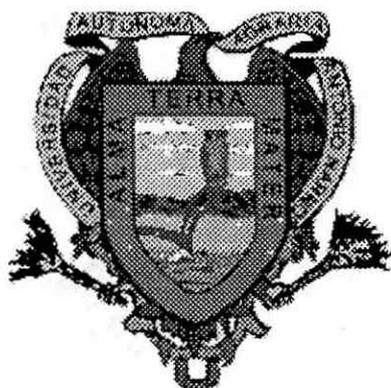


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* DE INGREDIENTES UTILIZADOS EN  
LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO  
(UNA REVISIÓN)**

**POR**

**ELIGIO EMILIO TAPIA**

**MONOGRAFÍA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA. MÉXICO**

**NOVIEMBRE DE 2003**

MONOGRAFÍA QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

*J. Hernández B.*  
\_\_\_\_\_  
PhD. JUAN DAVID HERNANDEZ BUSTAMANTE  
PRESIDENTE

*J. Gaeta*  
\_\_\_\_\_  
MVZ. JESÚS GAETA COVARRUBIAS  
VOCAL

*M. Hortensia*  
\_\_\_\_\_  
MVZ. MA. HORTENSIA CEPEDA ELIZALDE  
VOCAL

*H. Villanueva*  
\_\_\_\_\_  
TTE. CRNL. MVZ. HÉCTOR VILLANUEVA HERNANDEZ  
SUPLENTE

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN  
DE CIENCIA ANIMAL

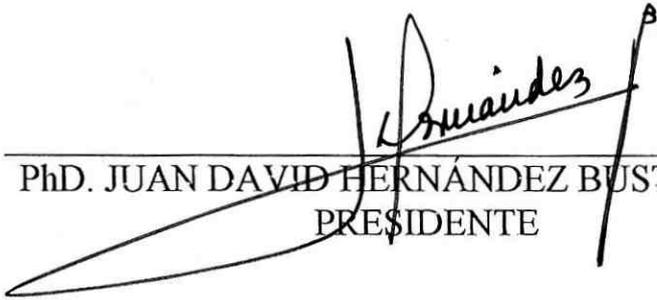
*E. Martínez Aranda*  
\_\_\_\_\_  
MC. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal  
UAAAN - UL

MONOGRAFÍA QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO  
EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:

## MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA



---

PhD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE  
PRESIDENTE

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN  
DE CIENCIA ANIMAL



---

MC. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal  
UAAAN - UL

# CONTENIDO

	Página
Lista de Cuadros. . . . .	iii
Lista de Figuras. . . . .	iv
Introducción. . . . .	1
Digestibilidad . . . . .	3
Determinación de la digestibilidad de los alimentos. . . . .	4
Digestibilidad <i>in vitro e in vivo</i> . . . . .	7
Revisión de Literatura. . . . .	9
Sistema Digestivo. . . . .	9
Función del tracto digestivo. . . . .	11
Procedimientos quirúrgicos para el estudio de la absorción y la utilización del nutrimento. . . . .	13
Generalidades de granos y forrajes. . . . .	16
El Sorgo. . . . .	16
El Trigo. . . . .	18
El Maíz. . . . .	19
Coquia. . . . .	21
Subproductos de la industria aceitera. . . . .	24
Subproductos de la industria cervecera. . . . .	24
Harina de carne y hueso. . . . .	26

Harina de Soya. . . . .	26
Harina de Semilla de algodón. . . . .	28
Degradabilidad del rumen. . . . .	29
Rolado en seco y al vapor. . . . .	30
Literatura Citada. . . . .	37

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Precusores de la Glucosa y transformación a Ácidos Grasos Volátiles . . . . .	1
2	Digestibilidad de la Proteína en el rumiante. . . . .	2
3	Metabolismo de los Carbohidratos en los Rumiantes. . . . .	3
4	Anatomía ruminal del Bovino . . . . .	12
5	Depilación del Área. . . . .	13
6	Delimitación del Área. . . . .	13
7	Incisión del Perímetro. . . . .	14
8	Incisión de los Planos. . . . .	14
9	Incisión del Rumen. . . . .	14
10	Sujeción de planos. . . . .	14
11	Colocación de la Cánula. . . . .	14
12	Tasa de desaparición de la Materia Seca de muestras de granos entero o rolado con vapor e incubados en el rumen. . . . .	29
13	Desaparición de la Materia seca de muestras de cascarilla de cebada rolada seca o de cascarilla de cebada rolada en húmedo, incubada en el rumen. . . . .	30
14	Digestibilidad de acuerdo a la técnica empleada en un tiempo máximo de 96 hrs. . . . .	33

## LISTA DE CUADROS

CUADRO		Página
1	DIGESTIBILIDAD DE VARIOS INGREDIENTES . . . . .	33
2	DIFERENCIAS DE DIGESTIBILIDADES ENTRE ESPECIES. . . . .	35

## Dedicatoria

Con dedicatoria especial a todas aquellas personas que siempre creyeron en mí y han estado conmigo desde el principio hasta el final, apoyándome incondicionalmente, aquellas que ya no están por haber atado su vida a una estrella, y que aún a lo lejos podemos disfrutar de su presencia.

Aquellas que permanecen a mi lado pido a Dios permanezcan por mucho tiempo para disfrutar de su alegría y felicidad.

## Agradecimientos

A Dios que siempre me guía y orienta en el camino,  
nunca me abandona, estando siempre a mi lado  
en los momentos difíciles de mi vida.

A mi “ Alma Terra Mater ” por añadir a mí  
espíritu la creación de una meta, desafiando los obstáculos  
y creando un nuevo reto que desafiar día con día.

Al PhD. Juan David Hernández Bustamante por su valiosa  
colaboración, su amistad como amigo y catedrático.

# Introducción

En todas las civilizaciones, la vaca es el símbolo de la madre tierra, fertilidad y abundancia. Estos animales herbívoros poseen la capacidad única para transformar plantas de poco valor nutritivo para el humano, en alimentos de gran valor nutricional para la humanidad.

En todos los animales los alimentos digeridos pueden ser transformados para ser absorbidos por la sangre y utilizadas por el cuerpo para proveerlo de los nutrientes necesarios. Este es el papel del sistema digestivo. En rumiantes, el sistema digestivo es especial porque tiene cuatro compartimentos.

Estos cuatro compartimentos, especialmente el rumen, tienen la ventaja de digerir, transformar y beneficiarse de alimentos más complejos (Anónimo, S/F).

La transformación de los alimentos a carbohidratos simples y complejos se lleva a cabo por los microbios del rumen y convertidos dentro en ácidos grasos volátiles. Los ácidos grasos volátiles consisten en su mayoría de ácido acético, propiónico y butírico, que son la fuente primaria de energía para los rumiantes. De acuerdo a los consumos de forraje los ácidos predominantes son: ac. acético 60-70% del total seguido del propiónico 15-20% y butírico 5-15%.

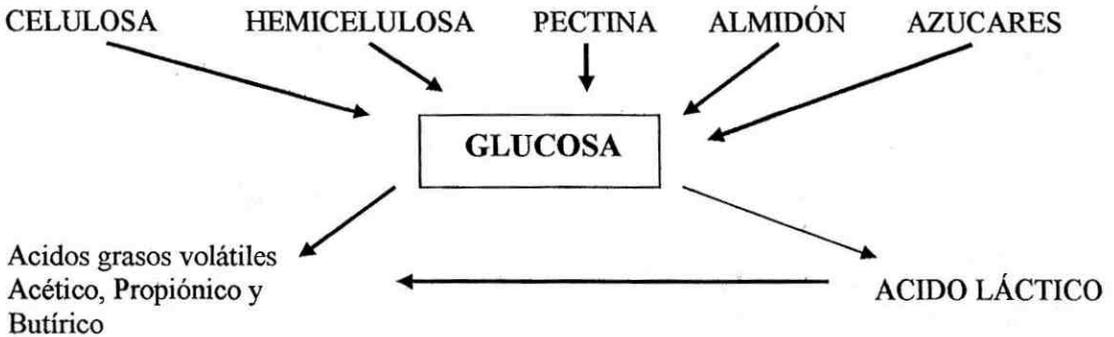


Figura 1. Precursores de la Glucosa y transformación a Ácidos Grasos Volátiles

Por otra parte cuando la alimentación con granos se incrementa o los forrajes son finamente molidos, la proporción de ácido acético puede decrecer hasta 40%, en contraste el aumento de ácido propiónico puede incrementarse a un 40%. Tales cambios en la producción de Ácidos Grasos Volátiles (AGVs), generalmente son asociados con una reducción de grasa en la leche.

