS-13, AS-49, Magali, Euver, Elga, Rayen, Criolla (Chile), California 60.
- Vicia Atropurpurea (Asociada con avena)	Importada de Chile (sin nombre común)

2.6 APLICACION DE CORRECTIVOS y/ó FERTILIZANTES

El análisis físico químico es la guía para determinar la aplicación de correctivos y/ó fertilizantes.

2.6.1 Fertilización en Terrenos Nuevos.

Se consideran como terrenos nuevos, los no cultivados o provenientes de potreros viejos. En este caso, se recomienda la aplicación de cal, cal dolomítica, fosforita o calfos, a razón de 500-800 kg/ha, con un mes de anticipación a la siembra, en la preparación del terreno (1, 5, 10). Al mes de establecido el pasto se recomienda la fertilización con úrea a razón de 50 kg/ha, al voleo. Se puede sustituir la úrea por el abono Nitron 26, o también por la fórmula 25-15-0. En estos dos últimos casos, por contener aproximadamente la mitad del nitrógeno de la úrea, se aconseja utilizar 100 kg/ha del producto.

2.6.2 Fertilización del Pasto establecido después de Cultivos Fertilizados.

Cuando se siembran pastos después de cultivos fertilizados como papa, trigo, maíz, zanahoria, etc., algunas veces no se requiere la aplicación de correctivos en la preparación del suelo. Sin embargo, sí se recomienda la aplicación de úrea o Nitrón o el 25-15-0 al mes de establecido el pasto, con el fin de acelerar el desarrollo del pasto (17, 23, 24).

2.7. CONTROL DE MALEZAS

El principal problema en la producción ganadera del país es el mal manejo de los pastos. La no utilización de prácticas como el control de malezas inciden directamente en la pérdida de capacidad de carga de las praderas. A través de investigaciones del ICA se ha estimado que más del 30% de ganancias en la producción de forraje se pueden obtener con prácticas efectivas de control de malezas (9).

Los efectos de las malezas en la disminución del potencial de producción de los potreros se debe principalmente a la acción competitiva por espacio, agua, luz y elementos nutritivos del suelo; también cuentan los efectos indirectos, tales como intoxicación letal, enfermedades crónicas ocasionadas por la presencia de especies con principios tóxicos que aún, en muchos casos, si se dejan prosperar libremente, pueden llegar a dominar las especies deseables (9).

Así, para lograr un normal desarrollo de los pastos, es necesario seguir algún método para controlar las malezas y así asegurar el establecimiento de la pradera. El control de malezas se inicia desde la preparación del suelo; una adecuada preparación del terreno y el permitir que germinen las malezas antes de la última rastrillada, es una práctica que favorece la eliminación de la mayor parte de las plántulas indeseables. Sin embargo, es casi imposible eliminar o suprimir su proliferación bajo la sola preparación del suelo (9, 23).

La utilización de la guadañadora, tipo rotatorio ó segadora, sobre las malezas y el pasto a una altura uniforme sobre el nivel del suelo, permite un mejor rebrote y macollamiento del pasto y mayor cobertura.

El "macheteo" y arranque manual de las malezas, son métodos más selectivos en el control de malezas, pero tienen el defecto de ser antieconómicos y se aconseja seguirlos en ganaderías pequeñas e intensivas (9).

La fertilización de los pastos juega un papel importante como medida indirecta en el control de las malezas, al lograr un crecimiento vigoroso de las plantas y asegurar una competencia favorable de la pradera sobre las malezas. Aunque no se eliminen las especies indeseables, los pastos vigorosos pasan a ser dominantes.

La utilización de métodos de control químico contra las malezas, o sea el uso de herbicidas o matamalezas, debe ser considerada como un complemento y no como sustituto de las prácticas de cultivo. Esta práctica en muchos casos es más efectiva que otros métodos y su utilización racional, aunque costosa, compensa los gastos (9).

En clima frío se ha demostrado la eficiencia de productos como Aflón y Gesaprin, siempre y cuando la aplicación se efectúe entre los primeros tres días de la siembra de los pastos. La aplicación en dosis de 2,0 litros/ha del producto comercial, en mezcla de 200 litros

de agua, controla las malezas durante el período de establecimiento de la pradera. Debe tenerse cuidado de no aplicar el herbicida en suelo seco, pues se corre el riesgo de perjudicar la germinación del pasto (18, 19, 24).

En Nariño, las malezas más comunes son la lengua de vaca (Rumex crispus; R. acetocella), el corazón herido (Polygonum nepalense), la gacilla o falsa manzanilla (Spergula arvensis) y el nabo (Brassica napus).

Al mes de sembrado el pasto, estas malezas que crecen con el pasto tienen 2-3 hojas, unos 5-10 centímetros de altura y es la época más recomendable para su control. Los resultados obtenidos permiten recomendar los herbicidas Banvel (2 litros/ha = 5 copas/bomba) y Afa-lón (1.0 litros/ha = 3 copas/bomba).

Después de una semana de control de malezas se recomienda la aplicación del fertilizante ya mencionado (18, 19, 21, 23).

2.8 RESIEMBRA DEL PASTO

Durante las primeras semanas del establecimiento de la pradera, es necesario hacer revisiones periódicas para localizar áreas despobladas, debido posiblemente a fallas en la germinación de la semilla.

En estos casos es conveniente remover el suelo, resembrar y tapar mediante rastrillos de mano u otro implemento.

3. MANEJO DE LAS PRADERAS

3.1 PRIMERA UTILIZACION DEL PASTO

Las especies de clima frío están en buen estado de desarrollo para ser utilizadas después de 75-90 días de la siembra, bajo condiciones normales de humedad del suelo. Del cuidado en el primer uso del pasto, depende la recuperación y persistencia de la pastura. Por ésto, es importante dejar algunas alternativas con el fin de evitar el deterioro inicial de los pastos, lo que se reflejará en el futuro comportamiento de los mismos. Una alternativa es la de pastorear con animales pequeños, terneras(os), ya que éstos solamente despuntan el pasto sin arrancarlo. Otra posibilidad es la de utilizar el pasto bajo el sistema de corte. Una tercera opción es la de dejar el pasto por más tiempo, permitiendo un mejor anclaje de sus raíces y pastorearlo con animales adultos en una forma más rápida que la usual.

3.2 MANTENIMIENTO Y MANEJO DE LAS PRADERAS

Después de la primera utilización del pasto, bien sea bajo pastoreo o corte, los raigrases se recuperan entre 6-7 semanas dependiendo de las condiciones, humedad del suelo y las prácticas de manejo de la pradera.

Ya el pasto se podrá utilizar con animales grandes o, si se prefiere

emplear otros sistemas como el corte diario de fajas, o el sistema combinado de pastoreo y corte de los excedentes y, ocasionalmente henoificación o ensilaje.

En forma general, se podría concluir que el manejo y mantenimiento de las praderas incluye prácticas de carácter técnico tendientes a obtener una apropiada producción y productividad animal, buscando el equilibrio de la estrecha relación que debe existir entre el suelo, la planta y el animal.

3.3 SISTEMAS DE PASTOREO

El pastoreo, bajo un sistema eficiente de manejo, debe estar orientado a que el animal consuma la mayor cantidad de forraje de buena calidad, para llenar los requerimientos de sostenimiento, producción y reproducción, con el menor perjuicio de la especie forrajera y del suelo.

En términos generales y de acuerdo a los tipos de explotación ya sea en predios extensos, medianos o pequeños, existen diferentes sistemas de pastoreo, los cuales varían de acuerdo a factores como el nivel de producción, especie de pasto, tipo de animal, topografía, disponibilidad de agua, precio de la tierra, mano de obra, costos, etc.

3.3.1 Pastoreo Continuo.

El sistema de pastoreo continuo es el más generalizado entre los ganaderos del país, principalmente entre los orientados hacia la producción de carne. Constituye en sí, un sistema de manejo extensivo y tiene como inconveniente el que al permanecer los animales en el potrero por un tiempo indefinido y si la capacidad de carga o número de animales por unidad de superficie, no está bien calculado, se puede desperdiciar pasto en el invierno no siendo consumido convirtiéndose en forraje tosco, leñoso, poco gustoso y de baja calidad (subpastoreo). Por otra parte, en verano se tiende a debilitar el pasto, el ganado busca los bretones tiernos, no permitiendo la recuperación de la pradera, lo que se traduce en pobre producción de forraje en cantidad y calidad con la consiguiente baja en la producción animal (sobrepastoreo). Si las condiciones adversas continúan, se da paso a la invasión de malezas al no encontrar éstas un pasto vigoroso que les puede competir. Este sistema de pastoreo dificulta el manejo de los animales y de los potreros (control de malezas, fertilización, riego, etc.).

3.3.2 Pastoreo Alterno.

En las explotaciones medianas, es posible dividir las praderas en dos potreros en tal forma, que los animales pastorean por un tiempo definido una parte, mientras la otra descansa estableciendo así una alternación de potreros para lograr una adecuada recuperación del pasto.

Este método es mejor que el pastoreo continuo, en lo referente a la recuperación del pasto, lo cual permite una mayor capacidad de carga, producción animal y facilita la ejecución de prácticas de manejo en los animales y potreros.

3.3.3 Pastoreo Rotacional.

Consiste en dividir la superficie total en un número determinado de potreros. Después de pastorear un potrero, los animales pasan al siguiente y así sucesivamente hasta volver nuevamente al primero.

Este sistema permite un mejor manejo general, puede que al rotar las áreas, se permite un descanso y recuperación de potreros, facilitando las labores de fertilización, riego, control de malezas y el manejo de los animales.

Dentro de este sistema, la modalidad de pastoreo mediante cerca eléctrica, con fajas diarias de pastoreo, es el de mejores resultados en ganadería de leche. Se puede utilizar la energía solar, corriente alterna como la de uso casero y corriente continua, como la de las baterías de carro. Lo importante es contar con el pulsor apropiado para el tipo de corriente que se va a utilizar.

Existe a nivel de pequeños propietarios (minifundio) el denominado "pastoreo a estaca", en el cual se ata el animal a una estaca, con una soga de 3-6 metros de largo, dependiendo de la cantidad de forraje disponible, y se lo cambia 2-3 veces al día. De esta manera,

el pequeño productor está suministrando un área diaria ($r^2 \times 3$ cambios = $85-339 \text{ m}^2/\text{día/animal}$), con suficiente forraje para satisfacer las necesidades del animal (23).

Dentro del manejo del pastoreo rotacional, es importante determinar el área de pastoreo diario, de acuerdo al número de animales, para garantizar un adecuado suministro de forraje de buena calidad (1, 12, 24).

El área o faja a pastorear depende de la producción y calidad del pasto y de los requerimientos del animal. Para vacas de 500-550 kilogramos de peso vivo, se puede estimar un área diario de 80-100 metros cuadrados/día/animal.

Como es natural, de acuerdo a las condiciones específicas de cada finca, puede ser necesario aumentar las fajas de pastoreo por día, ya que los pastos no se recuperan de la misma manera, o no son consumidos igualmente por los animales.

En general, el ganadero debe establecer la carga animal sin caer en el sobrepastoreo y el subpastoreo, y ejercer un control sobre el período de descanso de los potreros. Por ejemplo, en el caso del pasto kikuyo, se requiere un período de recuperación de 50-60 días mínimo; en cambio, los raigrases, tal como se anotó, tienen una capacidad de rebrote más rápida. Esta capacidad de recuperación estará afectada por la humedad del suelo, estado de la pradera y fertiliza-

ción. Así en la medida como se cuente con disponibilidad de agua y fertilización racional, las diferencias en producción de los pastos entre épocas de invierno y verano serán menos drásticas.

3.4 FERTILIZACION DE MANTENIMIENTO

En zonas de clima frío, la fertilidad natural de los suelos puede calificarse como media, a excepción de los páramos los cuales tienen, por lo general, una mejor fertilidad.

Las especies forrajeras de clima frío se caracterizan, especialmente los raigrases, por una alta producción de forraje de buena calidad y como consecuencia, una alta extracción de nutrientes del suelo. Si a lo anterior se agrega la rápida recuperación de estas especies después del corte o pastoreo, se hace necesario, casi indispensable, reponer al suelo aquellos nutrientes extraídos en cada cosecha por los pastos y utilizados por el animal. Naturalmente que en la fertilización de mantenimiento de las praderas, no debe desecharse el efecto del animal en pastoreo sobre la fertilidad del suelo, ya que alrededor del 70% de los elementos nutritivos tomados por el animal, son reintegrados al suelo en forma de estiércol y orina. Por ejemplo, el estiércol aporta principalmente fósforo, en tanto que la orina, contiene las mayores cantidades de nitrógeno y potasio (23).

En el caso de utilizar los pastos bajo el sistema de corte, ya sea

como forraje verde, heno o ensilaje, ese efecto benéfico del animal en pastoreo, como agente efectivo en la devolución de nutrimentos, no va a ser posible. En estas circunstancias la fertilización es más prioritaria, para evitar que la producción del forraje decaiga aceleradamente, como un efecto de la pérdida de la fertilidad natural del suelo.

El mantenimiento de las praderas de clima frío, constituidas en su mayor parte por kikuyo y pastos mejorados de alta producción como los raigrases, se fundamenta en la fertilización. Esta fertilización debe incluir elementos como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y eventualmente, menores. Pero es, quizás la fertilización nitrogenada, la práctica que más redundancia en los niveles de producción y productividad en las explotaciones lecheras. Además la uniforme distribución del estiércol, se recomiendan aplicaciones de urea u otros compuestos químicos, en niveles de 25 a 50 kilogramos/ha de nitrógeno, después del pastoreo.

En el caso de los raigrases, especialmente los tetraploides que son los que actualmente se utilizan en praderas de explotaciones lecheras, debido a su gran potencial de producción de forraje, alta digestibilidad y calidad, las necesidades de magnesio en el animal son elevadas y una fertilización sin incluir este elemento, puede constituirse en un riesgo potencial para animales que inician lactancia, pues fácilmente puede presentarse una hipomagnesemia, especialmente en animales de alta producción.

Por otro lado, la fertilización con azufre ha producido magníficos resultados no solo en los raigrases, sino en las mezclas con tréboles (5, 13).

En términos generales, la cantidad de fósforo que debe aplicarse por año es de 50-80 kg/ha/año, equivalente a 300-600 kg de calfos/año (1, 5, 10).

En suelos de páramo, a pesar de que existen áreas con un alto contenido de materia orgánica, se ha encontrado respuesta a la aplicación de nitrógeno debido a la baja rata de mineralización de esa materia orgánica, como consecuencia de la escasa actividad microbial, por las bajas temperaturas predominantes.