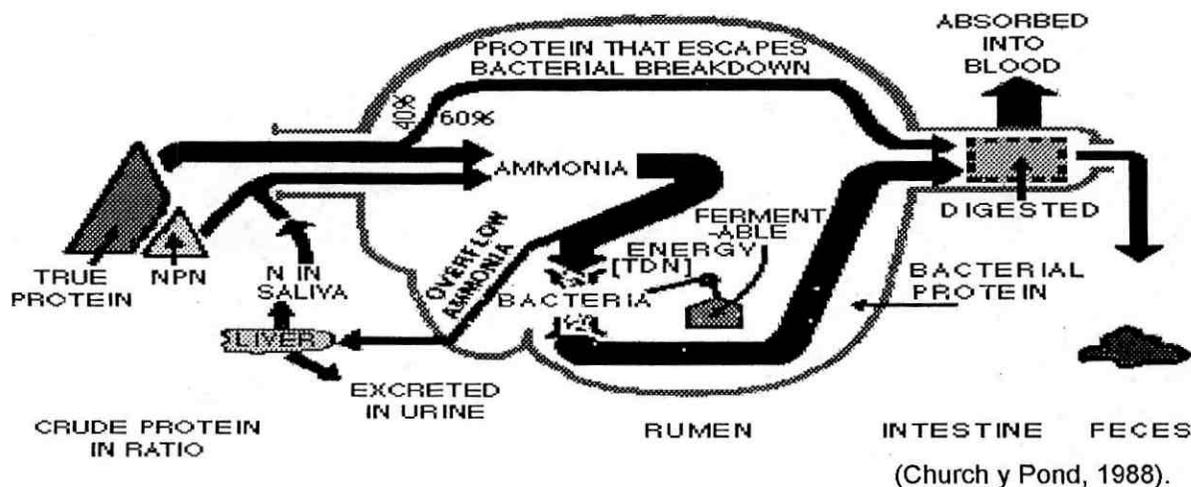


Figura 2. Digestibilidad de la Proteína en el rumiante

Los ácidos grasos volátiles son absorbidos dentro del rumen por la sangre y transportada al cuerpo, tejidos, incluyendo las células donde son usadas como fuente de energía para mantenimiento, crecimiento, reproducción y producción de leche. Las vacas eliminan del 50-70% de esta energía en forma de AGVs producidos en el rumen.

Aproximadamente el 30 o 50% de la celulosa y hemicelulosa es digerida en el rumen por la población microbiana. El 60% o más es degradado en el estómago, dependiendo del consumo de alimento y tamaño de los materiales ingeridos.

Los azúcares representan el 100% de la digestión efectuada por el rumen. (University of Minnesota, S/F).

## Digestibilidad.

El valor nutritivo de un alimento se mide por la respuesta en forma de producción animal a la ingestión de dicho alimento. Al hablar de hierba, se puede definir el valor alimenticio igualmente por la respuesta en forma de producción animal, que será función del valor nutritivo de la hierba y de su ingestión por los animales.

Al definir la calidad de un forraje, el primer punto es conocer la proporción de nutrientes digestibles. La digestibilidad es aceptada convencionalmente como un indicador de la ingestión voluntaria de un determinado forraje, al menos en ensayos de alimentación de animales estabulados.

En vacas lecheras puede haber influencia del estado, peso de la vaca y producción de leche sobre el consumo de alimentos, o sea, sobre su apetito.

En animales de carne alimentados en condiciones de pastoreo, se produce un constante y significativo aumento de la ingestión al aumentar la digestibilidad del forraje. Se ha demostrado que cuando la cantidad de hierba no es limitante, la ingestión por ganado vacuno joven en pastoreo esta relacionada con la digestibilidad de la hierba consumida.

En terneros, un aumento de la digestibilidad de la hierba del 60% al 75%, produce un aumento del consumo del 10%, con la ingestión de materia orgánica digestible un 20% a 40% más elevada.

Pero en pastoreo no siempre la disponibilidad de hierba es ilimitada y por ello, la influencia de la digestibilidad sobre la producción animal es mayor, especialmente en animales de necesidades nutritivas elevadas. Por tanto, se

justifica el objetivo de conseguir hierba de alto nivel de digestibilidad, incluso a expensas de una menor producción total (Muslera y Ratera, 1991).

La digestibilidad de un alimento determina el porcentaje de sustancia no digerida que debe ser eliminado del tracto digestivo, siendo los más digestibles aquellos que el animal es capaz de ingerir en mayor cantidad, pudiendo ser más lógico si ocurriera todo lo contrario, de tal forma que el animal pudiera compensar la escasa digestibilidad de un alimento ingiriendo mayor cantidad del mismo.

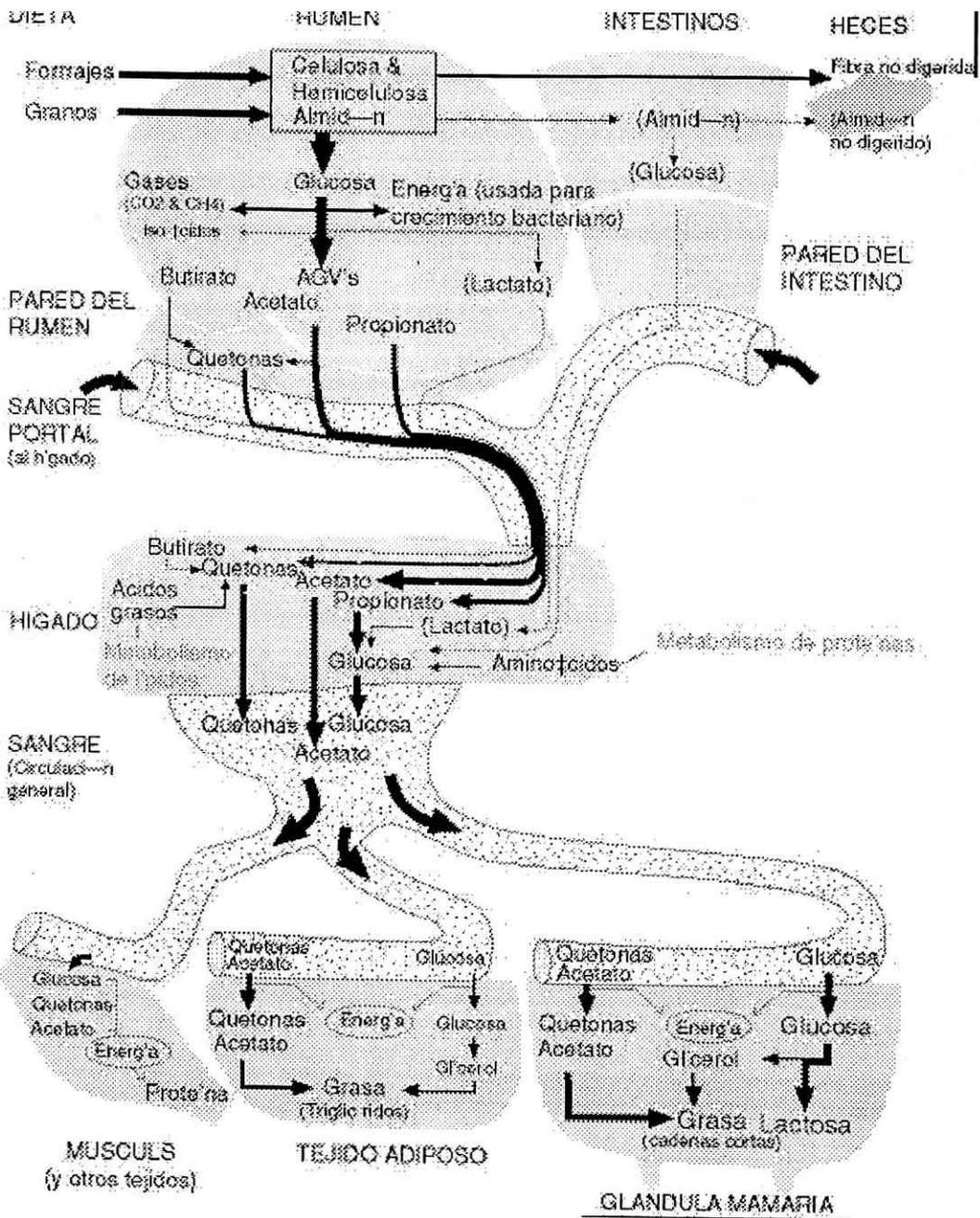
Por otra parte la digestibilidad o mejor llamada indigestibilidad de un alimento concreto, determina el porcentaje de residuos de dicho alimento que ocupa espacio en la panza, es decir, que ocupa espacio sin que tenga una utilidad alguna.

Cuanto mayores son las sustancias indigestibles y el tiempo que tarda en fermentar la fracción digestible, tanto mayor es el espacio de panza necesario para contener una unidad de energía digestible y, por consiguiente, el animal se ve obligado a comer menos (Orskov, 1995).

### **Determinación de la digestibilidad de los alimentos**

El conocimiento del valor nutritivo de los alimentos es fundamental para la nutrición animal, no siendo suficiente con los análisis químicos, hay que considerar los efectos de los procesos de digestión, absorción y metabolismo animal. Las pruebas de Digestibilidad permiten estimar la proporción de nutrientes presentes en una ración que pueden ser absorbidos por el aparato digestivo quedando disponibles para el animal.

La digestibilidad depende mayormente de la composición nutritiva de la ración en estudio, siendo a su vez afectada por el hecho de que las heces



(Church y Pond, 1988)

Figura 3. Metabolismo de los Carbohidratos en los Ruminantes

contienen cantidades importantes de materiales de origen no dietético. Estas, constituyen una importante vía de excreción de compuestos nitrogenados, grasos, minerales y glúcidos no fibrosos de origen endógeno, encontrándose

reportes que indican que no hay secreción de carbohidratos a nivel intestinal. A esto se debe que los coeficientes de digestibilidad determinados por diferentes métodos se denominan “aparentes”. Es difícil cuantificar con exactitud las cantidades de origen endógeno de un determinado elemento presente en las heces, ocasionando la subestimación de su digestibilidad verdadera.

Los valores estimados de digestibilidad aparente de las fracciones correspondientes a proteínas y lípidos, sin incluir los aportes de compuestos endógenos de la misma naturaleza, son siempre menores a los coeficientes de digestibilidad verdadera.

Para la determinación *in vivo*, del coeficiente de digestibilidad de raciones completas o de determinados nutrientes dentro de la ración, se han empleado diversos métodos, entre los cuales destacan, el de colección total de heces y el método de las proporciones usando marcadores.

### **Método de colección total de heces**

Es el método más confiable para medir digestibilidad, ya que involucra directamente factores tanto del alimento como del animal. Este método incluye la medición de la ingestión de una determinada ración de composición conocida y la colecta total de la excreción fecal correspondiente al alimento consumido. Esta es normalmente expresado en forma porcentual que se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Digestibilidad} = \frac{\text{ingesta} - \text{excreción}}{\text{ingesta}}$$

La digestibilidad es muy variable, es decir; el alimento que se proporciona al animal, no siempre se digiere en la misma cantidad, sino varios factores pueden alterar el grado de digestión como son: el nivel de consumo de los alimentos, los trastornos digestivos, la frecuencia de la alimentación, las deficiencias de nutrientes. Además de las diferencias notorias en la capacidad

de diferentes especies animales para digerir un alimento específico ( Church y Pond, 1988 ).

La digestibilidad es un componente crítico que depende de la calidad del forraje porque ésta es determinada entre la energía contenida y la ingesta potencial.

La digestibilidad *in situ* e *in vitro* fueron desarrollados para evaluar un gran número de muestras de forrajes eficientemente. El ensayo *in vitro* es manipulado en un rumen artificial diseñado bajo condiciones de laboratorio.

Mientras que el ensayo *in situ* es manipulado en el rumen de vacas lactantes bajo condiciones normales de producción, entre ambas hay firmeza y debilidad.

Aquí los nutriólogos pueden decidir cual es el método para predecir la permanencia en raciones altas de producción (Farm seed, 2001a).

### **Digestibilidad *in vitro* e *in vivo*.**

El costo elevado de las pruebas de digestibilidad sobre todo el ganado bovino, ha favorecido el desarrollo de la técnica *in vitro* que permite imitar la fermentación del rumen bajo condiciones controladas.

Para las pruebas en grupo se obtiene una pequeña cantidad del líquido del rumen de un animal fistulado ruminalmente. Después de que se retira la mayor parte de las partículas de alimento, el líquido se coloca en un recipiente junto con una sustancia amortiguadora (que asemeja a la saliva) y la muestra a probar.

La combinación se fermenta luego a la temperatura del rumen (39°C) durante un cierto tiempo, generalmente de 24-48 horas.

Dentro de la digestión *in vivo* los índices de absorción pueden medirse mediante técnicas quirúrgicas que consisten en aislar un segmento del aparato digestivo y determinar el tiempo que toma para que desaparezca una cantidad conocida de una sustancia (alimentos). Dichas técnicas *in vivo* e *in vitro* tienen como base procedimientos quirúrgicos.

Digestibilidad *in vitro* que es literalmente en vidrio (ensayo en tubos). Una técnica de colonización de un rúmen artificial montado sobre un laboratorio.

Los forrajes deberán ser secados y tener una medida promedio de 1mm.

La digestibilidad *in situ* que es literalmente "en su lugar" (en el rumen de la vaca), una técnica para evaluar la digestibilidad del forraje; donde los forrajes, son colocados en bolsas con poros que servirán para que las bacterias penetren evitando la salida de los alimentos. Las bolsas con forraje son colocadas dentro del rumen de ovinos o vacas fistuladas ruminalmente, donde los resultados dependen del tipo de animal usado. Los nutriólogos prosperan utilizando la digestibilidad *in situ* para predecir la permanencia de los alimentos y para el balanceo de raciones (Farm seed, 2001b).

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Sistema digestivo.

El ganado lechero es un rumiante cuyo aparato digestivo a edad adulta presenta cuatro compartimentos; cuando becerro, de estas divisiones solo el abomaso funciona; si el becerro consume alimento seco, el compartimiento principal "el rumen" generalmente comenzará a trabajar a las cuatro semanas de edad y a los tres meses el becerro es ya un rumiante funcional. En la vaca, dos de estos compartimentos, el rumen (panza) y el retículo (redecilla), contienen gran cantidad de microorganismos como bacterias y protozoarios que hacen posible la utilización de alimentos fibrosos como pastos, ensilajes y heno (N.R.A.,1996).

El rumen es un vaso de fermentación grande que puede contener hasta 100-120 kg de materia en digestión. Las partículas de fibra se quedan en el rumen de 20 a 48 horas porque la fermentación bacteriana es un proceso lento.

El rumen provee un ambiente apropiado, con un suministro generoso de alimentos, para el crecimiento y reproducción de los microorganismos. La ausencia de aire (oxígeno) favorece el crecimiento de especies especiales de bacterias, entre ellas las que pueden digerir las paredes de las células de plantas (celulosa) para producir azúcares sencillos (glucosa). Los microorganismos fermentan la glucosa para obtener la energía para crecer y ellos producen ácidos grasos volátiles (AGV) como productos finales de fermentación. Los AGV cruzan las paredes del rumen y sirven como fuentes de energía para la vaca.

Mientras que crecen los microorganismos del rumen, producen aminoácidos, las piedras fundamentales para las proteínas.

Las bacterias pueden utilizar amoniaco o urea como fuente de nitrógeno para producir aminoácidos. Sin la conversión, el amoniaco o urea serían de poco valor para la vaca. Sin embargo, las proteínas bacterianas producidas en

el rumen son digeridos en el intestino delgado y constituyen la fuente principal de aminoácidos para la vaca.

El retículo, es una intersección de caminos donde partículas que entran o salgan del rumen están separadas.

Solo las partículas que tienen un tamaño pequeño ( $< 1-2$  mm) o son densos ( $> 1.2$  g/ml) pueden proceder al tercer estómago (Wattiaux, S/F).

En conjunto el retículo y el rumen suministran un medio muy favorable para la supervivencia y la actividad microbiana, ya que éste es un lugar que se encuentra húmedo y caliente, a donde llega en forma irregular nueva ingesta y de donde sale en una forma más o menos continua la ingesta fermentada y los productos finales de la digestión (Church y Pond, 1998).

Por otra parte tiene entre sus principales funciones alojar objetos metálicos que con frecuencia llegan al corazón ocasionando daños e incluso la muerte por perforaciones al pericardio (Church y Pond, 1998).

Sin olvidar sus principales objetivos:

- Retención de partículas largas de forrajes que estimulan la ruminación.
- La fermentación microbiana produce: (1) ácidos grasos volátiles como producto final de la fermentación de celulosa y hemicelulosa y otros azúcares y (2) una masa de microbios con alta calidad de proteína.
- Absorción de AGV a través de la pared del rumen. Los AGV's son utilizados como fuente principal de energía para la vaca y como precursores de la grasa de la leche (triglicéridos) y azúcares en la leche (Lactosa).
- Producción de hasta 1000 litros de gases que son eructados.

El omaso, también llamado tercer estómago; es parecido a una red de fútbol con una capacidad de 10 kg. El omaso es un órgano pequeño que tiene una alta capacidad de absorción. Permite el reciclaje de agua y minerales tales como sodio y fósforo que pueden retornar al rumen a través de la saliva. El omaso no es esencial, sin embargo es un órgano de transición entre el rumen y el abomaso que tienen modos muy diferentes de digestión como la absorción de agua, sodio, fósforo y residuos de AGV's.

El cuarto estómago es el abomaso. Este es muy parecido al estómago de los no rumiantes, secreta ácidos fuertes y muchas enzimas digestivas.

En los no rumiantes, los alimentos primero son digeridos en el abomaso. Sin embargo en rumiantes, los alimentos que entran al abomaso son compuestos principalmente de partículas no fermentadas, algunos productos finales de la fermentación microbiana y los microbios que crecieron en el rumen.

- Secreción de ácidos fuertes y enzimas digestivas.
- Digestión de alimentos no fermentados en el rumen (algunas proteínas y lípidos).
- Digestión de proteínas bacterianas producidas en el rumen (0.5 a 2.5 kg por día) (Wattiaux, S/F).

### **Funciones del tracto digestivo.**

Eructo. Grandes cantidades de gas, principalmente CO<sub>2</sub> y metano son producidos en el rumen, la producción aumenta de 28.5 a 47.5 litros por hora y debe ser removido, de otra manera ocurre un aumento, en condiciones normales, la distensión por la formación de gas provoca que la vaca eructe y elimine el gas.

Rumia. Una vaca puede rumiar de 35 a 40% de alimento consumido al día. El aumento de tiempo para la rumia puede variar de poco (cuando los granos de la ración son finamente molidos) a varias horas (cuando los granos y forrajes son mas gruesos). El ganado maduro requiere poco tiempo para masticar mientras come.

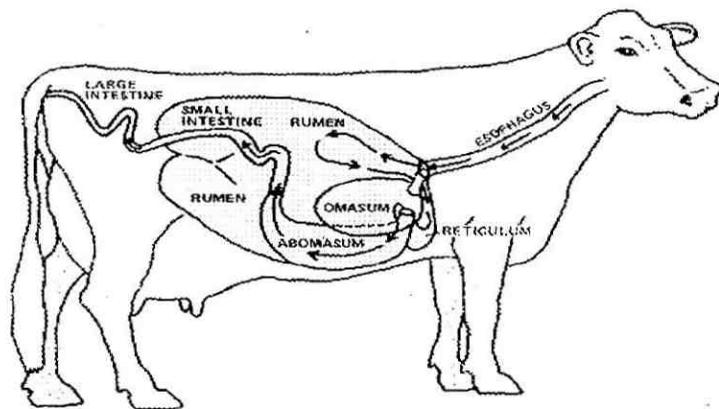


Figura 4. Anatomía ruminal del Bovino

El resto de los periodos, los bolos alimenticios (panza) son regurgitados para remasticarse reduciendo el tamaño de las partículas y para remojar con saliva. El alimento es más rápidamente digerido por los microorganismos de rumen cuando las partículas son reducidas de tamaño.