Finalmente, vale la pena resaltar que, en la actualidad, la mezcla de leguminosas en praderas (tréboles o carretones), ha decaído notablemente, debido a que las nuevas introducciones de variedades e híbridos de raigrases contienen un alto porcentaje de proteína (18-24%), y un vigoroso desarrollo, que impide a los tréboles competir en la mezcla.

3.5 OTRAS PRACTICAS CULTURALES PARA MANTENER LAS PRADERAS

Con el propósito de mantener un buen estado de producción de las praderas, y así mismo, el estado físico nutricional de los animales que dependen de ellas, es necesario complementar el manejo me-

diante simples prácticas que irán en beneficio del equilibrio suelo-planta-animal.

- Desbrozar con machete o guadaña, ocasionalmente, para eliminar matojos y emparejar la pradera.
- Esparcir la majada a medida que el ganado cambie de faja de pastoreo o potrero, mediante rastrillo de mano, o con llantas unidas con cadenas, utilizando un tractor.
- Si es factible, construir pozos estercoleros para aprovechar el abono orgánico del establo.
- Mantener saladeros y bebederos en los potreros.
- Escarificar por lo menos una vez al año, ojalá con la práctica de la aplicación de cal, calfos o fosforita.
- Renovar potreros, mediante un sistema planificado.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

BIBLIOGRAFIA

1. Acosta, A. 1987. Recursos forrajeros para la alimentación de ganado de leche en clima frío. En: Avances en Producción de Ganado de Leche. Curso de Actualización para Asistentes Técnicos. ICA-Tibaitatá (Bogotá). p.85-98.
2. Alarcón, E.; Lotero, J.; Chaverra, H. 1972. Demostraciones sobre manejo y producción de pastos en fincas ganaderas. ICA, Boletín Técnico no. 23. pp. 80.
3. Arguelles, G. Pasto Tetralite (Lolium hybridum Hausskn.). En: Suplemento Ganadero 1(4): 72-75.
4. Bernal, H. 1985. Algunas características agronómicas de los raigrases. En: Semillas (Acosemillas) vol.10(1): 19-23.
5. . Los tetrablend raigrases tetraploides anuales y perennes. Semilla La Pradera 9Bogotá). Sin fecha, plegable.
6. Carta Ganadera. Suplemento Ganadero. Revista ICA, 1930-1986. Publicación científica.
7. Crowder, L.V.; Riveros, G. 1962. resumen de las investigaciones en pastos. Agricultura Tropical, 18(7): 392-419.
8. Fullerton, T.; Ramos, N.; Morales, L.; Carmona, C. 1973. Control de malezas en potreros. Temas de Orientación Agropecuaria (Colombia). Manual Técnico 84-85: 185-204. 2a. edición.
9. Gavilanes, C.E. 1980. Métodos de siembra de especies forrajeras.. En: Carta Ganadera (Colombia). Suplemento Ganadero 1(4): 4-18.
10. IICA. Bibliografía de pastos y forrajes tropicales, 1973. Bibliografías no. 116. pp. 313.
11. Mendoza, P. 1986. Variedades de pastos para clima frío. En: Seminario Nacional de Ganado de Leche. Pasto, Julio 1986.
12. Programa Pastos y Forrajes DIA-ICA. Informes de Progreso 1956-1986.
13. . Ganados y pradera (Colombia). 1980-1986.
14. . ICA, Sistematización bibliográfica de pastos y forrajes. 1975-1986. BAC-ICA, Tibaitatá.
15. Salazar, F.; Rodríguez, T. 1983. Bibliografía de pastos y forrajes 1975-1982. Biblioteca Agropecuaria de Colombia (BAC), pp. 92.

A N E X O S

16. Silva, J.V.; Urbina, N. 1973. Evaluación de los pastos manawa, ariki, raigras anual e inglés (*Lolium* spp) en pastoreo con vacunos. Revista ICA. VIII(3): 289-298.
17. _____. 1983. Siembre pastos mejorados y coseche más dinero. Cartilla Divulgativa no. 1. ICA-DRI-CCH. Pasto. 15 p.
18. _____. Siembre pastos mejorados y coseche más dinero. Sonoviso. ICA-DRI-CCH. Pasto (15 minutos).
19. _____. 1983. Los raigrases, pastos para ganado de leche. Plegable Divulgativo. ICA-DRI-CCH. Pasto.
20. _____. 1984. El manejo de pastos y forrajes. ICA-DRI-CCH. Pasto. (Mimeógrafo). 18 p.
21. _____. Gramíneas y leguminosas de clima frío, medio y cálido. ICA-DRI-CCH. Pasto. 42 p. (Sin fecha).
22. _____. 1985. Siembra y manejo de pastos mejorados. En: Producción de leche en zonas de ladera fría. Manual ICA-CCH. Pasto. p. 9-16.
23. _____. 1986. Manejo y registro de praderas de clima frío. En: Producción de ganado lechero en zonas frías. Seminario Nacional de Ganado de Leche. ICA-Pasto. p. 216-253.
24. Wiezoreck, A.; Bernal, J. 1968. Investigación de pastos y forrajes en Nariño. Agricultura Tropical. **Julio**, 1968. p. 715-719.

ANEXO 1. Gramíneas forrajeras adaptadas a la zona de clima frío de Nariño.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	CARACTERISTICAS
Avena forrajera	<u>Avena sativa</u>	Corte, ensilaje; susceptible a roya
Falsa poa, Saboya	<u>Holcus lanatus</u>	Mezclas con raigrases.
Brasilero	<u>Phalaris spp</u>	Corte, ensilaje; resistencia a inundación
Kikuyo	<u>Pennisetum clandestinum</u>	Tolera inundación, susceptible a heladas
Raigras Italiano, Anual	<u>Lolium multiflorum</u>	Susceptible al ataque de roya, mancha parda
Tetrablend 444, 120	<u>Lolium multiflorum</u>	Tetraploide, susceptible a roya.
Aubade, Terli	<u>Lolium multiflorum</u>	Tetraploide, exigente a fertilización.
Raigras Perenne, Inglés	<u>Lolium perenne</u>	Muy bien para zonas altas, mezclas.
Tetrablend 30, Tetrapasto	<u>Lolium perenne</u>	Tetraploide, excelente para leche.
Híbrido Tetrelite	<u>Lolium hybridum</u>	Tetraploide, exigente a fertilización.

ANEXO 2. Leguminosas forrajeras adaptadas a la zona de clima frío de Nariño.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	CARACTERISTICAS
Alfalfa	<u>Medicago sativa</u>	Corte, heno, resistente a heladas.
Trébol Blanco	<u>Trifolium repens</u>	Mezcla con pastos, resistente a heladas
Trébol Rojo	<u>Trifolium pratense</u>	Mezcla con pastos, resistente a sequías

ANEXO 3. Algunas gramíneas para clima medio y cálido.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	CARACTERISTICAS
Pangola	<u>Digitaria decumbens</u>	Exigente a fertilización
Pará	<u>Brachiaria mutica</u>	Resistente a suelos inundables.
Alemán	<u>Echinochloa polystachya</u>	Resistente a suelos inundables
Braquiaria	<u>Brachiaria decumbens</u>	Resistente a sequía, atacada por salivita
Puntero	<u>Hyparrhenia rufa</u>	Rústico, para fertilización
Gordura, Meloso	<u>Melinis minutiflora</u>	Rústico, para ladera, no resistente a quema
Imperial	<u>Axonopus scoparius</u>	Suelos ácidos, rústicos, susceptibles
Micay	<u>Axonopus micay</u>	Suelos ácidos
Guatemala	<u>Tripsacum laxum</u>	Suelos ácidos, rústicos, para cuyes
Elefante, Gigante	<u>Pennisetum purpureum</u>	Variedades 534, Taiwan
Carimagua	<u>Andropogon gayanus</u>	Suelos ácidos, tolera sequía

ANEXO 4. Algunas leguminosas forrajeras para clima medio y cálido.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	CARACTERISTICAS
Alfalfa	<u>Medicago sativa</u>	Corte, heno, mejor cultivo en surcos
Kudzú	<u>Pueraria phaseoloides</u>	Corte, pastoreo controlado, suelos ácidos
Soya forrajera	<u>Glycine wightii</u>	Mezcla con pastos
Cámpanilla, Clitoria	<u>Clitoria ternatea</u>	Mezcla con pastos
Desmodio, pega-pega	<u>Desmodium spp</u>	Mezcla natural en potreros
Guadul, frijol paloma	<u>Cajanus cajan</u>	Para ramoneo; vainas comestibles
Zornia, Cargadita	<u>Zornia spp</u>	Mezcla con pastos
Ramio (<u>Urticacea</u>)*	<u>Boehmeria nivea</u>	Corte escalonado

* Urticacea

ANEXO 5. Recomendaciones generales para siembra de gramíneas forrajeras de clima frío.

NOMBRE COMUN	SEMILLA/ha	SISTEMA SIEMBRA	USOS
Falsa Poa, Saboya	20 - 25 kg	Semilla al voleo	Pastoreo, mezcla otros pastos
Kikuyo	30 bultos (tallos)	Voleo, surcos 50 cm	Pastoreo, mezcla tréboles
Raigras Italiano	30 kg	Semilla al voleo	Pastoreo, mezcla tréboles
Raigras Aubade, Tetrelite	30 kg	Semilla al voleo	Pastoreo, mezcla otros pastos
Tetrablend, Tetila	30 kg	Semilla al voleo	Pastoreo, corte, mezclas
Raigrás Inglés	30 kg	Semilla al voleo	Pastoreo, mezcla tréboles
Avena forrajera	60 -80 kg	Al voleo, surcos 30 cm	Corte, ensilaje
Brasilero	40 bultos (cepas)	Surcos 80xcepas 80 cm	Corte escalonado

Mezclas: Las praderas pueden establecerse con un solo pasto o también mezclar diferentes pastos, ej.:

- a. Raigras 15 kg + Orchoero 14 kg + 1 kg trébol
- b. Raigras 8 kg + Orchoero 15 kg + Festuca 5 kg + trébol 2 kg
- c. Raigras 10 kg + Orchoero 10 kg + Festuca 10 kg + trébol 1 kg

Los tréboles entran en las mezclas de 1.0 - 4.0 kg y no deben utilizarse solos para pastoreo, por el peligro de causar timpanismo.

ANEXO 6. Recomendaciones generales para leguminosas de clima frío.

NOMBRE COMUN	SEMILLA/ha	SISTEMA SIEMBRA	USOS
Alfalfa	12-15 kg (semilla)	Voleo, surcos 35-40 cm	Corte
Tréboles (TB, TR)	1.0-4.0 kg (semilla)	Voleo	Mezcla con pastos

ANEXO 7. Recomendaciones generales para siembra de gramíneas forrajeras de clima medio y cálido.

NOMBRE COMUN	SEMILLA/ha	SISTEMA DE SIEMBRA	USOS
Pangola	30 bultos (tallos)	Voleo, surcos y plantas 50x50 cm	Pastoreo
Pará	30 bultos (tallos)	Voleo, surcos y plantas 50x50 cm	Pastoreo
Alemán	30 bultos (tallos)	Voleo, surcos y plantas 50x50 cm	Pastoreo
Braquiaria	2.0 kg ó 30 bts (tallos)	Voleo, surcos y plantas 50x50 cm	Pastoreo
Puntero	20 kg (semilla)	Voleo, tapar superficial	Pastoreo
Gordura, Meloso	15-20 kg (semilla)	voleo, tapar superficial	Pastoreo
Micay	30 bultos (tallos)	Voleo, surcos y plantas 50x50 cm	Pastoreo
Imperial	30 bultos (tallos)	Surcos y plantas 80 x 50 cm	Corte, Pastoreo
Guatemala	30 bultos (tallos)	Surcos y plantas 80 x 80 cm	Corte
Elefante, Gigante	30-40 bultos (tallos)	Surcos y plantas 80 x 80 cm	Corte
Carimagua	15-20 kg (semilla)	Voleo, surcos a 50 cm	Pastoreo

ANEXO 8. Recomendaciones generales para siembra de leguminosas forrajeras de clima medio y cálido

NOMBRE COMUN	SEMILLAS /ha	SISTEMA DE SIEMBRA	USOS
Alfalfa	12-15 kg (semilla)	Voleo, surcos 35-40 cm	Corte
Kudzú	15-20 kg (semilla)	voleo, surcos y semilla 50x10 cm	Corte, Mezclas
Desmonio, pega-pega	10-15 kg (semilla)	Voleo	Mezcla con pastos
Ramio*	30 bultos (cepas)	Surcos y plantas 60 x 60 cm	Corte escalonado

* Urticacea.

ANEXO 9. Algunas plagas que afectan especies forrajeras.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	PASTOS ATACADOS	CONTROL	OBSERVACIONES
Trozadores-tierreros	<u>Agrotis</u> sp.	Casi todos los pastos tréboles y alfalfa.	Sevín 80 PM 1 kg/ha	Al suelo antes de la última rastrillada, cuando se va a establecer el pastoreo.
Chiza-mojojoy-cuzo-gallina ciega.	<u>Ancognatha</u> sp.	Gramíneas en general.	Sevín 80 PM 1 kg/ha	Aplice al suelo antes de la última rastrillada.
Gusanos comedores de hoja-gusano peludo-gusano Santa María-gusano medidor.	<u>Arctia</u> sp. <u>Antarctia</u> sp. <u>Mocis repanda</u>	Pangola-guinea-kikuyo	Sevín 80 PM	Aplice el insecticida cuando hay poblaciones altas de larvas. El sobrepastoreo disminuye el ataque (Ver nota 3).
Cogollero-ejército	<u>Spodoptera</u> sp.	Puntero-pará-tréboles	Sevín 80 PM Tamarón o Monitor de 0.5 a 1 L/ha	Cuando las larvas están pequeñas y se observa la iniciación del ataque (Ver notas 2 y 3).
Chinche de las raíces	<u>Blissus</u> sp.	Pará-pangola-raigras-kikuyo-alfalfa.	Sevín 80 PM Malathion 2- L/ha Basudín 1-2 L/ha	Aplicar a la base de las plantas donde se congregan los adultos y ninfas (ver notas 2 y 3).
Juanita salivita	<u>A. varia</u> , <u>A. reducta</u> <u>Aneolamia varia bogotensis</u> <u>Zulia pubecens</u>	Elefante-gordura-pangola-guinea-pará-kikuyobrachiaria-alfalfa-tréboles.	Basudín 1-2 L/ha Sevín 80 PM 1 kg/ha Malathion.	El mión es favorecido por la lluvia, se inicia por parches. El sobrepastoreo ayuda a controlar.