Motilidad de rumen y el retículo. El rumen siempre se mueve y se contrae.

Las vacas saludables tienen de una a dos contracciones del rumen por minuto, llevando microbios en contacto con los nuevos alimentos, reduciendo la flotación de sólidos y movilizandolos fuera del rumen.

Un decremento o la ausencia de movimientos en la frecuencia del rumen es una manera de diagnosticar enfermedades en los animales.

Producción de saliva. Alrededor de 47.5 a 76 litros de saliva pueden ser producidos por las glándulas salivales, juntándose en el rumen todo el día, la saliva provee líquido para la población microbiana, recirculando nitrógeno y

minerales, y buffers para el rumen. La saliva es el mejor buffer para ayudar a mantener un rumen con un pH de entre 6.2 y 6.8 para una digestión óptima de alimentos y forrajes.

Vómito. El ganado bovino raramente vomita. Ocasionalmente ciertos alimentos pueden inducir el vomito. Usualmente algunas plantas, forrajes o hierbas tóxicas que contienen alcaloides pueden causar este problema (U.M. S/F).

### **Procedimientos quirúrgicos para el estudio de la absorción y la utilización del nutrimento.**

La elaboración de una fístula en el rumen del ganado bovino es un procedimiento frecuente que permite tomar muestras del contenido del rumen. La mayoría de estos procedimientos se efectúa en ovejas o en vacas (es menos frecuente en bovinos que en ovejas debido al costo) (Church y Pond, 1998).

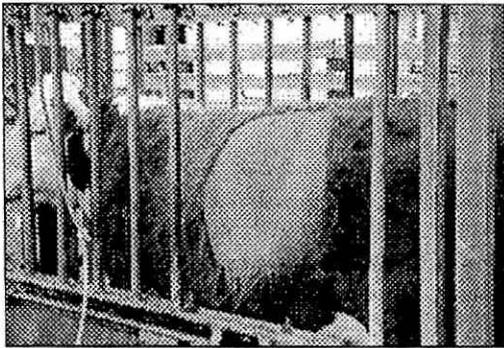


Figura 5. Depilación del Área

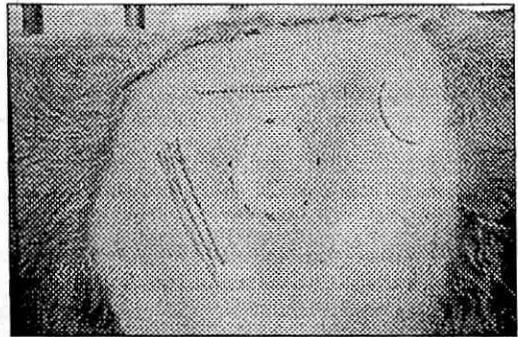


Figura 6. Delimitación del área

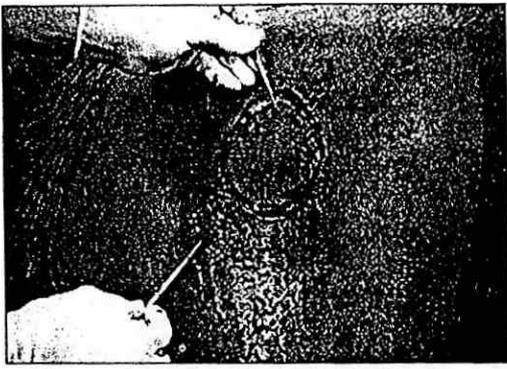


Figura 7. Incisión del Perimetro

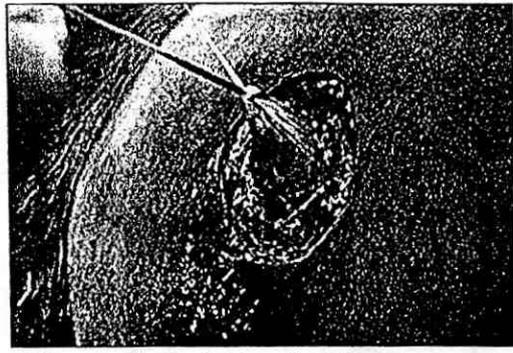


Figura 8. Incisión de Planos



Figura 9. Incisión del Rumen

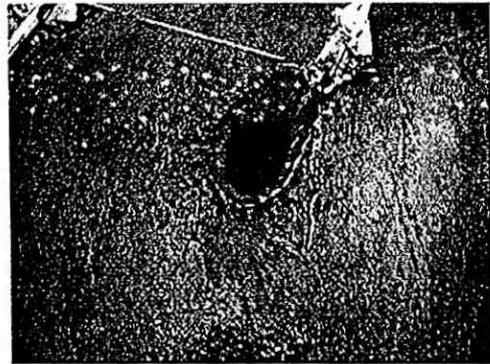


Figura 10. Sujeción de planos



Figura 11. Colocación de la Cánula

El principio de esta técnica es exponer los alimentos secos en pequeñas bolsas para la acción digestiva de la población microbiana del rumen del animal fistulado, bajo un tiempo apropiado.

Estos resultados permiten determinar los porcentajes de materia seca, proteína, celulosa, energía, o cualquier posible nutriente ( Schneider y Flatt, 1975 ).

En establos de la comarca lagunera que regularmente estaban presentando problemas nutricionales, se ha utilizado una técnica que originalmente estaba destinada a usarse como experimental o de investigación, es decir, la cánula ruminal permanente, cuya construcción es de látex y su perímetro exterior es de 30 cm y el interno del tapón de 10 cm.

Esta se implanta por medio de una sencilla cirugía en el triángulo isquiático izquierdo entre la última costilla, las alas de las vértebras lumbares y la punta del hueso púbico.

La finalidad que tiene la implantación de esta cánula, es la de obtener líquido ruminal fresco con el mismo tipo de bacterias del alimento que está consumiéndolo el resto del hato, y el animal que se encuentra y/o que tenga cualquier problema digestivo, pues será un candidato ideal para que sea tratado con el licor ruminal de la vaca nodriza. A este animal se le puede extraer por día de 15 a 20 litros de licor ruminal, lo cual es suficiente para tratar a 10 o 12 animales, pues la dosis recomendada es de 1.5 a 2 litros por animal por vía oral.

Las ventajas que se han tenido con el uso del licor ruminal fresco son entre otras: el ahorro en la compra de comprimidos que contienen microorganismos liofilizados que necesitan un tirabolos para ser aplicados, además los mismos comprimidos pueden contener otro tipo de microorganismos diferentes a los que componen la flora y fauna ruminal del hato, se puede tener suficiente cantidad de licor en el momento preciso,

tiánina, la cual crea un sabor amargo en el producto, y a su vez es desagradable a los pájaros. El problema con estas variedades es que debido al sabor amargo el ganado no lo acepta con facilidad, aparte de que el contenido proteínico de estos es bajo.

En general el sorgo tiene contenidos de proteína menores a los del grano de maíz. Para compensar esta carencia de proteínas se puede ensilar la cosecha con 20% de humedad, este proceso en sorgo de grano amarillo y blanco en ocasiones iguala la calidad del grano con la del maíz. (Anónimo, 2002a).

### **Condiciones ecológicas y edáficas**

Se trata de un cultivo que se siembra en diversos países del mundo, adaptándose a condiciones ecológicas y edáficas muy diversas, es susceptible de aprovecharse económicamente en siembras comerciales con las siguientes condiciones:

- a) **Temperatura.** Se considera como temperatura media óptima para su crecimiento 26.7°C y como mínima 16°C; temperaturas medias de 16°C ya no son convenientes, pues el ciclo se alarga y bajan los rendimientos, sin embargo, se han desarrollado variedades para climas templados con temperaturas medias de 15°C. La temperatura media máxima a que se puede desarrollar el sorgo es de 37.5°C.
- b) **Humedad.** Pueden desarrollarse en regiones muy áridas, su capacidad para tolerar la sequía, el álcali y las sales, que la mayoría de las plantas, hace de los sorgos un grupo valioso en zonas marginales; su resistencia a las sequías hace propicio su desarrollo donde las lluvias son insuficientes para el cultivo del maíz, en terrenos con una distribución de 400 a 600 mm de precipitación pluvial media anual.

- c) Altitud. Raramente se le cultiva más allá de los 1800 msnm. Se cultiva favorablemente de 0 a 1000 msnm. Se han realizado pruebas a 2600 msnm con resultados satisfactorios.
- d) Latitud. Se puede cultivar desde los 45° latitud norte a los 35° latitud sur; el área comprendida entre estas latitudes es donde se puede cultivar el sorgo con mayores rendimientos.
- e) Fotoperíodo. Es de fotoperiodo corto, lo cual quiere decir que la maduración de la planta se adelanta cuando el periodo luminoso es corto y el oscuro largo; algunas variedades son poco sensitivas.
- f) Suelos. Puede cultivarse en una diversidad de suelos pero se da mejor en los terrenos ligeros, profundos y ricos en nutrientes. Se ha encontrado que este cultivo puede efectuarse en terrenos con ciertas proporciones de sales solubles que limitan la producción de otros cultivos (Robles, 1990).

**Trigo:** (*Triticum aestivum*) Es una gramínea preferentemente de ciclo otoño-invierno, pues el frío incrementa su producción, mas se puede cultivar en primavera-verano. Su ciclo total va de 3 ½ a 4 ½ meses. Se usa tanto para la alimentación humana como para la animal.

El trigo duro se usa para hacer pastas, pues tiene poco grano pero altos contenidos de proteína (13-16%); trigo suave se usa para hacer harinas ya que tiene alto contenido de grano y mayores cantidades de almidón, pero menor contenido de proteína (8-11%).