Continuación Anexo 9.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	PASTOS ATACADOS	CONTROL	OBSERVACIONES
Cochinilla de los pastos	<u>Antonina graminis</u>	Pará-brachiaria-pangola.	Malathion 2 L/ha	Aplicar a la iniciación del ataque en el parche y alrededores (Ver notas 2 y 3).
Hormiga arriera	<u>Atta</u> sp.	Pastos en general	Mirex cebo 5-20 g/ boca horm.	Trate todas las bocas y caminos
Pulgones-áfidos	<u>Ropalosiphum maidis</u>	Especialmente gramíneas.	Roxión-Sistemín-Perfection 1 L/ha; Tamarón 1 L/ha	Aplicar tan pronto se observen los primeros insectos (ver nota 3).
Salta hojas-loritos cigarritas.	<u>Dicranotropis bipectinata</u> , <u>Cicadulina pastusae</u> <u>Paratanus</u> sp. <u>Draaculacephala</u> sp. <u>Metascarta impressifrons</u> <u>Empoasca</u> spp.	Casi todos especialmente las gramíneas.	Basudín 1.5 L/ha, Malathion 2 L/ha	Aplicar al iniciar la etapa de recuperación del pasto.

NOTA 1: Presentación de los productos PM= polvomojable; E= emulsionable; G= granular.

NOTA 2: Sacar el ganado antes de la aplicación de los productos; volver a meter el ganado después de 3 semanas.

NOTA 3: No permita el pastoreo de animales listos para el sacrificio en potreros recién tratados.

ANEXO 10. Malezas más comunes en el establecimiento de praderas y control químico (clima frío).

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	CONTROL QUIMICO	DOSIS/ha	CC/GR/BOMBA
Lengua de vaca o Barrabás	<u>Rumex crispus</u>	Banvel	1.6 - 2.0 lts	80 - 100 cc
Corazón herido	<u>Polygonum nepalense</u>	Afalón	1.0 kg	50 gramos
Gacilla o miona	<u>Spergula arvensis</u>	Banvel, Ceretox	1.6 - 2.0 lts.	80 - 100 cc
Mezcla de malezas (lengua-corazón- gacilla).		Banvel + Afalón	1.0 - 1.0	50 cc + 50 gr.

NOTA: Los herbicidas deben aplicarse en suelo húmedo y previendo tiempo no lluvioso el día de la aplicación para evitar el lavado del producto. Debe utilizarse una boquilla de aspersion tipo cortina (TK-5).

Kikuyo: Pennisetum clandestinum: Si se desea destruir un potrero viejo de kikuyo, puede emplearse el herbicida Round-Up, en dosis de un galón por hectárea, o sea, 150 cc/bomba de 20 litros de agua. El producto debe aplicarse en forma lenta y con boquilla de cortina (TK-5), sobre el césped de kikuyo. Debe hacer humedad en el suelo.

**INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
SUBGERENCIA DE INVESTIGACION
CENTRO DE INVESTIGACION OBONUCO
REGIONAL N° 5
PROGRAMA GANADO DE LECHE**

HACIA UN SISTEMA DE PRODUCCION PECUARIO SOSTENIBLE

**SAN JUAN DE PASTO
JULIO, 1992**

HACIA UN SISTEMA DE PRODUCCION PECUARIO SOSTENIBLE

Jose I. Pulido H¹ *errera*

1. INTRODUCCION

El tema de la conservación del medio ambiente, un manejo más benigno de los recursos naturales y la sostenibilidad de la producción agropecuaria en el largo plazo, constituyen actualmente los desafíos más críticos para la humanidad.

En el ámbito Latinoamericano, la situación en cuanto a disponibilidad de recursos permite una visión relativamente optimista. Con apenas el 8.1 % de la población mundial, la región cuenta con el 23 % de las tierras potencialmente cultivables, el 12 % de las cultivadas, el 17 % de las tierras en pastizal, el 23 % de los bosques, el 46 % de las selvas tropicales y el 31 % de las aguas dulces de escurrentia posibles de utilizar de manera estable. Constituye, así mismo, una de las mayores fuentes de diversidad genética del planeta con cerca del 35 % del total de la biodiversidad en los 20 cultivos alimenticios e industriales más importantes, de la que sólo una pequeñísima

¹ Zootecnista, M Sc. Producción animal. Programa ganado de leche, ICA, Obonuco. San Juan de Pasto, Nariño, Colombia. AA: 339. Tel 927-233532.

proporción está siendo utilizada particularmente, en las áreas tropicales donde se estima que en una hectarea de bosque amazónico, por ejemplo, hay más especies vegetales que en todo el territorio europeo, y cuenta con alrededor del 3 % de las reservas mundiales de petróleo y el 19 % del potencial de energía hidroeléctrica (Trigo, 1991).

Sin embargo, lo anterior esconde grandes diferencias entre países y tendencias que, lejos de ser alentadoras resaltan la necesidad de inmediatos y profundos cambios en el comportamiento de los sistemas de explotación agropecuaria de la región. En un buen número de países la relación población:recursos es extremadamente desfavorable y existen serias dudas que hacia el año 2000 sean capaces de sostener sus poblaciones con base en su propia producción agrícola. Si bien a nivel global la disponibilidad de tierras cultivables no es una limitante, en algunas regiones como México, América Central y el Caribe, hoy ya se está utilizando una muy alta proporción de las tierras con potencial agrícola (Trigo, 1991).

Por otro lado, la tasa de deforestación es extremadamente alta y creciente en los últimos períodos, estimándose que en el último quinquenio ha alcanzado a 50.000 Km² al año, es decir un territorio equivalente al área total de Costa Rica o la República Dominicana; desde 1960 la tala de bosques se estima ha alcanzado a unos dos millones de Km² (una

superficie mayor al territorio mexicano) La mayoría de ellos en los últimos años. Según algunos estimados cada año se transforman unos 4.4 millones de hectareas de ecosistemas naturales, de los cuales el 78 % proviene de áreas tropicales; entre 1980 y 1985 se calcula se han perdido unos 17.5 millones de hectareas en los bosques húmedos tropicales y subtropicales, 2 millones en las montañas y cerca de 8 millones en los secos tropicales y subtropicales. Estos procesos, independientemente de lo que representa en términos de un pobre o mal uso de un recurso de alta productividad, están poniendo en peligro la viabilidad a largo plazo de un número importante de cuencas de importancia estratégica para la seguridad alimentaria de varios países. Así mismo, el efecto sobre la diversidad genética es de grandes magnitudes; según algunos estimados en cada hectarea de bosque tropical pueden coexistir entre 1000 y 2000 especies vegetales de las cuales alrededor de 250 son árboles (Trigo, 1991).

Los sistemas agroforestales se presentan como una alternativa clara para mejorar los problemas de uso de la tierra a través de las funciones productivas y de servicios; sin embargo, estas se practican en forma tradicional en nuestro medio desde la época precolombina y actualmente siguen sin insertarse en forma efectiva al desarrollo rural de Colombia. Este aspecto, ha influido en los escasos conocimientos generados hasta el momento, los cuales no

ofrecen el aporte científico suficiente que permita introducir este componente en la formulación de planes de desarrollo a escala nacional y regional (Escobar, 1991).

En los sistemas agroforestales para la producción animal, el objetivo principal es la ganadería, cumpliendo los árboles una función secundaria pero importante en la recuperación y/o conservación de los recursos naturales. De esta manera, los árboles forrajeros desarrollan un papel importante no solamente por su aporte a la alimentación animal y su alto valor nutricional, sino, por su contribución a la recuperación de ecosistemas alterados. La desertificación, la infertilidad de los suelos, la erosión y la escasez de agua son problemas que se deben subsanar en el corto plazo, pero con el reto de producir en forma sostenible y rentable alimentos de primera calidad para una población en aumento.

El presente documento busca informar y sembrar inquietudes sobre las múltiples alternativas que ofrece el componente arbóreo dentro de los diferentes sistemas de producción agropecuario que se vienen manejando en Colombia, pero especialmente alertar a los profesionales del área pecuaria para integrar los árboles al proceso de producción de leche y carne como una manera clara, efectiva y actualizada de producir en forma sostenible proteína de origen animal sin diezmar el potencial de producción de los sistemas en el largo plazo.

2. MARCO CONCEPTUAL.

En Colombia, específicamente en la Región Andina en donde se mantiene la vocación agropecuaria basada en un uso intensivo del suelo, causada por la estructura de la tenencia de la tierra, actualmente se están presentando altos índices de erosión de los suelos y destrucción del bosque, que atentan contra los recursos genéticos aun inexplorados, la regulación de los caudales y la calidad de las aguas.

Dentro de este contexto el pequeño agricultor es el principal perjudicado, quien tiene que afrontar los problemas de escasez de alimentos, falta de energía y bajos ingresos; lo cual genera en muchos casos inestabilidad rural y exodo campesino.

Como respuesta a lo anteriormente planteado se ha identificado la magnitud de la problemática y los programas de investigación, de instituciones como el ICA, están reorientando sus programas hacia el encuentro de nuevas tecnologías integrales y sostenibles. Dentro de este nuevo enfoque los sistemas agroforestales (SAF) tienen una gran importancia y se espera que ellos sirvan para impulsar un desarrollo agropecuario, acorde a las necesidades actuales, estimulando la conservación y uso estratégico de los recursos naturales, asegurando la estabilidad ecológica, social, política y económica de las regiones, y lo que es

más importante, sin poner en peligro la satisfacción de las necesidades vitales de sus generaciones futuras.

La agroforestería, palabra que llegó al español por vía anglosajona, cuyo término se origina en las palabras agri = campo y foresta = bosque, es un nombre colectivo para designar los sistemas de uso de la tierra en los cuales los árboles crecen en asociación con cultivos agrícolas y/o pastos y ganado en arreglos espaciales o secuenciales en el tiempo a través de los cuales interactúan económica y ecológicamente (Young, 1988). De esta forma, la agroforestería puede ayudar a resolver los problemas de uso de la tierra a través de sus funciones productivas y de servicios. Efectivamente, el concepto de agroforestería se encuentra basado principalmente en el uso de árboles de uso múltiple, los cuales hacen una contribución significativa a las formas productivas y de servicios en los sistemas de producción donde ellos crecen; estas funciones según Young (1988) son las siguientes:

Productos y subproductos forestales: madera de aserrío, leña; carbón, estacaones, varas, alfaridos, postes, madera esculpida, etc.

Forraje: ramoneo, corte, material de poda como fertilizante orgánico.

Alimento: frutos, nueces, aceites, comestibles y bebidas.

Otros productos: aceites, gomas, resinas, taninos, fibras, latex, usos medicamentos, ceras y colorantes.

Servicios: Sombra, protección del viento, conservación de suelos incluyendo recuperación, cercado, conservación de la humedad.

Con la introducción del término "sistemas" se hace necesario revisar este concepto, el cual se ha definido como un arreglo de componentes que interactúan como un todo para lograr un fin común, para los cuales existen: unos límites o bordes hasta donde se extiende horizontal y verticalmente el sistema, unos ingresos que incluyen factores internos y externos que intervienen en cada componente para las respectivas transformaciones, tales como agua, energía solar, mano de obra, capital, semillas etc; unos egresos o productos resultantes del proceso de las materias primas tales como vegetales, animales, productos animales y productos forestales; unas interacciones las cuales no son otra cosa que las relaciones que se suceden entre los componentes del sistema. Las interacciones se presentan en la interfase árbol/cultivo, árbol/animal y pueden ser favorables, neutras o desfavorables a nivel del suelo o microclima; estas interacciones como se dijo son económicas y ecológicas. Según Young (1988), las interacciones económicas se refieren a los beneficios directos que reciben

los agricultores de los SAF para la subsistencia o ayuda económica; las interacciones ecológicas son efectos como la sombra de los árboles reciclaje de nutrientes y de la materia orgánica, influencia sobre el microclima y la humedad del suelo y conservación de los suelos. Igualmente los sistemas mantienen una ubicación o jerarquización que indica la posición del sistema con respecto a otros y la relación entre ellos y por último mantienen una dinámica a lo interno la cual indica las condiciones de los componentes y sus interacciones como van cambiando a través del tiempo, introduciendo de esta manera el concepto de la sostenibilidad (Figura 1).

La sostenibilidad es en la practica difícil de definir, de hecho, el concepto de sostenibilidad implica un enfoque o perspectiva, un criterio general respecto a las relaciones básicas de la organización social, antes que un conjunto concreto y específico de acciones a ser emprendidas, ya sea por individuos u organizaciones públicas y privadas dentro de una sociedad en particular (Trigo, 1991). A pesar de que este marco no es el motivo de éste documento, al hablar de desarrollo sostenido es necesario reconciliar aspectos económicos y sociales con las dimensiones biofísicas referidas a los recursos naturales y a la propia capacidad de los distintos ecosistemas de responder a las demandas a las que los someten las sociedades humanas.

Los esfuerzos para lograr definiciones de alcance operacional son variados (Cuadro 1.), pero apuntan a reflejar la creciente preocupación con las proporciones entre los "stocks" de recursos naturales y los crecientes niveles percapita de uso o mal manejo de los mismos y consecuentemente la necesidad de incorporar más plenamente el manejo de los recursos naturales dentro de los procesos decisorios que afectan el crecimiento y desarrollo de las economías.

De esta manera, una definición aplicada y ampliada sobre sostenibilidad es aquella que la considera como un proceso mediante el cual se deben alcanzar cada vez mejores condiciones de vida y bienestar social, sin comprometer la capacidad productiva y dotación de recursos que tiene la humanidad, con el fin de que generaciones futuras puedan satisfacer en su tiempo y circunstancias sus propios niveles de vida y bienestar (Casas, 1989).

El concepto de estabilidad se confunde a veces con el de sostenibilidad. En la actualidad la estabilidad es aceptada como la capacidad de un sistema para retornar al estado de equilibrio después de ser sometido a un disturbio temporal (Holling citado por Sanchez, 1989). Cuando hay estabilidad la productividad no cambia mucho de un año a otro a causa de fluctuaciones del clima y otras variables del ambiente; es

decir hay constancia con rendimiento año a año (OTS y CATIE, 1986, citado por Escobar, 1991).

3. CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES.

Con base en la clasificación de ICRAF, Escobar (1991) hace una adaptación a la forma de clasificación de los SAF, el cual toma unos componentes principales como nivel mayor, y luego un segundo nivel en el cual tiene en cuenta los arreglos espacial y temporal, y después un nivel menor de jerarquía que consiste en arreglos más detallados y función de los árboles principalmente.

Los niveles mayores son combinaciones resultantes de los tres componentes principales (Fassbender, 1987).

Sistema agrícola	Sistema forestal	Sistema ganadero
(anuales, perennes)	(árboles)	(animales)



árboles asociados
con cultivos
agrícolas

árboles asociados
con cultivos y
ganadería

árboles asociados
a la ganadería

El segundo nivel de clasificación considera la distribución del componente forestal en el tiempo y en el espacio. En el tiempo la combinación del componente forestal con los cultivos y/o ganadería puede ser temporal o permanente.

La combinación es permanente si ésta se mantiene durante una o más rotaciones del componente forestal; es temporal, si ésta dura menos de una rotación del componente forestal (producción agrícola y forestal secuenciales). En la distribución en el espacio la composición puede ser regular (el árbol mezclado entre los cultivos o irregular donde el árbol está al costado (franjas) o alrededor (cercas) del cultivo (Fassbender, 1987).

En el cuadro 2 se detalla la clasificación de los SAF actualmente identificados.

3.1. Agrosilvicultura secuencial.

3.1.1. Agricultura migratoria

Es un SAF en el cual el bosque se corta y quema para cultivar la tierra de 2 a 5 años; luego del período del cultivo continúa la fase de descanso "barbecho", que puede durar de 5 a 20 años. Durante este período se desarrolla un bosque secundario, que acumula de nuevo elementos nutritivos en la vegetación, se restablece la producción de restos

vegetales y su mineralización, de tal forma que el suelo alcanza finalmente su fertilidad original (OTS y CATIE, 1986; Fassbender, 1987).

3.1.2. Barbechos mejorados.

En una rotación se plantan árboles leguminosos o de valor comercial en el barbecho siguiente a un período de cultivo, con el fin de mejorarlos para obtener beneficios económicos o ecológicos (Benites, 1990).

Cuando se busca un beneficio económico, la vegetación de barbecho se enriquece con árboles frutales, maderables u otro uso importante, los cuales crecen durante el período que dura éste. Cuando se pretende un beneficio biológico la vegetación natural de barbecho se reemplaza por otra generalmente leguminosas (*Leucaena leucocephala*, *Cajanus cajan*, en suelos ácidos), para acelerar la producción de biomasa, acumular nutrientes en el suelo, mejorar las propiedades físicas del suelo y acortar el período de descanso.

3.1.3. Sistema Taungya.

La palabra Taungya entró a la literatura en la India 1856 y es un método para establecer plantaciones forestales en combinación con cultivos agrícolas, los cuales se limitan a

un período corto que termina cuando los árboles plantados cierran su dosel (King citado por Budowsky, 1983 y Escobar 1991).

Según Young (1983), este método es una adaptación de la agricultura migratoria que se emplea para el establecimiento de plantaciones forestales a bajo costo, produciendo alimentos en áreas de vocación forestal.

Una condición importante para la aplicación del sistema Taungya es que en las áreas objeto exista una alta densidad de población, con un uso intensivo del suelo y escasez de tierra para cultivar. En estas zonas se asignan parcelas a los agricultores para que las cultiven por dos o tres años y el estado los incentiva para que planten y cuiden especies forestales de valor comercial (Castillo, 1976).

3.2. Agrosilvicultura mezclada en el espacio.

3.2.1. Árboles en cultivos

Consiste en la introducción de árboles en áreas de uso agrícola (minifundios), en espaciamientos amplios para disminuir competencia por luz, agua y nutrimentos. Dependiendo de las necesidades de la zona, los árboles pueden ser maderables, frutales o mejoradores del suelo (leguminosas), introducidos en cultivos anuales como maíz,

frijol, arroz, sorgo o semipernnes como plátano y caña de azúcar.

Este SAF se emplea mucho por los agricultores de la india y Kenya, en donde ellos han notado los efectos benéficos de la practica, cuando introducen algunos árboles leguminosos, como por ejemplo, la Acacia albida (Young 1988).

Las áreas potenciales de Colombia para la implementación de este SAF, son aquellas en donde abunda la pequeña propiedad rural en zonas de ladera, donde hay degradación de los suelos y poco espacio para los árboles. Con base en en este criterio Nariño Colombia se perfila como una de las regiones donde es valida la implementación de este sistema de producción.

3.2.2. Cultivos en plantaciones forestales

Este es un SAF a través del cual se producen alimentos en plantaciones forestales ya establecidas, mediante la introducción de árboles frutales de importancia comercial, buscando un uso más racional del suelo, hacer más atractiva la inversión en reforestación y diversificación de la producción. Además los arboles frutales, se pueden introducir otras plantas, bien sea mediciales u otras de importancia comercial.

Uno de los cultivos más empleados es el lulo (Solanum quitoense); en el Departamento del Cauca se han obtenido producciones de 2.3 y 3.0 ton/ha en los segundo y tercer año respectivamente, bajo una plantación de Pinus oocarpa de 6 años y una densidad de 1111 árboles/ha (Escobar R.1990).

Aparte del lulo, se están introduciendo otros frutales, tales como granadilla, brevo, mora y maracuya en plantaciones de Pinus oocarpa (Rodríguez V. 1991); manzana y tomate de árbol bajo plantaciones de Pinus patula (Rodríguez y Gómez, 1991).

3.2.3. Combinaciones de árboles con cultivos perennes

Los árboles perennes y cultivos arbustivos tales como café, té, cardamomo, hierba mate, se combinan en sistemas de cultivos intercalados, durante toda la rotación de árboles, a través de dos vías (Young 1988).

- Los árboles maderables o leguminosos como sombrío de los cultivos básicos (p ej. Cordia allodora con café),
- Los cultivos de arbustivos debajo de árboles frutales (p ej. macadamia con café).

3.2.4. Los huertos familiares

A este SAF también se le conoce con el nombre de huerto mixto tropical. Según Price (1983), este SAF se refiere al

"complejo de plantas domesticas o semidomesticas, perennes o semiperennes en su mayoria que se encuentran en los alrededores de la casa". El botánico Anderson, citado por Escobar, 1991) define el huerto familiar como "un desorden pero productivo; caótico en aspecto pero inteligente en su patrón básico. Es simultaneamente un frutal, un huerto de hortalizas, un huerto medicinal, un jardín, un campo para abejas, un basurero y un lugar para hacer compost".

3.3. Silvicultura localizada en el espacio

3.3.1 Cultivo en callejones.

Es un SAF a través del cual los cultivos arables crecen entre hileras (3 a 7 mts de distancia) de arbustos leñosos o árboles de barbecho siendo estos últimos podados periodicamente durante la época del cultivo para prevenir la sombra y suministrar abono verde al cultivo asociado.

Sanchez (1989), en una revisión sobre la combinación de especies arbóreas con cultivos anuales, encontro que hasta la fecha se han empleado 15 especies arbóreas y 15 especies agrícolas diferentes. Según esta revisión, las especies arbóreas más empleadas son las leguminosas Laucaena leucocephala, Gliricidia sepium, Calliandra calothyrsus y Erytrina poeppigiana; los cultivos agrícolas más empleados

son en orden de importancia, Zea mays, Sorghum bicolor, Phaseolus vulgaris y Vigna sinensis.

El cultivo en callejones, es un sistema de producción que parece dar respuesta a dos aspectos importantes de la seguridad alimentaria: producción de cultivos alimenticios con bajos insumos y bajo impacto sobre la degradación de los suelos. A este SAF se le asigna algunas ventajas tales como (Young, 1988) aumento y sostenibilidad al momento de los cultivos, aporte de nutrientes, efecto favorable sobre las propiedades físicas del suelo y mantenimiento de la fertilidad y control de la erosión.

En relación con la sostenibilidad de la producción hay pocos ejemplos en el mundo, debido a que requieren estudios a largo plazo. En Costa Rica se ha encontrado en evaluaciones de 8 años que los rendimientos de maíz y frijol, en cultivos de callejones de E. poeppigiana y G. sepium, con poda de árboles y aplicación de la biomasa vegetal en la superficie del suelo (mulch) dentro de los callejones es un sistema sostenible; los rendimientos fueron mayores que el testigo, pero menores que en las parcelas sin árboles con aplicación de mulch de Erythrina (cuadro 3)

3.3.2. Arboles en linderos.

Esta es una práctica simple pero efectiva y consiste en la plantación de árboles a lo largo de linderos entre cultivos, caminos y canales. Gráficamente a este SAF se le ha denominado silvicultura de 4 lados. Este SAF se diferencia de la cortina rompeviento por que la orientación, altura y estructura no son de tanta importancia, ya que en su diseño no se contempla maximizar su impacto sobre el microclima del sistema. El objeto es buscar la producción de árboles evitando efectos adversos a los cultivos adyacentes y además tener un efecto benéfico a través de la fertilización por la hojarasca, protección del viento o conservación del suelo.

3.3.3. Arboles en estructuras de conservación de suelos.

Los árboles se plantan en trabajos de conservación de suelos (vancales, sanjas de infiltración y terrazas), donde ellos se desempeñan en la estabilización de las estructuras y en un uso productivo de la tierra.

La estabilización se da a través del sistema radicular; en algunos taludes de las tierras escarpadas de algunos países se plantan árboles en forma densa a orillas de las terrazas para producir forraje y leña.

3.3.4. Cortinas rompevientos.

Se define como una barrera de árboles y arbustos que se colocan en la trayectoria del viento, para reducir la velocidad de este y disminuir los efectos físicos y mecánicos sobre los cultivos y los suelos (Faustino, 1989).

Este SAF se puede presentar en agrosilvicultura o en sistema silvopastoriles, dependiendo del tipo de asociación. La efectividad de una cortina rompevientos depende de su estructura y continuidad (Carlson, 1990).

3.3.5. Transferencia de biomasa

Este sistema, según Escobar (1991) se refiere a la práctica de transportar biomasa vegetal (hojas y ramas) de un bosque comunal relicto de vegetación natural, linderos, cortinas rompevientos o cercas vivas a una zona cultivable, con el objeto de suministrar abono verde a las plantas agrícolas y mejorar la fertilidad del suelo. Esta práctica tiene la desventaja de que puede contribuir a la degradación del bosque en áreas de poca vegetación.

3.4. Sistemas silvopastoriles

La aparente asociación entre la deforestación y la aparición masiva de sistemas de producción de carne en las

decadas del 60 y 70 denominados "HAMBURGER CONNECTION" (Figura 3), donde se indica que por cada hamburguesa producida 1 ha de bosque era desmontado, es una apreciación exagerada, muy rapida, de poca profundidad y análisis, la que por lo tanto es sujeta de debate, en terminos de si realmente son los productores de ganado los agentes causales de la deforestación o más bien otros agentes, como los problemas de tenencia de la tierra, especialmente en la selva Colombiana en donde, según Libreros (1992), el destino que se le dá al capital acumulado en los circuitos de comercialización de la droga a través de la potrerización o posesión de hecho, reconocida por ley, constituye un daño ecológico mayor que el cultivo mismo de la coca y la amapola, o bien, por migración de núcleos de personas asediadas por la persecución política y estados de violencia e inseguridad, o promovida por los compradores nacionales o internacionales de maderas finas, o sencillamente el mismo estado, por intermedio de los institutos de colonización, los cuales en nuestro país han jugado un papel bien importante (Jones, 1988)

De cualquier forma, sea cual sea la causa, se observa el reemplazo de un ecosistema relativamente estable y diverso por agroecosistemas poco productivos para la sociedad.

Los sistemas silvopastoriles, los cuales combinan diversas formas de producción animal con árboles para diferentes

propósitos, responden a la problemática agroecológica planteada en ese documento. Entre los árboles involucrados en un sistema silvopastoril los fijadores de nitrógeno, generalmente utilizados como fuente de biomasa y alimento suministrado de distintas maneras para el ganado, aparecen como particularmente prometedores para reducir el problema del proceso de la degradación del suelo, e intensificación de la producción de proteína de origen animal en forma sostenible.

Las interacciones biofísicas que se manejan entre los componentes de un sistema Silvopastoril en una forma aproximada se representan en la figura 3.

Segun Borel (1987), los principales componentes de los sistemas silvopastoriles son (Figura 2): los árboles (A), los animales (B), el pasto (C), entendiendo como el estrato del cual los animales sacan la mayor parte de sus requerimientos energéticos, el suelo (D) y el subsuelo (E). Este último componente comprende los estratos de suelo inexplorados por el pasto, pero si potencialmente alcanzables por los árboles.

La lluvia, la radiación y el nitrógeno atmosférico forman parte de las entradas al sistema, de igual manera que los insumos, como los fertilizantes, plaguicidas, etc. Las salidas provienen de los productos de los animales y de los

árboles, mientras que las pérdidas por erosión o lixiviación constituyen otra salida del sistema, la que debe obviamente ser minimizada.

Los principales sistemas silvopastoriles identificados son, según Young (1988):

3.4.1. Sistemas silvopastoriles mezclados en el espacio

3.4.1.1. Árboles en los potreros.

Según Libreros (1992), los beneficios recibidos en un sistema silvopastoril a partir del componente arbóreo son muchos, entre los más importantes se nombran los siguientes.

- Aporte de nutrientes al suelo. Este aporte se consigue de varias formas: Por fijación de nitrógeno atmosférico ya que la mayoría de árboles utilizados en este sistema son leguminosos o fijadores de nitrógeno. La fijación simbiótica de N atmosférico es del orden de 20 a 100 Kg de N/ ha / año. (Fassbender, 1987). Por caída natural de hojas ramas y frutos que al sufrir el proceso de mineralización liberan cantidades importantes de N, P, S, K, Mg, etc, disponibles directamente para las plantas (Fassbender 1987).

Según Russo (1983), citado por Libreros (1990) en una plantación de 280 árboles / ha de Erythrina poeppigiana, con

una poda anual, la caída natural de hojas significó el aporte de 331 Kg de N, 32 de P, 1056 de K, 319 de Ca y 88 de Mg, con una producción de 4280 kg / ha / año de materia seca. Y por recuperación de nutrimentos y agua del subsuelo a través de las raíces de los árboles y que luego son disponibles en las hojas y ramas (Budowski, 1981, citado por Botero, 1988).

- Mejoramiento de la estructura del suelo. Las raíces de los árboles rompen las capas duras del subsuelo y cuando mueren y se descomponen aportan materia orgánica al suelo dejando conductos que favorecen la aireación y facilitan la infiltración de agua (Budowski, 1981, citado por Botero, 1988).