El trigo se adapta a gran variedad de tipos de suelo y tolera más sales que el sorgo. Sin embargo, para poder sembrar en terrenos a los cuales se les aplicó Atrazina (herbicida) deben pasar por lo menos 12 meses, ya que los

residuos son tóxicos y no permiten que el cultivo se desarrolle (Anónimo, 2002b).

### **Condiciones ecológicas y edáficas**

- a) Temperatura. Las condiciones de temperatura varían considerablemente, pero las temperaturas mejores para una buena producción de trigo oscilan entre 10 y 25°C bajo las condiciones de temperatura en regiones trigueras.
- b) Humedad. Se siembra en casi todos los estados de la república y se adapta tanto a tierras pobres en nutrientes, como a tierras ricas, zonas húmedas, semi-húmedas y secas.
- c) Altitud. Las zonas de producción de trigo abarcan de altura sobre el nivel del mar de 0-15 metros hasta alturas de 1900-2400 msnm hasta elevaciones de 3000 metros, si no son afectados adversamente por enfermedades.
- d) Latitud. Se produce en regiones templadas y frías situadas desde unos 15 a 60° de latitud norte y de 27 a 40° de latitud sur; en la región ecuatorial las regiones trigueras se localizan a una altura de 2500 a 3000 msnm.
- e) Foto período. Las variedades que se han venido realizando en los programas de mejoramiento de México y otros países han resultado ser insensibles al fotoperíodo (Robles, 1990).

**Maíz:** (*Zea mays*) Ningún producto agrícola tiene mayor identidad con la cultura mexicana como el maíz. El maíz que se produce en México es genéticamente diferente al de los Estados Unidos por ejemplo; nuestra producción esta orientada al consumo humano. A pesar de ello sólo se producen de 16 a 18 millones de toneladas anuales (18,500 miles de toneladas

en México, 1998). El rendimiento promedio del maíz en el bajo bajo condiciones de riego es de 12 ton/ha. Estos rendimientos se logran sembrando híbridos de ciclo tardío.

De acuerdo con FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura) Entidad Financiera y Tecnológica del Sector Rural Mexicano, menciona que en los últimos años la tasa anual de crecimiento promedio fue de 3.1%. El porcentaje de participación en la producción de maíz en México es de 9.3%.

Los usos principales del maíz son: a) para consumo humano; b) uso industrial (por medio de la molienda seca y la húmeda); c) uso forrajero (alimentación animal proporcionado directamente en mezclas y como alimento balanceado).

Dada la diversidad de maíces del cultivo se obtiene principalmente el elote, maíz de grano (blanco para consumo humano), maíz amarillo, maíz para semilla, maíz palomero y maíz forrajero (Anónimo, 2002c).

### **Condiciones ecológicas y edáficas**

El cultivo del maíz se realiza en la mayoría de los países del mundo, por ser una especie vegetal que se adapta a condiciones ecológicas y edáficas muy diversas como resultado de su amplia gama.

- a) Temperatura. Temperaturas menores de 10°C retardan su germinación. En general, la temperatura media óptima es de 25 a 30°C, máximas de 40°C, son perjudiciales en especial en el periodo de la polinización, pues los granos de polen germinan y mueren antes de que se realice la fecundación.
- b) Humedad: Los requerimientos óptimos de humedad, son diferentes, si se consideran variedades precoces (alrededor de 80 días) o variedades tardías (alrededor de 140 días). Bajo condiciones de "temporal" (sin riego) y con variedades adaptadas, se pueden tener

obviamente, las variedades precoces requerirán menor cantidad de agua que las variedades tardías.

- c) Altitud. Se cultiva con buenos rendimientos desde el nivel del mar, hasta alrededor 2500 metros, con altitudes mayores de 3000 metros los rendimientos disminuyen. Este rango tan amplio de altitud, hace que el cultivo se adapte a la mayor parte de las regiones agrícolas del mundo.
- d) Latitud. En general, el maíz se adapta desde más o menos 50° de latitud norte, hasta alrededor de 40° de latitud sur. En particular, en el Continente Americano, se siembra maíz desde Canadá (bajas temperaturas), E.U.A., México, todos los países de centro y Sudamérica, hasta el sur de Argentina (bajas temperaturas). Las regiones más productoras de maíz se localizan entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio que se caracterizan por altas temperaturas como consecuencia de latitudes bajas (ITESM, 2000a)

**Coquia:** (*Kochia scoparia*) La Coquia es una planta anual, rústica, de bajo costo, de alto contenido de proteína y bajo consumo de agua, crece en una gran variedad de suelos, incluyendo los salinos y erosionados. Se desarrolla bien en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas. Es sensible al exceso de agua (Muslera y Ratera, 1991).

**Prácticas agronómicas:** Esta planta requiere de labranza mínima. En suelos arcillosos propensos al agrietamiento se recomienda la siembra en húmedo.

En suelos arenosos con alta evaporación del agua se deben aplicar 2 a 3 riegos ligeros para su germinación y establecimiento.

Bajo condiciones de riego, la fecha de siembra de la Coquia puede ser durante todo el año sí el efecto de las heladas no es de consideración.

La Coquia requiere de condiciones óptimas de humedad durante la germinación y la emergencia. En los primeros 20 días, el crecimiento es lento, ya que apenas alcanza una altura de 2 a 3 cm, pero después crece más de 1 metro por mes.

El método de siembra es igual que para la alfalfa. Se recomienda, no tapar la semilla con más de 3 milímetros de espesor. El terreno debe estar libre de malezas. En terrenos accidentados, se puede sembrar al voleo.

La densidad de siembra es de 8 a 10 kg/ha bajo condiciones de temporal; de 6 a 8 kg/ha bajo riego y 1 a 2 kg/ha en siembras con avión. De preferencia debe aplicarse abono orgánico, o una fertilización con 60 kg/ha de nitrógeno y de 40 kg. por hectárea de pentóxido de fósforo.

**Requerimiento de agua:** La Coquia tiene un bajo consumo de agua, requiere 4-6 veces menos de lo que necesita la alfalfa. Con solo 200 ml. de lluvia se llega a producir de 40 a 70 ton. de forraje verde por hectárea en condiciones de riego con 50- 60 cm de agua, la producción puede alcanzar de 80-130 ton/ha. de materia verde (Muslera y Ratera, 1991).

Bajo condiciones de temporal, se recomienda la captación de lluvia con microcuencas ó con manejo de escurrimientos superficiales, lo cual aumentará considerablemente los rendimientos de forraje (Muslera y Ratera, 1991).

**Cosecha:** El momento de corte adecuado se da cuando la floración está a 5% ( 70 días aproximadamente) período en el cual alcanza su mayor contenido de proteína ( 16 a 28 %). El corte se hace a 15 cm. Al ras del suelo para facilitar el rebrote.

El número de cortes varía de uno a tres y ésta en función del clima y del suelo. El primer corte es de mayor rendimiento, razón por la cual algunos productores prefieren volver a sembrar, sobre todo cuando obtienen más de 70 ton/ha de forraje verde.

**Potencial forrajero:** La Coquía es un forraje versátil, el ganado la puede pastorear al inicio de la floración , se puede ensilar picada o después de oreada, sola, con maíz, o con otros forrajes; se puede empacar a los 5-8 días después del corte, con una pérdida de hojas mucho menor al de la alfalfa; también se pueden hacer “pellets” (Muslera y Ratera, 1991).

Es de alta gustosidad, buena digestibilidad y baja en fibra. Además se puede utilizar como fuente de proteína en alimentos balanceados, y así reducir los costos de producción en la alimentación de los animales.

**Nutrición animal:** Su alto contenido en proteína y utilizada como complemento en la dieta, hace que se obtengan buenos incrementos diarios en el peso de diferentes especies animales, del rango de 200 a 400 gramos en ovinos y de 800 a 1200 gramos en bovinos. La planta es recomendada hasta en un 35% del total de la dieta de rumiantes (vacas, cabras y borregos) y puede llegar al 45% en monogástricos (caballos, cerdos, aves y conejos) (Muslera y Ratera, 1991).

**Potencial socio-económico y ecológico:** El cultivo de la Coquia es una excelente alternativa para los productores de forraje, ya que bajo condiciones óptimas, su cultivo arroja ganancias netas de \$12,000.00 a \$14,000.00 por hectárea por cosecha. Con lo cual, la inversión se recupera de 2,5 a 4.5 veces, en temporal y en riego, respectivamente, considerando un precio por Kg de materia seca de \$1.00 a \$2.50.

La utilización de la Coquia tiene efectos positivos en la recuperación de agostaderos, de suelos erosionados, en la recarga de acuíferos y en la protección de cuencas hidrográficas.

**Beneficios:** \*Utilización de tierras marginales.

\* Mayores ingresos por hectárea.

\* Incremento en la producción de carne, leche, huevo, y sus derivados

\* Mejoramiento ecológico (fijación del CO<sub>2</sub>).

\* Impacto en el bienestar social (generación de empleos, mejores ingresos per capita).

\* Es de gran utilidad en la ganadería de traspatio, lo cual favorece el combate a la pobreza extrema. (Anónimo, 2002).

**Subproductos de la industria aceitera:** Los expeller producidos al extraer el aceite de varias semillas de oleaginosas proveen de una fuente de proteínas y energía de amplia difusión, tanto en la alimentación de ganado de leche como para la recría y engorde de categorías de altos requerimientos. Las semillas más utilizadas en la elaboración de aceites son las de soya, girasol, lino y maní.