- Control de la erosión; esta se lleva a cabo principalmente por acción penetrante y estabilizadora de las raíces, las que amarran el suelo, disminución de la velocidad de caída y de escorrentía del agua lluviosa evitando el lavado del suelo y amortiguación de los vientos fuertes que podrían producir erosión eólica.

- Disminución de la evaporación del agua del suelo, condición importante en las zonas secas o durante las épocas de sequía.

- Mejoramiento de la calidad nutritiva de los pastos, especialmente contenido de proteína cruda (PC) y materia seca (MS), debido a una mayor disponibilidad de nutrimentos, primordialmente nitrógeno y atenuación de la radiación solar. Según Brostein (1984) citado por Libreros, (1992) la mayor disponibilidad de nutrimentos y la atenuación de la radiación solar influyen en la composición química del forraje; así las altas intensidades de luz están relacionadas con incrementos de los carbohidratos solubles y con disminución de la proteína.

- Reducción del stress calórico, con motivo de la producción de sombra bajo la cual acostumbran a guarecer los animales, regulación de la humedad realtiva del aire y atenuación de la radiación solar. La reducción del stress calórico es muy importante pues al incrementarse la temperatura corporal del animal, el catabolismo de proteína se aumenta, calculándose que un alza de 6° C aumenta la tasa metabólica en 60 %, con aumento los requerimientos de proteína y una ineficiente utilización de la energía metabolizable (Preston 1991).

- Aporte considerable de alto valor nutritivo, al efectuar podas periódicas cuyo material comestible es puesto a disposición de los animales, por caída natural de frutos, hojas y ramas que son consumidos por los animales en pastoreo, o bien, ramoneo o consumo de las ramas bajas de

los árboles y cosecha de frutos que después se suministran a los animales.

- refugio y atracción para entomofauna benéfica, muy util para actividades de control biológico e integrado de plagas y enfermedades.

- Productos de leña, madera, postes y estacas importante para disminuir la presión sobre el bosque, reducir costos por estos conceptos, aumentar ingresos y facilitar material de propagación

Producción de madera, forraje o frutos al introducir árboles en los potreros

-La producción de madera, especialmente en zonas altas, es el producto de mayor evaluación en la asociación de aliso (Alnus jorullensis / A. acuminata) con pasto, que es quizás la más importante en algunos países latinoamericanos como Costa Rica, Colombia y Ecuador (Beer, 1980, Añazco, 1990). En costa Rica se han obtenido producciones de 11 m³/ha/año de madera de aliso, asociado a pastos como Pennisetum clandestinum o Pennisetum purpureum en una densidad aproximada de 94 árboles / ha a los 20 años (Beer, 1980).

-La producción de biomasa comestible de E. Poeppigiana a diferentes densidades de siembra, en diferentes ensayos

(CATIE, 1986), muestran que la mayor producción de materia seca/árbol/corte (14.50 Kg) se obtiene a una densidad de 417 árboles/ha sembrados a 6*4 m de distancia; sin embargo, la producción de materia seca/ha/año, con dos podas anuales, es máxima (10.400 Kg) a una densidad de 553 árboles/ha, sembrados a 6*3 m de distancia, haciéndose menor a medida que se incrementa la densidad de la plantación (Cuadro 4).

- El sistema de asocio de una leguminosa arborea con un pasto de corte, utilizando el material arboreo de poda, parcial o totalmente como abono verde, en beneficio de la producción de biomasa del pasto es otro sistema de asociación y forma de utilizar la biomasa producida por los árboles forrajeros.

El Cuadro 5 muestra el sistema de asocio de *E. poeppigiana*, con pasto King grass (*Pennisetum purpureum* * *P. typhoides*), utilizando el material de poda de los árboles como abono verde, estudiado en CATIE. Al respecto, Libreros (1992) concluyó que: -la producción de materia seca fué mayor en el pasto asociado con árboles que en el pasto solo. -El contenido de proteína cruda del pasto asociado con árboles fué mayor que el pasto solo. -El pasto asociado con árboles extrajo mayor cantidad de minerales que el pasto solo, debido a su mayor producción. -La reposición de minerales, con el 100% de depósito del material de poda arboreo,

alcanzó niveles de 71% para el nitrógeno, 41 % para el fósforo, 19 % para el potasio, 33 % para el calcio y 29 % para el magnesio. -El contenido de potasio en la solución del suelo correspondiente al pasto asociado disminuyó drásticamente debido a la fuerte extracción y poca reposición, incidiendo negativamente sobre la producción entre cortes.

- La producción de frutos es otra alternativa de ingresos adicionales en sistemas silvopastoriles. Una de las asociaciones más cuantificadas es la de guayaba (Psidium guayaba) en pastizales en Costa Rica. Somarriba (1985) indica una producción de frutas frescas de 12.8 ton /ha /año en un período de 5.6 meses.

- Los árboles como fuente de ramoneo, cumplen una función muy importante en áreas de sabanas y climas semi-áridos, donde los árboles especialmente leguminosas, a través de raíces profundas pueden permanecer verdes y palatables después de que las plantas herbáceas se secan.

En Colombia, Libreros (1992) compara dos sistemas de producción donde la Leucena leucocephala en un caso es asociada con Cynodon nlemfluensis y en otro con Panicum maximum y leguminosas herbáceas (Cuadro 6), durante 5 a 15 meses, en los que encontró ganancias de peso de 900 y de 500 a 700 g / animal / día respectivamente.

Provisión de sombra y refugio para el ganado

En los cuadros 7 y 8 se muestra el comportamiento de diferentes parametros sanguíneos, productivos y reproductivos de vacas que tuvieron acceso a la sombra de árboles en los potreros donde permanecieron. Se aprecia el efecto de la sombra sobre un aumento en el nivel de estrogénos y hormona del crecimiento, los cuales podrían estar facilitando la presentación de calores en las vacas, el crecimiento de los fetos y facilitando el desencadenamiento de los partos. Así mismo, se nota un efecto favorable de la sombra de árboles sobre la producción de leche, el peso al nacimiento de los terneros y una mejora en las tasas de concepción, motivadas seguramente por la presentación de un menor número de reabsorciones embrionarias (Romero, 1990).

Por otro lado, la sombra puede contribuir a regular la temperatura del ambiente y proteger a los animales del excesivo calentamiento por insolación directa. Sin embargo, cuando no está distribuida regularmente, estimula al ganado a concentrarse debajo de los árboles, compactando el suelo, afectando la cobertura herbácea y dando origen a focos de erosión, además se pueden formar microclimas favorables para de insectos nocivos para el ganado.

Mejoramiento de los potreros debajo de los árboles

Considerando solamente la intercepción de la radiación por los árboles, se espera una reducción de la tasa de producción de pastos bajo los árboles en comparación con pasturas abiertas. En efecto, en plantaciones de *Psidium guyaba*, se ha medido una reducción de la producción de forraje del 50 % debajo de los árboles, sin cambios aparentes en su composición florística (Somarriba 1987).

Esta tendencia no se manifiesta en todos los casos; al cabo de 8 años de asocio entre *Cordia alliodora* por una lado y *Erythrina poeppigiana* por otro, con pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), se determinó que la presencia de *Cordia alliodora* no afectaba significativamente la producción de pasto, pero que el asocio con *E. poeppigiana* contribuye a casi duplicar la biomasa cosechada (Cuadro 9), así mismo, en este tratamiento hubo una menor proporción de malezas de hoja ancha en la biomasa total, mostrando que el árbol leguminoso, podado a intervalos de 6 meses daba condiciones de más alta fertilidad en el suelo (Bronstein 1984).

Algunas observaciones realizadas en Caldas, Colombia, en asociaciones de aliso (*Alnus jorullensis*) con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), muestran contenidos de proteína del 10, 15 y 20 % cuando el pasto creció a pleno sol, aliso de 2-5 años y 12 años respectivamente. En la asociación

Aliso-pasto (800-1000 árboles/ha 2-3 cabezas/ha) los terneros pesaron un 33 % más en comparación con los terneros de los potreros a pleno sol. Beer (1980), citado por Escobar, (1991).

La introducción de árboles en potreros, es un SAF que tiene alto potencial en Colombia, sobre todo en áreas abandonadas de las zonas bajas trópicas y de ladera de la zona Andina e inter-Andina, tal es el caso de Nariño, o en el Caquetá en donde se ha venido cuestionando la explotación ganadera, por ser éste un ecosistema fragil y de aptitudes forestales exclusivamente.

3.4.1.2 Pastoreo en plantaciones forestales

Es una práctica agroforestal mediante el cual se utilizan las plantaciones forestales para que la flora que crece en el estrato más bajo pueda ser pastoreada, y de esta manera obtener ingresos adicionales por concepto de la producción de alimentos como carne, leche.

Un ejemplo representativo de este SAF en Colombia, lo constituye la introducción de ganado en una plantación de *P. Patula*, con una densidad de 1370 árboles/ha, a 2500 - 2900 msnm en Tuluá, Valle del Cauca, Colombia, (Leguizamo, 1990). Evaluaciones realizadas a los 4 años de introducido el ganado, indican que el pastoreo no disminuyó el

crecimiento en altura y diámetro de la plantación en relación con el testigo sin ganado; la introducción de terneros para engorde permitió una utilidad bruta de \$ 14.035 por animal.

Algunos resultados obtenidos en el Departamento de Caldas (Rodríguez y Gómez, 1991), en una plantación *P. Patula* de 2-3 años de edad y una carga de 1.1 animales/ha, muestra unas interacciones positivas muy interesantes (Cuadro 10). Sin embargo, cuando el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) se asocia con cipres se detectaron interacciones negativas, como la infestación por plagas cuando el ganado se halla bajo sombra y mal desarrollo del pasto kikuyo con motivo de la competencia por nutrientes de las raíces superficiales.

3.4.2 Sistema silvopastoriles Localizados.

3.4.2.1.CERCAS VIVAS

Se considera que cerca viva, es una barrera formada por vegetación permanente en forma densa o por postes vivos complementados con alambre. Su función principal es controlar el ingreso a las fincas, definir los límites de las propiedades, mantener animales en campos cultivados. Además, tienen funciones adicionales como productoras de leña, forraje, madera y frutos (Young, 1988).

Budowski citado por Fassbender (1987), cita otras ventajas adicionales en relación con las cercas muertas, tales como: costos, durabilidad, efectos favorables sobre la fertilidad del suelo y regulación de la fauna. También puede haber algunas desventajas, como mantenimiento, competencia por agua, luz nutrimentos y posibles alelopatías.

La Producción de biomasa comestible de *E. berteriana* y *G. sepium* como cerca viva, sembrados a 1.5 m de distancia, en varios estudios llevados a cabo en CATIE, Costa Rica, mostraron que la producción de materia seca/árbol/corte fue mayor en ambas especies con dos cortes/año; sin embargo, al analizar la producción de materia seca/ha/año fue mayor al realizar tres cortes a través del año (Cuadro 11).

Estudiando el comportamiento de la producción de biomasa en las mismas especies anteriormente evaluadas, con 2.4 y 4 cortes/año, la producción de materia seca por árbol/corte y de materia seca /ha/año se vió favorecida en ambos casos al realizar cuatro cortes/año (Cuadro 12).

3.4.2.2 Bancos de proteína

Consiste en el establecimiento de especies forrajeras en forma densa, en sitios localizados en los alrededores de las fincas ganaderas o a distancias cortas. Tienen el objetivo

de mejorar la dieta alimenticia de los animales y suministrar forraje durante las épocas de escasez.

Trabajos realizados con una densidad de 40.000 arboles/ha con 2, 3, y 4 cortes por año la producción de materia seca/arbol/corte y /ha /año, de E. Berteroana alcanzó su mayor producción (0.7 y 5837 kg respectivamente) con solo 2 cortes por año (Cuadro 13).

Por otro lado, cuando el interés fue el estudio de la densidad de la palatación, con G sepium la mayor producción de Materia seca/ha año (11270 kg) se obtuvo con 3333 árboles/ha, a pesar de una menor producción (1.9 kg) de materia seca/arbol/corte Cuadro 14).

4. VALOR NUTRITIVO DE DIFERENTES ESPECIES ARBOREAS UTILIZADAS EN ALIMENTACION DE RUMIANTES

El valor nutritivo del forraje arbóreo, en cuanto a su contenido de proteína cruda (PC) digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) es variable dependiendo de la fracción de la planta analizada y la edad del material estudiado. Es de suponer que a medida que la planta madura hay acumulación de sustancias anticualitativas en las hojas, pues estas son los componentes más activos de la planta (Botero, 1988). Además se han encontrado variaciones debido

a problemas de infestación como el hongo Camptomeris leucaenae en la leucaena.

El valor como fuente de forraje de los árboles se debe a su alto contenido de PC y la buena digestibilidad de las hojas, característica ésta que no decrece con la madurez del árbol. Su papel específico es como suplemento y no debe ser considerado como dieta básica (Preston y Leng, 1989).

Aunque el material de poda de los árboles se acostumbra a suministrar fresco se recomienda orearlo por unas pocas horas, para evitar problemas de timpanización o meteorismo en los animales y como una posibilidad para mejorar su calidad nutricional, especialmente en lo referente a un aumento en la concentración de la materia seca (Kempton et al, 1977).

En el cuadro 15 se incluye el % de materia seca (MS) proteína cruda (PC) y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) de algunos árboles forrajeros. Al respecto es importante decir que, el contenido de PC y la digestibilidad de la MS varían entre partes de la planta y también por efecto del manejo. En general E. poeppigiana tiene un mayor contenido de PC que G. sepium y E. berteriana, mientras que G. sepium tiene una digestibilidad superior y menos sujeta a variaciones por efecto de edad (Borel, 1987). Sin embargo, dentro de una misma especie se observan grandes diferencias

en valor nutritivo, aun cuando los tratamientos parecen similares. Estas diferencias pueden deberse a la procedencia o al genotipo de las plantas evaluadas. Tomando en su sentido positivo se supone que esta variación permitirá la selección de los clones superiores del mañana. A más corto plazo es necesario ejercer prudencia al planificar proyectos de utilización de estas especies y evitar el uso de tipos suboptimales.