Dependiendo de la forma de extracción del aceite se producen dos tipos de subproductos que son las harinas (en algunos casos luego peleteadas) y los expeller. Las primeras son el subproducto de la extracción de aceites mediante la utilización de solventes y los expeller son obtenidos de la extracción mecánica por prensa continua. La principal diferencia de estos productos es el contenido de lípidos de los mismos, siendo de alrededor del 8% para los obtenidos por prensa y menores al 3% para los obtenidos mediante solvente. Los tratamientos a los que son sometidos en los dos casos, prensa y solvente, son suficientes para eliminar algunos factores anti-nutricionales. De esta forma se destruyen compuestos inhibidores de tripsina en soya. Estos compuestos afectan negativamente la eficiencia digestiva. Si bien la microflora ruminal es capaz de desactivar estos compuestos, debería tenerse en cuenta en animales jóvenes, como terneros que no han desarrollado por completo su rumen (Church y Pond, 1988).

**Subproductos de la industria cervecera:** Los principales subproductos de la industria cervecera son la cebada de clasificación. Las raicillas de cebada, la malta húmeda y la levadura de cerveza (tal cual o deshidratada).

La malta es húmeda es el bagazo remanente de la elaboración de la cerveza. Sus ingredientes principales son (cebada malteada), sémola de maíz y/o arroz quebrado. Estos son sometidos a distintas temperaturas en salas de cocimiento y luego filtrados para su obtención de los líquidos para la elaboración de la cerveza. Se caracteriza por poseer altos contenidos de proteínas, un interesante valor energético y contenido de agua cercano al 70%. Estas propiedades hacen que el producto sea muy fácil de fermentar si se dan las condiciones aeróbicas necesarias para ello, por lo cual si se va a utilizar en un breve periodo, no mayor de cinco días, es necesario ensilarla para prevenir el deterioro. La malta es bien aceptada por los animales luego de un corto periodo de acostumbramiento, al poseer altos contenidos de proteínas, le confiere atributos para ser utilizada en rumiantes de altos requerimientos, como los terneros destetados precozmente y las vacas lecheras de alta producción. En ensayos de producción de leche se comportó satisfactoriamente, permitiéndola aumentar un 12% la producción de leche y un 17% la producción de proteínas cuando se utilizó en reemplazo de forrajes de mediana calidad.

En experiencias realizadas se informa que la suplementación con 60% de malta húmeda eleva los contenidos de amonio en rumen como para satisfacer los requerimientos de los microorganismos ruminales. Sin embargo, los niveles obtenidos son muy inferiores a los observados en animales que pastorean forrajes con altos contenidos de proteínas, como son alfalfas tréboles y gramíneas fertilizadas con altas dosis de nitrógeno. Esta situación se debe fundamentalmente, a dos aspectos: en primer lugar, si bien la proteína de la malta húmeda posee una mediana degradabilidad, la cantidad de proteína que se degrada en las primeras horas no es tan elevada, en segundo lugar, la malta húmeda posee un tamaño de partícula pequeño y un alto peso específico, lo que determina que el alimento permanezca poco tiempo en el rumen. Estas características hacen que gran parte de las proteínas no son degradadas por los microorganismos y, de esta manera, los aminoácidos del alimento son absorbidos como tales en el intestino delgado (proteína "by pass") (Muslera y Ratera, 1991).

**Ingredientes proteicos:** El contenido proteico de las harinas de subproductos de animales es muy alto (55-65%), de una elevada calidad (son una fuente excelente de lisina, metionina y triptófano). Las harinas de subproductos de animales están libres de fibra y, al estar normalmente desengrasadas, contienen alrededor del 5% de grasa. El contenido en minerales es muy alto, con una buena relación de calcio/fósforo, y no contiene fitatos; de hecho un inconveniente importante de estas harinas es que tienen mucho calcio, por lo que inclusiones superiores al 15% originan problemas de palatabilidad y pueden dar lugar a calcificaciones metastásicas. Finalmente, estas harinas tienen un alto contenido en vitaminas del complejo B.

Las harinas de carne y hueso proceden de mataderos de mamíferos (hígado, pulmón, estómago, etc); en la harina no entra el pelo, cuernos, pezuñas, piel, ni contenido gastrointestinal; desde 1998 está prohibido incluir en estas harinas los sesos, ojos, amígdalas, médula espinal y bazo de rumiantes, ya que estos órganos se consideran de alto riesgo en la transmisión de la encefalopatía espongiforme.

Si el contenido proteico de la harina es superior al 55% se denomina harina de carne, si contiene entre 40-55% es harina de carne y hueso, y si contiene menos del 40% de proteína se denomina harina de hueso. El material crudo es cocido, secado y molido para producir una harina cuya calidad es inversa a la cantidad de cartílago en los subproductos (el cartílago es muy deficiente en aminoácidos esenciales) (Church y Pond, 1988).

**Harina de carne y hueso:** Es el residuo proteico después de remover la grasa en el proceso anteriormente descrito. Es de color dorado a tostado, con olor a carne fresca y está disponible a lo largo del año (Church y Pond, 1988).

**Harina de soya:** La soya constituye una excelente fuente de energía y proteína, en particular lisina, conteniendo además proporciones importantes de nutrientes esenciales tales como ácido linoleico y colina altamente disponibles. La harina de proteína se obtiene tras un proceso de extracción de grasa por

La harina de proteína se obtiene tras un proceso de extracción de grasa por disolvente, y la harina con 47% a partir del descascarillado parcial de ésta última.

La soya cruda contiene un buen número de factores antinutritivos. Los más importantes (factores antitripsicos, ureasa y lectinas) son termolábiles, por lo que su contenido después de un correcto procesado térmico es reducido. Contiene también factores antigénicos termoestables (glicinina y B-conglicinina) que causan respuesta inmunológica, daños en la mucosa intestinal y diarrea en animales jóvenes (especialmente terneros). Los rumiantes son menos sensibles a los factores antinutritivos ya que son parcialmente digeridos (e inactivados) en el rumen, aunque la fracción no digerida puede ser importante en animales de elevado nivel de producción.

Tanto los factores antigénicos como los oligosacáridos pueden extraerse con agua y etanol, obteniéndose un producto denominado concentrado de soya.

En rumiantes el aceite se hidrogena parcialmente en el rumen pero interacciona negativamente sobre la digestión de la fibra. Estos procesos se reducen en animales de alto nivel de producción y consumo (por ejemplo en rumiantes en ceba intensiva). El haba de soya no parece modificarse por su procesad, pero cualquier método resulta generalmente en un incremento del consumo y de la producción de leche.

El contenido de proteína de la soya varía de un 38% en la semilla entera hasta 90% en el aislado de proteína. Su proceso térmico en condiciones de tiempo y temperatura adecuados permite reducir su solubilidad y degradabilidad ruminal. Sin embargo, un tratamiento excesivo reduce su digestibilidad intestinal, especialmente en la lisina.

Los productos de soya son de fácil manejo de fabrica, no se aconsejan tiempos de almacenamiento largos para el haba entera por el riesgo de oxidación de la grasa (FEDNA, 1999).

**Harina de semilla de algodón.** El algodón se cultiva fundamentalmente para la producción de fibras que constituye alrededor del 40% del peso del fruto. El resto corresponde a la semilla que se utiliza principalmente en alimentación animal, bien directamente (semilla entera de algodón), o bien previa extracción de aceite para el consumo humano (harina de algodón). La extracción se hace generalmente mediante solventes (hexano), tras separar el grano de la cascarilla y de los restos de la borra. El disolvente puede aplicarse de forma directa o previa presión (prensado).

Los principales factores antinutritivos de la harina de algodón son el gossipol, los ácidos grasos y los ácidos ciclopropenoicos. El gossipol es un pigmento polifenólico que se encuentra en la semilla en forma libre y que reduce el consumo, la concentración de hemoglobina en plasma y, en casos extremos, puede provocar la muerte del animal. El nivel de gossipol libre disminuye en la harina (especialmente en la pre-prensada) con respecto a la semilla. La digestión ruminal contribuye a reducir adicionalmente su toxicidad al producirse enlaces del gossipol con la proteína soluble. Como consecuencia, el empleo de la semilla de algodón se limita a rumiantes

El contenido medio de FND en harinas de algodón es de un 30%, pero la variabilidad es alta. La harina contiene alrededor de un 3 y un 55% de almidón y azúcares, respectivamente, el contenido de proteína bruta es alto (38.7% como media) pero es deficitaria en lisina (1.5%) que, además, es poco disponible como resultado del tratamiento térmico recibido y la formación subsiguiente de complejos con gossipol libre. Como consecuencia, niveles altos de harina de algodón en dietas de vacas de alta producción podrían dar lugar a un déficit de lisina digestible.

Su empleo exige controles periódicos de su grado de enranciamiento, nivel de aflatoxinas y contenido de gorgojos (FEDNA, 1999).

## Degradabilidad del rumen

Para determinar el tiempo de degradabilidad en el rumen, se realizó un estudio, utilizando granos rolados al vapor y enteros que fueron incubados en el rumen de vacas. El tiempo de desaparición para estos granos se ilustra a continuación. (figuras de degradabilidad)

Observando que los tipos de cebada desaparecen rápidamente después de 12 hrs de incubación, 82% de la cebada entera y 85% de la cascarilla de cebada habían desaparecido

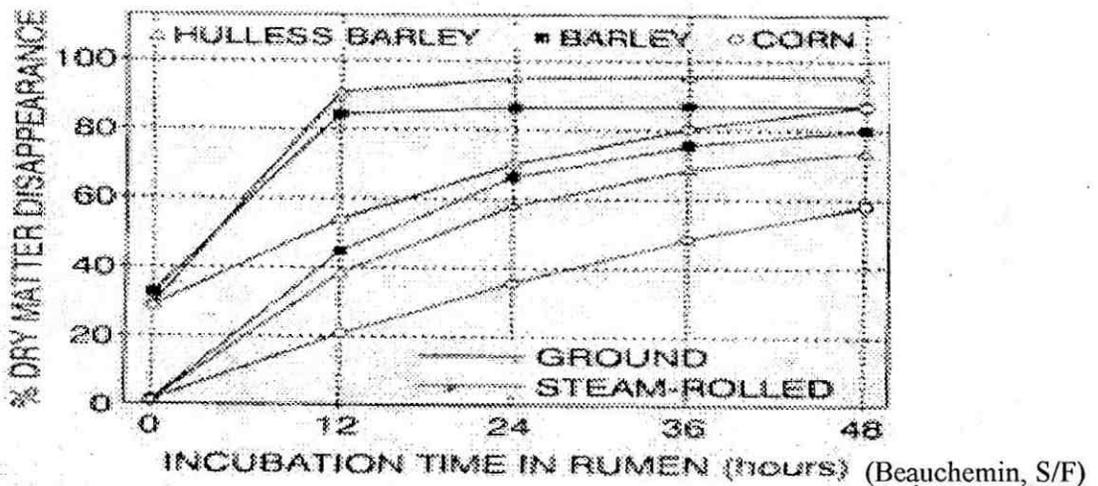
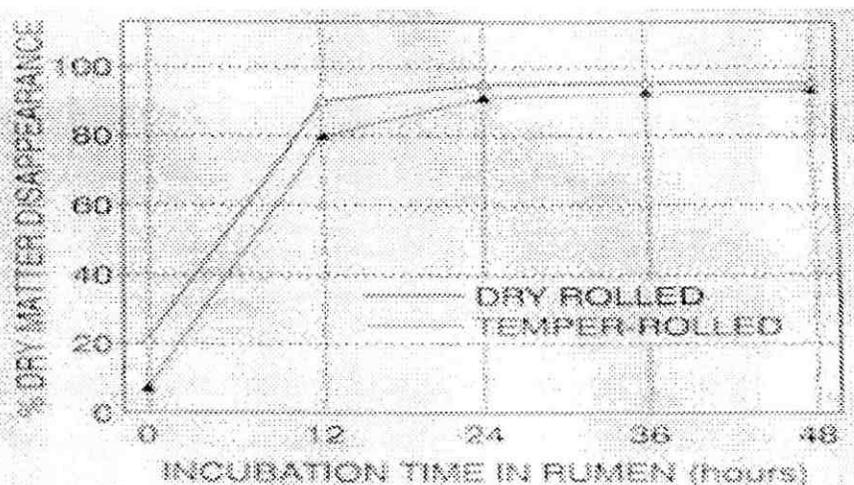


Figura 12. Tasa de desaparición de la Materia Seca de muestras de granos entero o rolado con vapor e incubados en el rumen.

El tiempo de desaparición del grano de maíz fue mucho más bajo de lo que se esperaba. En tanto el tiempo de desaparición de los tres granos rolados al vapor disminuyó. En particular, el rolado al vapor tiene un gran efecto en la cascarilla de cebada comparada con la cebada entera.

La baja digestibilidad de la cascarilla de cebada y su reducción de desaparición del rumen son un reflejo de la dificultad que presenta el rolado de estos granos.



(Beauchemin, S/F)

Figura 13. Desaparición de la Materia seca de muestras de cascarilla de cebada rolada seca o de cascarilla de cebada rolada en húmedo, incubada en el rumen.

Pero la molienda no es ideal en ellos, la desaparición rápida de los granos y cascarilla de cebada poseen un incremento en el riesgo de acidosis.

### Rolado en seco y al vapor

Para determinar que otro método de procesamiento afecta fuertemente las características de digestibilidad, se sometió la cascarilla de cebada condor al rolado en seco y rolado al vapor, seguido por la incubación en el rumen.

El rolado a temperatura permite la adición de agua, el rolado en seco se humedece en agua por 16 hrs antes de ser rolado.

El agua se agrega de 40, 60, 80, 120 y 160 gr por kg. de grano para determinar el óptimo. Las mejores características de fermentación fueron obtenidas en 120 gr/kg. Por encima de esta cantidad comparativa el grano tuvo 79% de materia seca antes de ser rolado.

El rolado en seco produjo resultados que fueron muy similares en la figura anterior para la cascarilla de cebada y entera.

Los rolados ablandados mejoraron la degradación de la MS en el rumen.

Características:

- La solubilidad, la verdadera fracción degradable rápidamente fue reducida de 21% a 8% de la MS del grano.
- La fracción degradada paulatinamente fue incrementada de 74% a 86%.
- La cantidad de degradación de la fracción degradada paulatinamente fue reducida de 23% a 15% por hora;
- La degradabilidad efectiva en el rumen de la MS fue declinando de 80 a 69%.

Estos trabajos fueron desarrollados bajo métodos que puedan mejorar la degradación en el rumen debido al rolado humedecido (Beauchemin, S/F).

De acuerdo a Scholljegerdes; en un trabajo comparativo realizado para determinar la digestibilidad *in situ* e *in vitro* ; estimando la digestibilidad de la MO en tiempos de 15,24,36 y 96 hrs, obteniendo que la degradación de la proteína del forraje *in situ* (73.6%) *in vitro* (53.8%).

Porque la determinación de forraje digestible difiere dependiendo de la técnica empleada, la estimación de la digestibilidad del forraje *in vitro* en *in situ* no pueden ser usados mutuamente.

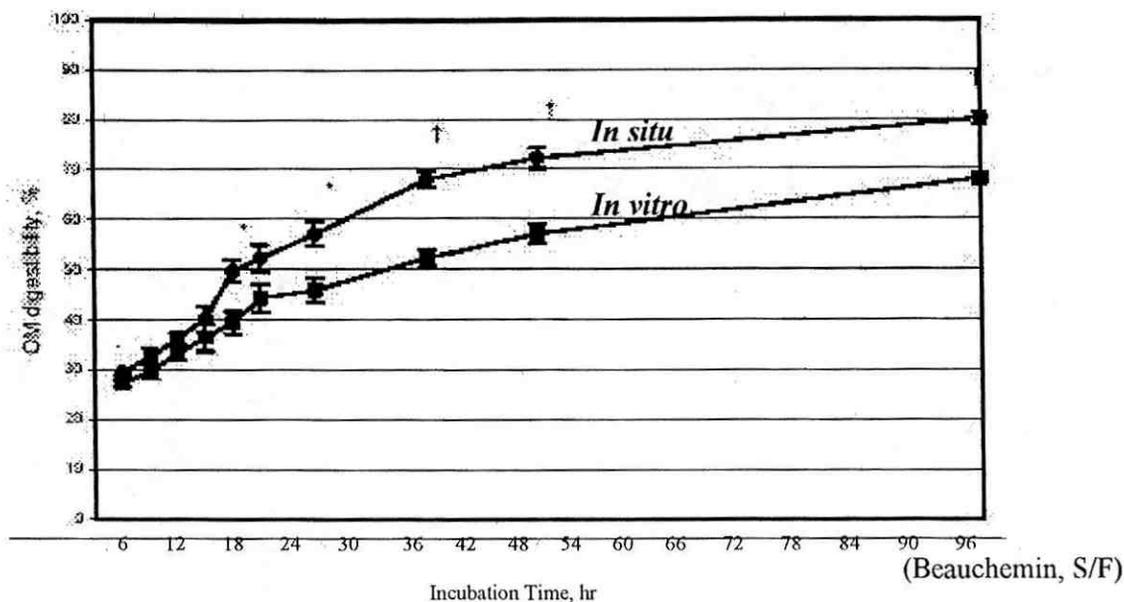


Figura 14. Comparación de las técnicas *in vitro* versus *in situ* usadas para determinar la digestión de Materia Orgánica y de Fibra Detergente Neutra a un tiempo de incubación de 96 hrs.

La estimación digestible obtenida de ambas técnicas, pueden ser altamente variables dependiendo del nutriente examinado. En particular, la estimación de la degradación de la proteína ruminal determinada *in vitro* tuvo una relación muy estrecha con la estimada *in vivo*, comparadas con aquellas determinadas *in situ*. Por otra parte, la diferencia marcada en la estimación de la degradabilidad de la proteína del forraje determinada *in situ* de aquellas determinadas *in vivo* sugieren que la técnica *in situ* pueden sobreestimar la degradación ruminal de la proteína del forraje. No obstante la diferencia entre las técnicas puede ser aplicable a las diferencias en el tamaño del poro, siendo necesario investigar para examinar las posibles fuentes de variación entre esas técnicas.

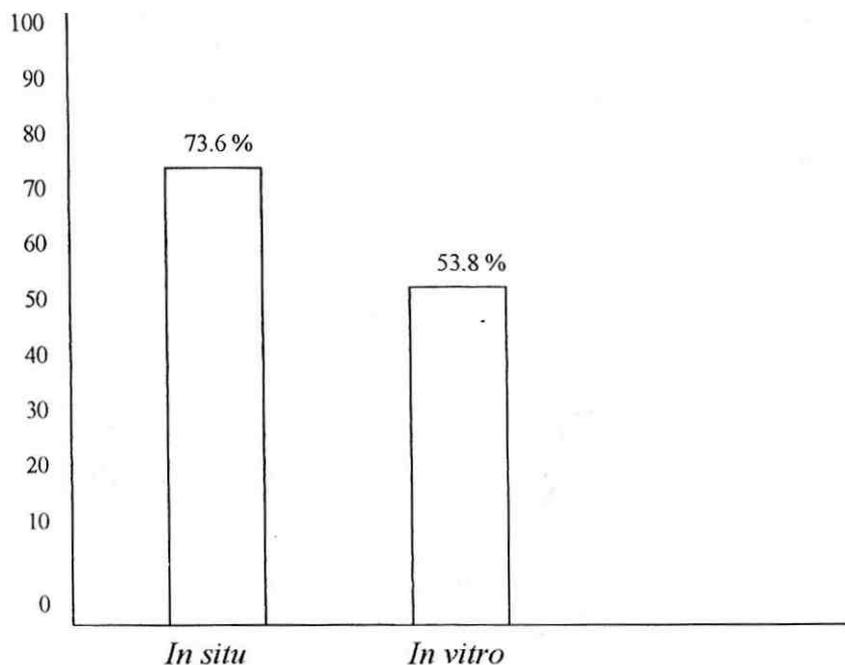


Figura 14. Digestibilidad de acuerdo a la técnica empleada en un tiempo máximo de 96 hs.