Por efecto de la edad, el contenido de PC de las hojas es poco afectado en las tres especies con valores naturalmente comprendidos entre 20 y 30 % de la materia seca (Borel, 1987). La digestibilidad de hojas de *G. sepium* y *E. berteriana* si disminuye en los mayores intervalos, del orden de 10 a 20 puntos entre cortes de 2 y 6 meses mientras que *E. poeppigiana* no muestra una tendencia clara. La disminución de la digestibilidad con la edad no tiene una explicación clara, puesto que no puede relacionarse, como en las gramíneas, con un aumento de los tejidos de soporte, específicamente fibras y lignina. Más bién la respuesta debe buscarse entre los numerosos factores antinutricionales, como los taninos, sustancias toxicas, etc, los cuales actúan sobre la población bacteriana del rumen, a la vez que tambien pueden inhibir los procesos de absorción y aun el metabolismo. De hecho, la presencia de estos factores constituye tal vez la interrogante más significativa en cuanto al potencial de los árboles leguminosos para la

alimentación animal (NFTA-CATIE 1987, citado por Borel 1987).

4.1. Consumo y alimentación

Aunque el consumo de forraje procedente de árboles forrajeros se parece al de leguminosas herbáceas tropicales (Esnaola, 1983 citado por Borel, 1987), existen grandes diferencias entre especies animales en cuanto al consumo voluntario de especies arbóreas. Así, consumos efectuados por cabras y ovejas se sitúan normalmente por encima del 3% del peso vivo (Benavides, 1983 citado por Borel 1987), mientras que para bovinos ha sido difícil alcanzar consumos mayores al 1% del peso vivo (Vargas, 1983 información personal). En una oportunidad el forraje de *G. sepium* fue preferido sobre *E. berteroniana* por corderos en engorde, y en otra, el de *G. sepium* ha sido aún menos consumido por cabras en lactancia que *E. poeppigiana* (Benavides, 1983 citado por Borel 1987); los factores que provocan estos cambios no han sido dilucidados. Se piensa que ciertos olores o sustancias como la cumarina pueden, en ciertas fracciones y edades del forraje actuar como inhibidores del consumo, ya que se ha observado que por ejemplo al agregar *G. sepium* a una mezcla de concentrado y leucaena, el consumo de forraje por conejos disminuyó en un 10% (Cheeke in press, citado por borel 1987).

Se ha evaluado también el potencial alimenticio para animales en crecimiento, en conjunto con plátano verde como fuente de energía. Las ganancias de peso de cabritos consumiendo *G. sepium* o *E. berteriana* fueron superiores a las registradas con animales consumiendo hojas de plátano o de *E. poeppigiana* (Figura 4). Las mayores ganancias se pueden relacionar con un mayor consumo voluntario de *G. Sepium* y *E. berteriana*. A su vez este repercute sobre un mayor consumo del mismo plátano (Benavides 1984).

Comparando la alimentación de cabras lactantes con *E. poeppigiana* y *G. sepium*, se comprobó que el consumo de *G. sepium* y la producción de leche con base en este mismo forraje fue menor. (3.61 % del P:V: vs 4.18 % y 1.1 l/día vs 1.26 l/día respectivamente). (información personal, Benavides 1990).

En un estudio realizado en bovinos en pastoreo donde se ofrecieron diferentes niveles de *E. cocleata* (0 a 0.7 kg de ms /100 Kg de PV.) a diferentes grupos de novillos, se observó que la relación entre ofrecido y consumido se mantuvo cercana al 60 % en todos los niveles de consumo (cuadro 16). Esto significaría que hay una fracción del forraje ofrecido que no es aceptable por los bovinos (cuadro 17), aun en los menores niveles de disponibilidad.

La respuesta de los novillos a la suplementación fue significativa pero muy variable (cuadro 16), motivadas posiblemente por diferencias entre las pasturas en que se hallaban los animales y seguramente por las diferencias individuales que existen entre los mismos animales.

El incremento de ganancia de peso fue de un 30 % sobre el testigo con un consumo del suplemento equivalente al 0.3-0.4 % del peso vivo. la ganancia de peso, se expresa en g/día (Y) y el consumo, expresado en % del PV (X) se ajustó al siguiente modelo lineal:

$$Y = 367 + 344 X \quad (R^2 = 0.68).$$

(Tomado de Borel, 1987)

Por último, Borel (1987), plantea que para el establecimiento de sistemas silvopastoriles, se debe partir de la base del sistema actual de las cercas vivas, que los productores conocen y aprecian. Un primer paso para incrementar la importancia de los árboles en el sistema, es hacer más divisiones, (no obligatoriamente con alambre) y en etapas posteriores llegar a tener un sistema de árboles de leguminosas mezclados dentro de los potreros (figura 5).

Como no existe todavía en el área unidades de producción, en las que se haya seguido la anterior estrategia y donde se pueda evaluar el efecto de la alimentación con árboles

leguminosos sobre la producción de rumiantes en pastoreo, solamente se puede utilizar la información actual e intentar su extrapolación a situaciones concretas .

En el cuadro 18 se describen cuatro situaciones hipotéticas en las que se establece una especie arbórea, cuyos parámetros productivos son tomados a partir de la información revisada en este documento:

Situación I: Existen aproximadamente 100 m de cerca vivas de *G. sepium* por hectarea de pastura, cuya producción promedio, en el trópico húmedo es de 800 kg de MS, efectuando un corte o menos por año y una carga cercana a 1 UA/ha (UA = 350 Kg PV). Igualmente, de acuerdo a lo encontrado en la literatura esa producción proporciona una oferta teórica de 0.06 % del peso vivo. La cantidad consumida es el 60 % de lo ofrecido y el modelo que relaciona el consumo y la ganancia de peso permite estimar el incremento diario de peso de los animales (388 g).

Situación II: Igual que I, y mayor productividad de cercas con 2 corte por año

Situación III: Igual que II y mayor cantidad de cercas. 300 m o 250 árboles/ha.

Situación IV: Igual que III y mayor cantidad de cercas y mayor carga.

La simulación utilizada sugiere que el sistema IV permitiera un incremento del orden del 80 % sobre el sistema I. Obviamente, estos datos no deben tomarse en sentido absoluto, sino como indicadores relativos, que ayudan a tomar decisiones ya evaluar su sencibilidad. Una de las posibles aplicaciones seria evaluar el efecto de la gran variabilidad estimada de forraje de una especie en particular.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El desarrollo de una perspectiva en la que se revalorice el futuro y se reconozca a la sostenibilidad como uno de los atributos esenciales del modelo de desarrollo, se presenta a nivel local, nacional, regional y tal vez mundial, como la alternativa que modifique los patrones actuales de producción basados en un uso intesivo de energia por unidad de producto. Ej la revolución verde.

2. Los sistemas agroforestales (SAF), los caules integran los recursos naturales al proceso de producción agropecuario en cualquier agroecosistema, se presentan como la alternativa que permite dar respuesta a los aspectos de

seguridad alimentaria, bajo impacto sobre la degradación de los suelos y aumento y sostenibilidad de la producción.

3. El componente arbóreo introducido a los sistemas de producción pecuario en los diferentes agroecosistemas, podria ser una estrategia efectiva para el logro de las metas de producción y productividad que requiere el nuevo enfoque de desarrollo pecuario sostenido.

4. Los sistemas silvopastoriles específicamente aquellos cuyas metas son la producción de carne y/o leche en forma rentable y sostenible, adicionalmente contribuyen con la recuperación de los ecosistemas alterados, reducción de la desertificación, la infertilidad de los suelos, la erosión y la escasez de agua.

5. La información presentada en este trabajo es relativamente nueva, por lo tanto esta sujeta a cambios en el futuro, esta pretende motivar a otros investigadores e instituciones para que se sumen a este nuevo enfoque y contribuyan con nuevas ideas a la misma.

6. De manera general, las recomendaciones estan enfocadas a promover cambios y ajustes institucionales, en cuanto a su enfoque y forma de pensamiento, para la creación de esquemas apropiados, que conlleven a la reorientación de la generación y transferencia de tecnología. Concretamente, se

nesecitan cambios profundos de pesamiento y educación a las nuevas generaciones al respecto, a la vez que muchas más investigaciones e investigadores que formulen, lideren y ejecuten poyectos de investigación sobre sistemas agroforestales, especialmente los silvopastoriles en cada una de las área agroecologicas del pais.

CUADRO 1. ALGUNAS DEFINICIONES SOBRE DESARROLLO SOSTENIDO.

DESARROLLO SOSTENIDO

Es el manejo y conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional de tal manera que asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras.

FAO, 1990

Debe incorporar el manejo racional de los recursos dedicados a la producción agropecuaria a fin de satisfacer las necesidades cambiantes de la sociedad, manteniendo o fortaleciendo la base actual de recursos, evitando la degradación del ambiente.

CGLAR, 1990

Se refiere al uso de recursos tanto biofísicos como económicos para obtener productos cuyo valor presente socioeconómico y ambiental representa más que el valor de los insumos incorporados cuidando al mismo tiempo la productividad futura del ambiente biofísico.

R. HAR, 1990

Es el que busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para alcanzar sus propias necesidades.

Comisión Brunthand, Our Common Future, 1991.

Es equivalente al proceso económico sujeto a la constancia de las reservas de recursos naturales.

D. Pearce, 1989

Es la persistencia en el tiempo de ciertas características necesarias y deseables del sistema socio-político y su medio ambiente natural.

J. Robinson et al, 1990

Fuente: Trigo, 1991.

Cuadro 2. Principales Sistemas Agroforestales (Adaptado de Young, 1987).

1. Agrosilvicultura (Árboles con cultivos)

1.1. Secuencial

- Agricultura migratoria (Maíz en rotación con barbecho).
- Barbechos mejorados con árboles (Plantación de leucaena en barbechos y rotación con maíz).
- Jaungya (Establecimiento de plantaciones de teca con cultivo intensivo de maíz de 1-3 años).

1.2. Mezclados en el espacio

- Árboles en cultivo (Plantación de P. patula en un cultivo de maíz)
- Introducción de cultivos en plantaciones (Cultivo de lulo en plantaciones de P. patula).
- Combinación de plantaciones y cultivos (Cultivos perennes como el café asociado con árboles maderables, p.e. C. alliodora).
- Huertos familiares (Mezcla irregular de árboles, arbustos y plantas herbáceas).

1.3. Localizados en el espacio

- Cultivos en callejones (Erijol en callejones de matorrón).
- Plantación en linderos (Linderos de eucaliptos en cultivos de maíz).
- Árboles en estructuras para el control de erosión (Árboles en las drifas de las terrazas).
- Cortinas rompevientos (Árboles de ciprés protegiendo de la acción del viento a un cultivo de papa).
- Transferencia de biomasa (Aplicación de material vegetal procedente de un relicto de vegetación de Geplina arborea).

2. Silvopastoral (Árboles con potreros y ganado)

2.1. Mezclados en el espacio

- Árboles en potreros (Aliso en potreros de kikuyo).
- Introducción de pastos y animales en plantaciones (Siembra de kikuyo e introducción de ganado holstein en plantaciones de P. patula).

2.2. Localizados en el espacio

- Cercas vivas (Cercas de matorrón en potreros de parí o quinea).
- Bancos de proteína (Plantación densa de estacas de matorrón cerca de potreros con ganado cebú).

3. Otros Sistemas Agroforestales

- 3.1. Lotes de esdéra para uso múltiple
- 3.2. Recuperación de bosques naturales para uso múltiple
- 3.3. Entomoforestal (árboles e insectos)
- 3.4. Acuiforestal (árboles y peces)
- 3.5. Agrosilvopastoral (árboles, cultivos, pasto/animales).

CUADRO 3. RENDIMIENTOS DE MAIZ Y FRIJOL (Kg/ha) PROMEDIOS DE 6 AÑOS EN EL CATIE, TURRIALBA, COSTA RICA.

TRATAMINETOS	MAIZ	FRIJOL
TESTIGO	2615	866
MULCH DE ERYTHRINA	3261	1451
CCE	2367	1181
CCG	2054	1066

CCE = Cultivo en callejones de Erythrina.
 CCG = Cultivo en callejones de Gliricidia.
 Fuente Adaptado de Kass et al 1989.

CUADRO 4. PRODUCCION DE BIOMASA COMESTIBLE DE E. POEPPIGIANA A DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA Y POR DOS CORTES DENTRO DEL POTRERO EN EL TROPICO HUMEDO.

ITEM	DISTANCIA ENTRE ARBOLES				
	6*6	6*4	6*3	6*2	6*1
MS /arbol / corte (kg)	7.0	11.50	9.75	3.96	1.60
MS / árbol / año (kg)	14.0	22.30	19.50	7.92	3.36
Arboles / ha (n)	280	417	533	833	1666
MS / ha / año (Kg)	3920	9300	10400	6600	5600

Ms = Materia seca
 Fuente: adaptado de borel 1987.

CUADRO 5. COMPARACION DE DOS FORMAS DE ASOCIACION DE *L. LEUCOPHALA* MANEJADOS EN SILVOPASTOREO EN EL VALLE DEL CAUCA.

ITEM	<i>L. leucocephala</i> * <i>C. nlemfluensis</i>	<i>L. leucocephala</i> <i>P. maximum</i> * Leg
AREA DE LA FINCA	64 has	8.5 has
P. OCUPACION Y DESCANSO (dias)	2 42	7-15 45
DENSIDAD ARBOLES	37.000	2.500-10.000
ALTURA (m)	0.8-2	0.5-2
DURACION (meses)	5	13.5
GANANCIA PESO (g/dia)	900	500-700

Fuente: Libreros 1992.

CUADRO 8. SISTEMA DE ASOCIO DE *E. poeppigiana* CON PASTO KING GRASS (*Pennisetum purpureum* * *P. typhoides*), UTILIZANDO EL MATERIAL DE PODA DE LOS ARBOLES COMO ABONO VERDE:

DESCRIPCION	<i>E. poeppigiana</i> * (<i>Pennisetum purpureum</i> * <i>P. typhoides</i>)	
ARBOLES:		
DENSIDAD DE SIEMBRA	1667 (3*2) m	
FRECUENCIA DE PODA	3 meses	
ALTURA DE PODA	2-2.5 m	
PASTO:		
SIEMBRA	1 M. Cherrillo	
FRECUENCIA DE CORTE	70 dias	
PRODUCCION	SOLO	CON ARBOLES
PROTEINA CRUDA (%)	5.4	6.8 - 7.8
DIVMS (%)	55	55
MATERIA SECA (Ton/ha)	12.4	21 - 30.3

Fuente: Libreros 1992.

Cuadro 7. EFECTO DE LA SOMBRA SOBRE ALGUNOS PARAMETROS SANGUINEOS DE VACAS PRENADAS EN EL TROPICO HUMEDO.

ITEM	SOMBRA	NO SOMBRA
PROGESTERONA (ui/l)	5.1	6.0
ESTRADIOL (ui/l)	344.0	303.0
TIROXINA (ui/l)	66.0	55.0
SO ₄ ESTROGENOS(FETO) (ui/l)	4433.0	2505.0
INSULINA	27.8	27.7
GLUCOSA (mg/100ml)	56.2	57.6

Fuente: Curso sistemas de producción II. Romero F. 1990.