CUADRO 1. DIGESTIBILIDADES DE VARIOS INGREDIENTES

<b>Ingrediente y/o forraje</b>	<b>Presentación</b>	<b>% Digest. In vivo</b>	<b>Tiempo / hrs.</b>	<b>Autor/ Año</b>
<b>Sorgo</b>	<b>Entero</b>	<b>28.83</b>	<b>72</b>	<b>Pérez Mtz 96</b>
	<b>Molido</b>	<b>96.44</b>	<b>72</b>	
	<b>Rolado</b>	<b>95.85</b>	<b>72</b>	
	<b>Quebrado</b>	<b>91.28</b>	<b>72</b>	
<b>Trigo</b>	<b>Entero (seco)</b>	<b>93%</b>	<b>72</b>	<b>Jáuregui M. 94</b>
	<b>Quebrado (húmedo)</b>	<b>48%</b>	<b>72</b>	

<b>Maíz</b>	<b>Entero (seco)</b>	<b>95%</b>	<b>72</b>	
	<b>Quebrado (húmedo)</b>	<b>54%</b>	<b>72</b>	
<b>Cochia Scoparia</b>	<b>Heno</b>	<b>10.24%</b>	<b>0</b>	<b>Aguilar Mendoza 97</b>
<b>Pasta de girasol</b> <b>Malta de cerveza</b> <b>Harina de carne y hueso</b>	<b>Pasta</b>	<b>23.56%</b>	<b>24</b>	<b>Velasco López 95</b>
	<b>Harina</b>	<b>22.78%</b>	<b>0</b>	
	<b>Harina</b>	<b>46.48%</b>	<b>96</b>	
<b>Harina de carne</b> <b>Harina de soya</b> <b>Harinolina</b>	<b>Harina</b>	<b>37.79%</b>	<b>72</b>	<b>Martínez Medina 95</b>
	<b>Harina</b>	<b>95.27%</b>	<b>72</b>	
	<b>Harina</b>	<b>50.52</b>	<b>72</b>	

CUADRO 2. DIFERENCIAS DE DIGESTIBILIDADES ENTRE ESPECIES

Tipo de digestibilidad	Materiales utilizados	Especies animales	Ventajas	Desventajas
<b>IN SITU</b>	<p>Vacas o novillos provistos de fistula ruminal.</p> <p>Material quirúrgico</p>	<p>Bovinos</p> <p>Ovinos</p> <p>Cerdos</p>	<p>Se puede evaluar un gran número de forrajes.</p> <p>Los animales pueden ser aislados del hato facilitando su manejo.</p> <p>Puede realizarse bajo condiciones de campo.</p> <p>No requiere mucha ayuda.</p> <p>La forma más ideal para el balanceo de raciones.</p>	<p>Su costo elevado limita su uso.</p> <p>Requiere personal capacitado.</p> <p>La incubación de varias muestras puede causar confusiones.</p> <p>Las muestras mal sujetadas pueden caer al fondo del rumen debido a movimientos violentos.</p>
<b>IN VITRO</b>	<p>Rumen artificial montado sobre un laboratorio.</p> <p>Digestor.</p> <p>Diversos materiales de laboratorio.</p>	<p>Puede realizarse en la mayoría de las especies animales.</p>	<p>No requiere manejo de animales vivos.</p> <p>Todos los pasos se llevan a cabo en el laboratorio.</p> <p>No requiere mucho espacio.</p> <p>El trabajo lo puede realizar una sola persona.</p>	<p>Costo elevado que limita su uso.</p> <p>Requiere personal capacitado.</p> <p>Requiere material de laboratorio.</p> <p>Los resultados pueden ser variables e incluso confusos.</p>

				Manejo de bacterias ruminales.
<b>IN VIVO</b>	Material quirúrgico	<p>Bovinos</p> <p>Ovinos</p> <p>Cerdos</p> <p>Las especies pueden ser limitadas dependiendo del animal que se trate.</p>	<p>Digestibilidad parcial en diferentes segmentos del aparato digestivo.</p> <p>Pueden evaluarse un gran número de forrajes.</p> <p>Sus resultados son aún más precisos.</p>	<p>Las cirugías son aún más costosas por su localización.</p> <p>Requiere mayor número de personal capacitado.</p> <p>Representa un rango de error más elevado.</p>

## LITERATURA CITADA

- Aguilar, M.M.A., 1997. Validación de la *Kochia scoparia* como fuente de forraje. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N.U.L. Torreón, Coah. Mex.
- Anónimo, 2002. [www.qro.itesm.mx/agronomia2/granosyforrajes/maísgeneralidades.html](http://www.qro.itesm.mx/agronomia2/granosyforrajes/maísgeneralidades.html)
- Beauchemin, H. S/F. Dairy research result. Fram of agriculture and agri-food. Canada Research Centre, Lethbridge. Hullless Barley Production responses, digestibility and processing.
- Church y Pond, 1998. Fundamentos de nutrición y alimentación de los animales: El aparato digestivo y la nutrición. Ed Limusa, México. Pp.31-48.
- Farm Seed, 2001a. Definition of Terms & Digestibility Testing Techniques [www.agwayfarmseed.com/definition.html](http://www.agwayfarmseed.com/definition.html)
- Farm Seed, 2001b. Digestibility Evaluation Program. [www.agwayfarmseed.com/evalprogram.html](http://www.agwayfarmseed.com/evalprogram.html)
- FEDNA. 1999. Alimentación a base de soya para el ganado. LIMUSA. México
- Garciaarena, A.D., 2000. Subproductos en la alimentación de rumiantes. I.N.T.A. E.E.A. Concepción de Uruguay [www.concordia.com.ar/aianer/ganado/ganaderia5htm](http://www.concordia.com.ar/aianer/ganado/ganaderia5htm)
- Hernández, B.J.D., 1998. Los problemas nutricionales y su influencia en la reproducción del ganado lechero de la comarca lagunera. Memorias VI Seminario de Actualización en Nutrición Animal. U.A.A.A.N., Pp.43-49.
- ITESM, 2000a. Granos y Forrajes [www.qro.itesm.mx/agronomia2/granos\\_y\\_forrajes/cebada\\_generalidades.html](http://www.qro.itesm.mx/agronomia2/granos_y_forrajes/cebada_generalidades.html)
- ITESM, 2000b. Granos y Forrajes [www.qro.itesm.mx/agronomia2/granos\\_y\\_forrajes/sorgo\\_otros\\_datos.html](http://www.qro.itesm.mx/agronomia2/granos_y_forrajes/sorgo_otros_datos.html)
- Jáuregui, M.J.N., 1994. Degradabilidad de la materia seca de diversos granos sometidos a humedecimiento. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.-U.L. Torreón, Coah, Mex.

- Martínez, M.M.E., 1995. Degradabilidad *in situ* de la materia seca de pastas proteicas. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N.-U.L. Torreón, Coah, Mex.
- Muslera, P.E. y Ratera, G.C., 1991. Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. 2ª.ed. Ediciones mundi-prensa. España. Pp. 424.
- National Renderers Association. E.U.A., 1996. Subproductos de Origen Animal Para Ganado Lechero.
- Orskov, J. 1995. Digestibility of forages and grains. University of Washington, Press. U.S.A.
- Pérez, M.J.N., 1994. Degradabilidad de la materia seca de diversos granos sometidos a humedecimiento. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N.-U.L. Torreón, Coah, Mex.
- Robles, S.R., 1990. Producción de granos y forrajes. Ed. Limusa, México, 5ª.ed., Pp.17-33 y 152-305.
- Schneider, B.H. y Flatt, P.W., 1975. Estimating Feed Samples Without animals. The evaluation of Feeds Through Digestibility Experiments. University of Georgia Press. U.S.A.
- Scolljegerdes, E.J. 2002. A comparison of techniques for estimating forage digestion. University of Wyoming. Annual Animal Science Research Report.
- The Cow (a living machine), S/F. [lib.benjerry.com/production/cow.html](http://lib.benjerry.com/production/cow.html)
- The Farm, S/F. Anatomy of the Dairy Cow. [www.lait.org/en/zone2/sacree-vache/anatomie.asp](http://www.lait.org/en/zone2/sacree-vache/anatomie.asp)
- University of Minnesota, S/F. Ruminant Anatomy and Physiology. [www.extension.umn.edu/distribution/livestocksystems/components/DIO469-02.html](http://www.extension.umn.edu/distribution/livestocksystems/components/DIO469-02.html)
- Velasco, L.J.E., 1997. Impacto de la degradabilidad de alimentos proteicos utilizados en la alimentación de ganado lechero. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N.-U.L. Torreón, Coah, Mex.
- Wattiaux, M.A., S/F. Nutrition and Feeding. Protein Metabolism in Dairy Cows. Babcock Institute. University of Wisconsin Madison.