CUADRO 8. EFECTO DE LA SOMBRA SOBRE ALGUNOS PARAMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS DE VACAS EN EL TROPICO HUMEDO.

ITEM	SOMBRA	NO SOMBRA
PESO PREPARTO	598	589.0
PESO POSPARTO	502	502
PESO AL NACIMIENTO	39.7	36
P. LECHE /100 DIAS	2672	2556
P. LECHE /305 DIAS	6758	5948
SERVICIOS	54	75
VACAS PRENADAS	24	19
TASA DE CONCEPCION (%)	44	25
MUERTES EMBRIONARIAS	6	2

Fuente: Curso sistemas de producción II. Romero F. 1990.

CUADRO 9. PRODUCCION DE *Cynodon plectostachyus* EN ASOCIO CON *Cordia alliodora*, *E. poeppigiana* Y SIN ARBOLES.

TARTAMIENTO	(kg MS / ha / año)
<i>Cordia alliodora</i>	4087
<i>Erythrina Poeppigiana</i>	8311
Sin Arboles	2832

Fuente: Tomado de Borel 1987.

CUADRO 10. INTERACCIONES POSITIVAS AL ESTABLECER UN SISTEMA DE PASTOREO DENTRO DE UNA PLANTACION DE *E. patula* CON 1:1 ANIMALES/ha.

ITEM	INTERACCION
FORRAJE (KIKUYO)	ABUNDANTE Y FRESCO DURANTE LA EPOCA SECA.
ANIMALES (g/animal/dia)	430
INGRESOS ADICIONALES \$/ha/año	75.000
HANEJO DE LOS ARBOLES	ACALREOS Y PODAS AL INTRODUCIR EL GANADO

Fuente Adaptado de Escobar 1991.

CUADRO 11. PRODUCCION DE BIOMASA COMESTIBLE DE E. berteriana Y G. sepium COMO CERCA VIVA, SEMBRADOS A 1.5 M DE DISTANCIA EN EL TROPICO HUMEDO.

ITEM	Nº DE CORTES / AÑO					
	<u>E. berteriana</u> 2	3	6	2	<u>G. sepium</u> 3	6
MS/árbol/corte (kg)	1.57	1.20	0.45	1.37	1.20	0.47
MS/árbol/año (kg)	3.10	3.60	2.70	2.70	3.60	2.80
Arboles/ha (n)	666	666	666	666	666	666
MS/ha/año (Kg)	2100	2400	1800	1824	2397	1878

Ms = Materia seca , G = Gliricidia, E = Erythrina.
Fuente: adaptado de borel 1987.

CUADRO 12. PRODUCCION DE BIOMASA COMESTIBLE DE E. berteriana Y G. sepium COMO CERCA VIVA, SEMBRADOS A 1.2 M DE DISTANCIA EN EL TROPICO HUMEDO.

ITEM	Nº DE CORTES / AÑO			
	<u>E. berteriana</u> 2.4	4.0	2.4	<u>G. Sepium</u> 4.0
MS/árbol/corte (kg)	0.30	0.35	1.15	0.95
MS/árbol/año (kg)	0.72	1.40	2.76	3.80
Arboles/ha (n)	833	833	833	833
MS/ha/año (Kg)	600	1166	2300	3165

Ms = Materia seca , G = Gliricidia, E = Erythrina.
Fuente: adaptado de borel 1987.

CUADRO 13. PRODUCCION DE BIOMASA COMESTIBLE DE *E. Berteroana* COMO BANCO DE PROTEINA. EN EL TROPICO HUMEDO.

ITEM	No DE CORTES / AÑO		
	2	3	4
MS/árbol/corte (kg)	0.07	0.04	0.03
MS/árbol/año (kg)	0.15	0.13	0.13
Arboles/ha (n)	40000	40000	40000
MS/ha/año (Kg)	5837	5078	5248

Ms = Materia seca , E = Erythrina.
Fuente: adaptado de borel 1987.

Cuadro 14 PRODUCCION DE BIOMASA COMESTIBLE DE *G. Sepium* COMO BANCO DE PROTEINA, HACIENDO TRES COTRES POR AÑO EN EL TROPICO HUMEDO

ITEM	DISTANCIAS (m)		
	3 * 2	3 * 1.5	3 * 1
MS/árbol/corte (kg)	1.09	1.06	0.98
MS/árbol/año (kg)	3.62	3.18	3.38
Arboles/ha (n)	1867	2222	3933
MS/ha/año (Kg)	6370	7065	11270

Ms = Materia seca, G = Gliricidia.
Fuente: adaptado de borel 1987.

CADRO 15. RANGOS DE CONTENIDO DE MATERIA SECA, PC Y DIVMS DE ALGUNOS ARBOLES FORRAJEROS

ESPECIE ARBOREA	MS %	PC %	DIVMS %
G. <u>sepium</u>	20-25	13-28	30-80
L. <u>leucosephala</u>	25-30	9-29	31-55
T. <u>gigantea</u>	22	16-20	58
E. <u>fusca</u>	30	25	50-80
E. <u>poeppigiana</u>	15-20	12-26	47-58

Fuente: Tomado de Libreros 1992.

Cuadro 16 DISPONIBILIDAD CONSUMO Y GANANCIAS DE PESO OBTENIDA CON E coelesta POR NOVILLOS EN PASTOREO.

ITEM	TRATAMINETOS			
	1	2	3	4
Ofrecido	0	0.32	0.50	0.69
Consumido	0	0.17	0.31	0.41
Consumido/ofrecido	-	0.53	0.62	0.59
Consumo, % PV	0	0.17	0.31	0.41
Ganancia de peso (g/dia)	398	380	524	509

Fuente: Tomado de Borel 1987.

Cuadro 17. PROPORCION DE HOJAS Y TALLOS Y CONTENIDO DE PC Y DIVMS DEL SUPLEMENTO DE E cocleata SUMINISTRADO A NOVILLOS EN PASTOREO.

ITEM	HOJAS %	TALLOS %	PC %	DIVMS %
OFRECIDO	65	25	19	49
RECHAZADO	29	49	11	43
CONSUMIDO	89	9	24	53
FRACCION NO CONSUMIDA	18	78	-	-

Fuente Tomado de Borel 1987.

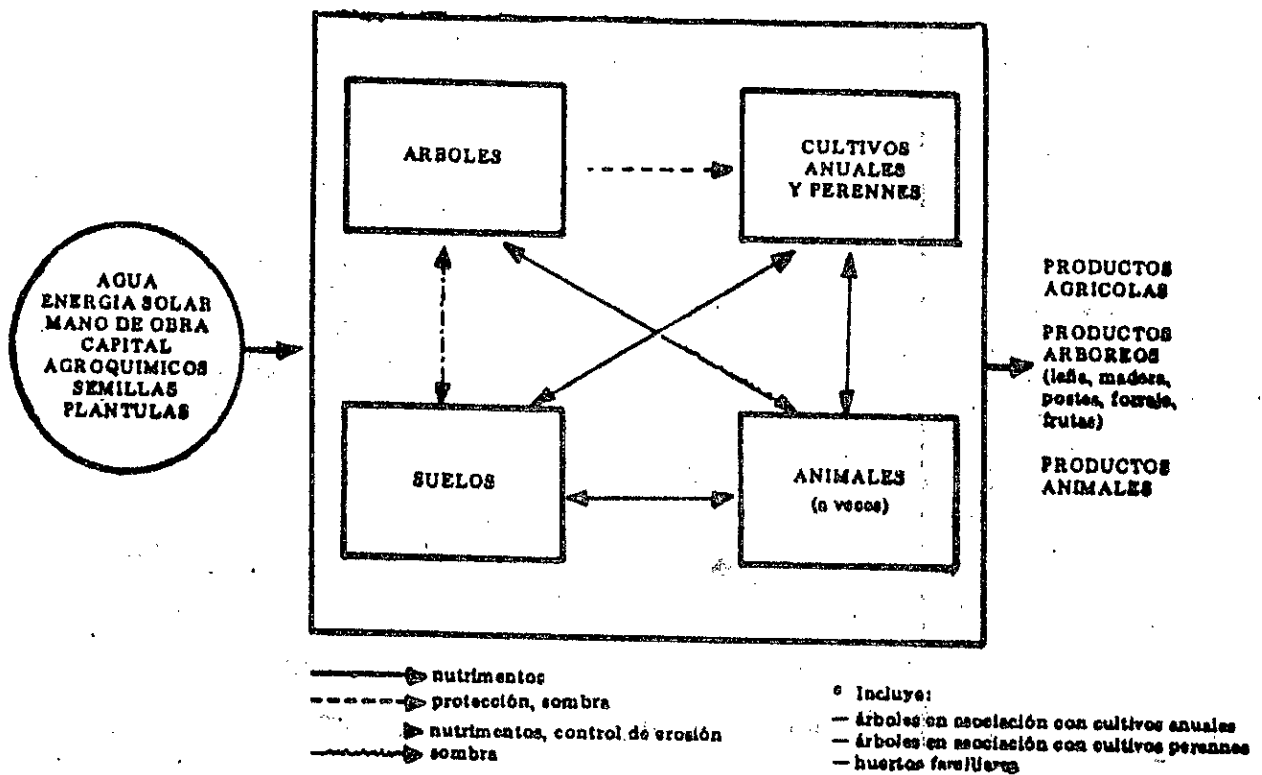
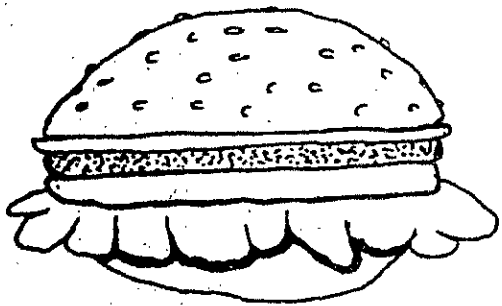
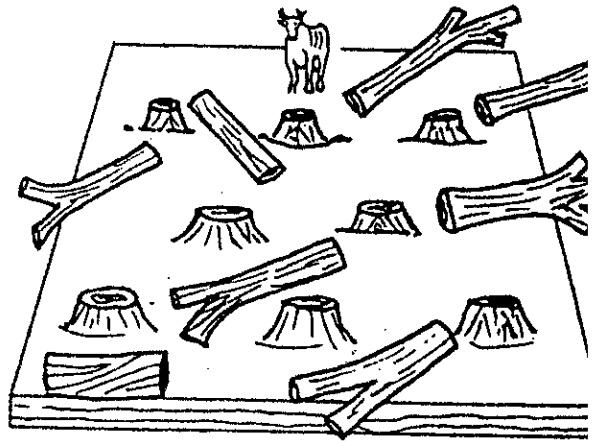


FIGURA 1 : DIAGRAMA DE UN SISTEMA AGROFORESTAL, ENTRADAS, LÍMITES, COMPONENTES, INTERACCIONES Y SALIDAS.



=



HAMBURGUER... CONNECTION

FIGURA 2

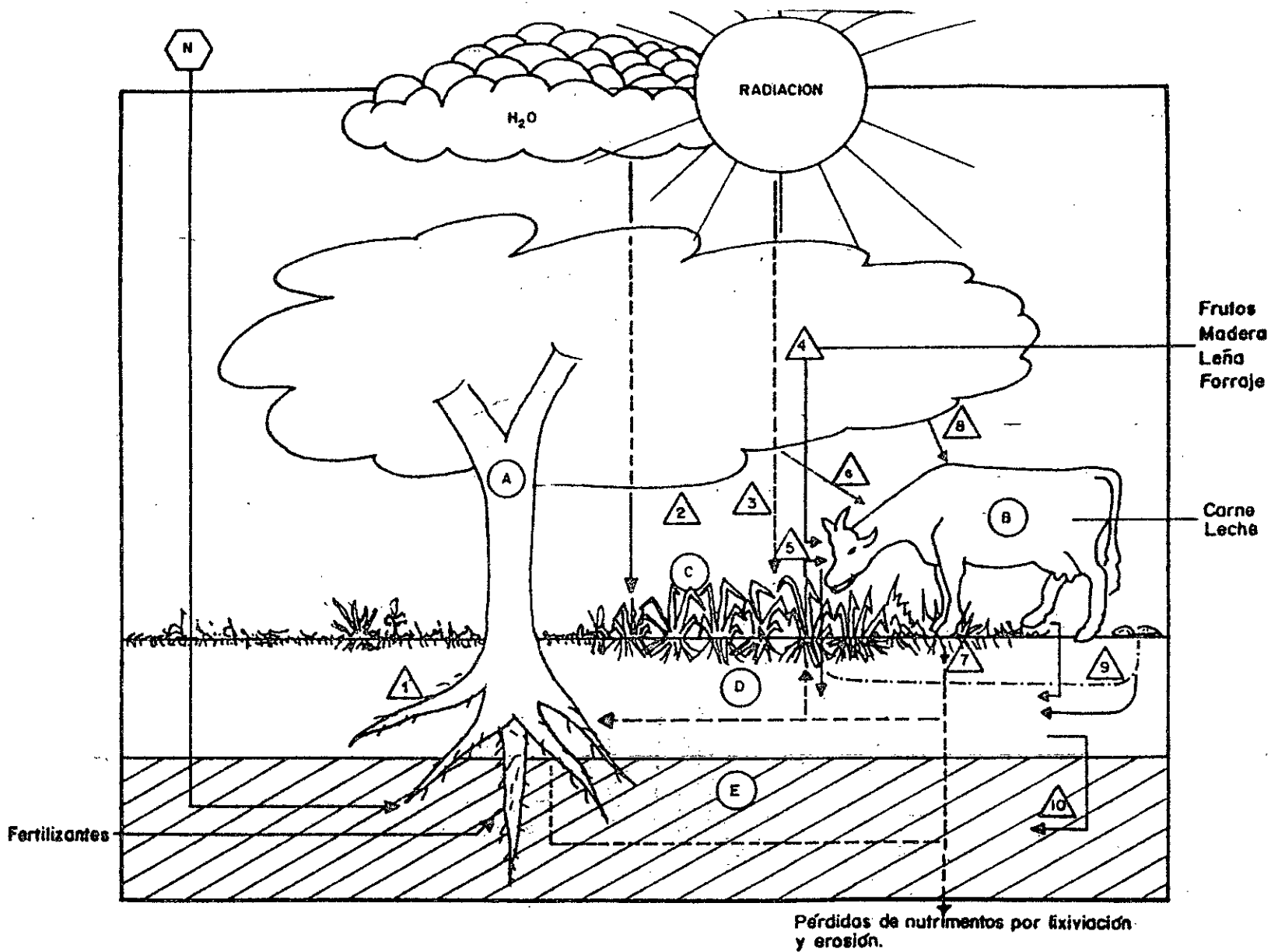
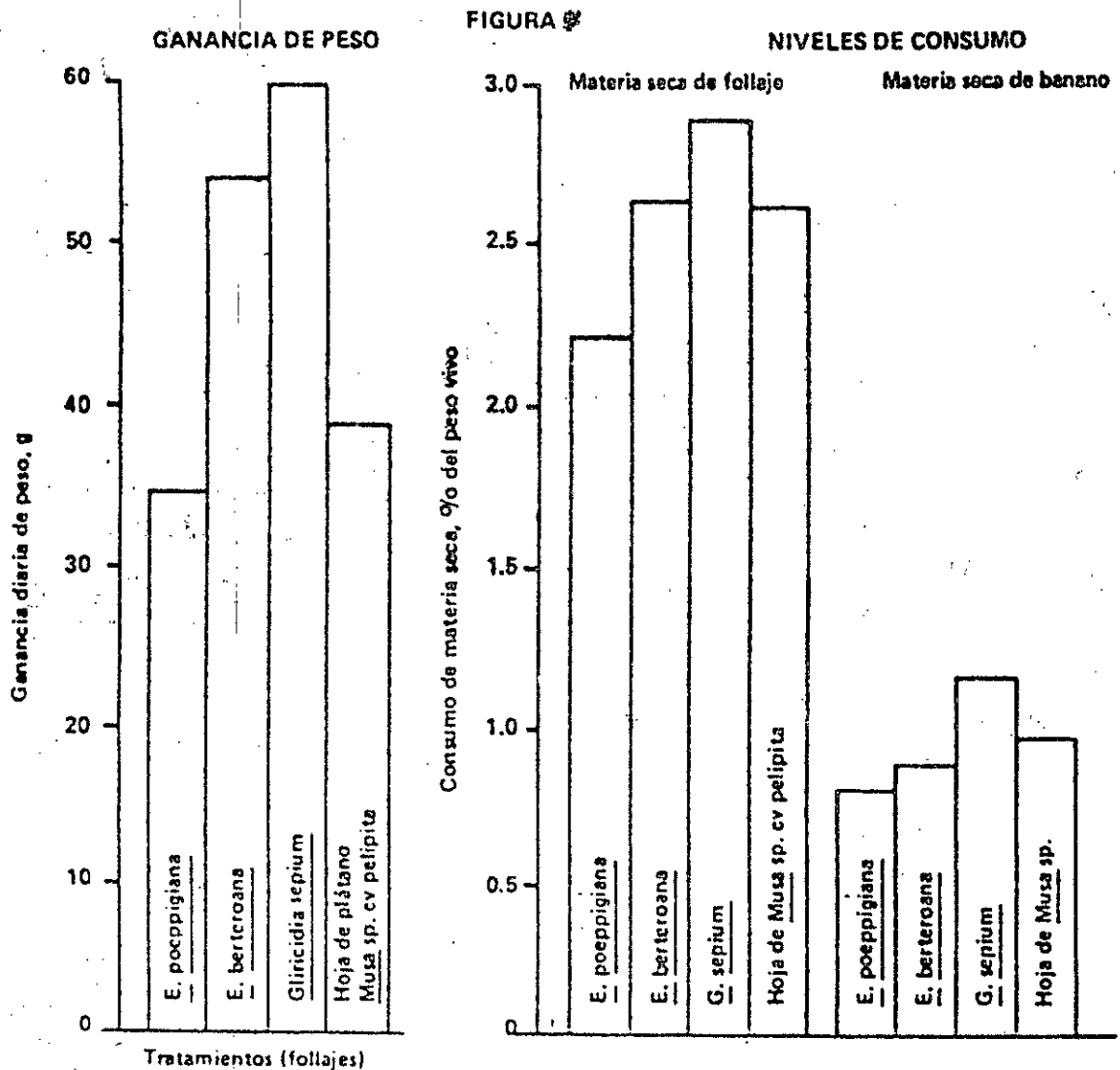


Figura 3. Sistemas silvopastoriles: Principales interacciones A-E: Componentes; 1-10: Interacciones. Ver explicaciones en el texto.



Ganancia de peso y niveles de consumo en cabritos alimentados con diferentes follajes de árboles y suplementados con banano maduro (Musa sp. cv.cavendish). Adaptado de Benavides, J. (1983)

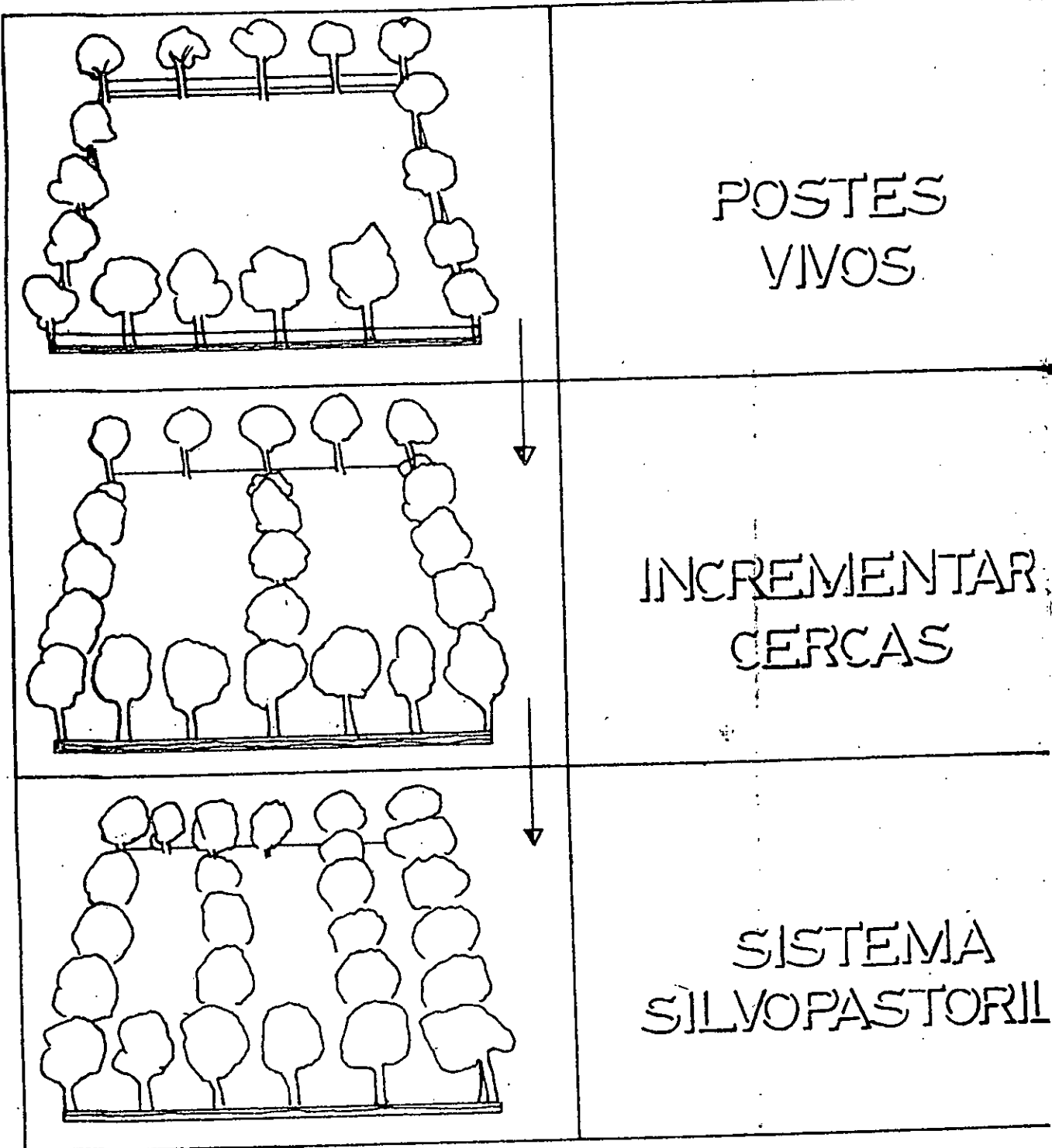


Figura 5. Esquema de implementación de un sistema silvopastoril.

6 BIBLIOGRAFIA.

- ANASCO, M. 1990. Esperiencias en el establecimiento y manejo de plantaciones forestales en minifundio, en la Sierra Ecuatoriana en el Promusta. In practicas agroforestales en los Andes. Agroforesteria I. Ed. L. Loján. Quito, Ecuador, Programa de Desarrollo Forestal Participativo. 159 - 182 p.
- BEER, J. 1980. *Alnus acuminata* con pasto. In curso sobre técnicas agroforestales para el trópico húmedo, Dic. 8 - 16, Turrialba, Costa Rica. CATIE 6 p.
- BENAVIDES, J. 1984. Investigaciones en árboles forrajeros In curso intensivo sobre técnicas agroforestales. Turrialba, Costa Rica. 8 - 18 Nov. 1983. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- _____ 1987. Segundo informe de avance. Proyecto de sistemas silvopastoriles. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 120 p.
- BENITES, J. R. 1990. Agroforestry system with potential for acid soils of the humid tropics of Latinoamérica and the caribbean. Forest Ecology and Management (Hol) 36: 81 - 101.
- BOREL R. 1987. Sistemas silvopastoriles para la producción animal en el trópico y uso de árboles forrajeros en la alimentación animal. In VI encuentro nacional de zootecnia, 29 conferencia nacional de producción y utilización de pastos y forrajes tropicales, memorias. Cali, Colombia octubre 28 - 31. 24 p.
- BRONSTEIN, G. E. 1984. Producción comparada de una pastura de *Cynodon plectostachys* asociada con árboles de *Cordia Alliodora* con árboles de *Erythrina poeppigiana* y sin árboles. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica. UCR-CATIE. 109 p.
- BUDOWSKY, G. 1981. Cuantificación de las prácticas agroforestales tradicionales y de las parcelas de investigación controlada en Costa Rica. In Reunión Consultiva sobre investigación en plantas y agroforesteria, Nairobi, Kenya. Turrialba, Costa Rica CATIE 26 p.
- 9 _____ 1983. El sistema Taungya, su aplicabilidad en América tropical. In Curso corto sobre metodologías de investigación agroforestal en el trópico húmedo, Nov 6 - dic 6, Cali, Colombia. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 8 p.

- CARLSON, P. 1990. Prácticas agroforestales de mayor difusión en la región alta Andina y su impacto sobre la producción agropecuaria. In practicas agroforestales en los Andes, agroforesteria I. Ed. L. Loján. Quito, Ecuador, programa de desarrollo forestal participativo. 34 - 54 p.
- CASAS, E. 1989. Sostenibilidad. Conferencia presentada en reunión de Evaluación Interna de CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE. 1988. Primer informe de avance. Proyecto de sistemas silvopastoriles. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 100 p.
- ESCOBAR, M. L. 1980. Dinámica del nitrógeno del suelo en cultivo en callejones de poró (*Erythrina poeppigiana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*) con frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE 106 p.
- _____. 1991. Agroforesteria, documento preparado para el taller sobre sistemas agroforestales. Inderena, Regional Antioquia Piedras Blancas, Medellín, Colombia. Nov. 13 - 15. 47 p.
- FASSBENDER, H. W. 1987. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. CATIE (C.R.). Serie de materiales de Enseñanza N° 29. 475 p.
- FAUSTINO, J. 1989. Prácticas forestales-agrostológicas. In conservación de suelos. Turrialba, Costa Rica. 252 - 274 p.
- KASS, D.; BARRANTES, A.; BERMUDEZ, W.; CAMPOS, W.; JIMENEZ, M.; SANCHEZ, J. 1989. Resultados de seis años de investigación de cultivo en callejones (Alley Cropping), en la Montaña, Turrialba, Costa Rica. El Chasquí Boletín informativo sobre Recursos Naturales (C.R.) N° 19: 5 - 24.
- LIBREROS, H. F. 1992. La producción ganadera en un contexto agroforestal: un nuevo enfoque para el desarrollo integral y sostenible de la ganadería en el trópico. ICA, Palmira Valle, Colombia. 20 p. (inedito).
- OTS; CATIE. 1988. Sistemas agroforestales, principios y aplicaciones. San José, Costa Rica, OTS/CATIE. 815 p.
- PRESTON, R.; LENG R. A. 1989. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles, CONDRIE Lta. Cali, Colombia.

- PRICE, N. 1983. El huerto mixto tropical: un componente agroforestal de la finca pequeña. In curso corto agroforestal, Enero 11 - 21 de 1983, Turrialba, Costa Rica, CATIE 33 p.
- RODRIGUEZ, A.; GOMEZ, G. 1991. Introducción de vacunos y caprinos en plantaciones forestales. In conferencia presentada en la Biblioteca pública Piloto, abril 21. Medellín, Colombia.
- RODRIGUEZ, V. M. 1991. Informe de actividades 1989 - 1990 - 1991. Inderena, regional Cauca. Conferencia presentada en el taller de evaluación, monitoreo y modelos agroforestales, Inderena, Barrancabermeja. Abril 23
- RUSSO, R. O.; BUDOWSKI, G. 1986. Effect, pollarding frequency on biomass of Erythrina poeppigiana as a coffee shade tree. Agroforestry Systems (Holanda) 4: 145 - 162.
- SANCHEZ, J. F. 1989. Análisis de la estabilidad y dinámica de sistemas de producción de cultivos en callejones. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 174 p.
- SOMARRIBA, E. 1985a. Arboles de guayaba (Psidium guayaba L.) en pastizales: 1. Producción de fruta y potencial de dispersión de semillas. Turrialba, Costa Rica 35 (3): 289 - 296.
- _____. 1987. Evaluación de la producción de leche de cabras alimentadas con Gliricidia Sepium CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- _____. 1985b. Arboles de guayaba (Psidium guayaba L.) en pastizales: 3. producción de leña. Turrialba, Costa Rica 35(4):333-338.
- YOUNG, A. 1987. The potential of agroforestry for soil conservation and sustainable land use. Nairobi, Kenya, ICRAF Reprint No. 39. 18 p.
- _____. 1988. Agroforestry and its potential to contribute to land development in the tropics. Nairobi, Kenya, ICRAF Reprint No 47. 30 p.

Biblioteca Agropecuaria
de Colombia - BAC



010100013943