



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y
NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

TESINA PRESENTADA PARA OBTENER EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADA EN QUÍMICA

*“VALORACIÓN NUTRITIVA DE LOS ALIMENTOS: IMPORTANCIA DE LA
FIBRA EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL”*

JESICA NOELIA MARUELLI

DIRECTORA

Mg. SILVIA HAYDÉE PATTACINI

CO-DIRECTORA

LIC. GLADIS ESTER SCOLES

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2017

PREFACIO

Esta tesina es presentada como parte de los requisitos para optar el grado académico de Licenciada en Química de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta universidad ni en otra institución académica. Se llevó a cabo en el Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, bajo la dirección de la Mg. Silvia Haydeé Pattacini y la codirección de la Lic. Gladis Ester Scoles.

Jesica Noelia MARUELLI

Departamento de Química

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

RESUMEN

Un componente esencial a considerar en la alimentación de animales es la presencia de fibra en los alimentos, es la fracción que incluye todas las sustancias que forman las paredes celulares. La composición principal es celulosa, hemicelulosa, pectina, lignina, nitrógeno lignificado, cutina y sílica.

El aporte de fibra es un aspecto clave en la formulación de raciones alimentarias, siendo indispensable para cubrir las necesidades de los animales y rentabilizar la explotación. Su cuantificación en el alimento no es tarea fácil y su efecto sobre los diferentes parámetros productivos dependerá del nivel y fuente de fibra, de su procedencia y procesamiento al que se sometió, adaptación y características del animal

El objetivo de este trabajo fue analizar la composición química de alimentos para animales y la importancia del contenido en fibras. Para ello se realizaron los siguientes ensayos químicos: materia seca, humedad, cenizas, proteínas, Ca, Mg, P, extracto etéreo y fibra bruta (FDN y FDA). Los parámetros nutricionales obtenidos de las muestras analizadas fueron comparados con los datos de composición centesimal de insumos de las tablas de alimentos FEDNA 2010.

Como conclusión se sugiere que a la hora de formular una ración y sabiendo que la alimentación del animal representa un gran costo, debe llevarse a cabo un estudio detallado sobre las condiciones de producción, para lograr un correcto suministro de nutrientes, los cuales pueden modificarse con el correr del tiempo como así también tener en cuenta que los animales cuenten con un buen ambiente, sanidad y alimentación óptima para que las producciones sean beneficiosas.

ABSTRACT

An essential component to consider in animal feeding is the presence of fiber in food, which is the fraction that includes all the substances that form the cell walls. The main composition is cellulose, hemicellulose, pectin, lignin, lignified nitrogen, cutin and silica.

The contribution of fiber is a key aspect in the formulation of food rations, being indispensable to cover the needs of the animals and to make exploitation profitable. Its quantification in the food is not an easy task and its effect on the different productive parameters will depend on the level and source of fiber, its origin and processing to which it was subjected, the adaptation and characteristics of the animal.

The objective of this work was to analyze the chemical composition of animal food and the importance of the fiber content. With that purpose, the following chemical tests were carried out: dry matter, moisture, ash, protein, Ca, Mg, P, ethereal extract and crude fiber (FDN and FDA). The nutritional parameters obtained from the analyzed samples were compared with the data of centesimal composition of food input charts FEDNA 2010.

As a conclusion, it is suggested that a detailed study on the conditions of production should be carried out when formulating a ration, due to the fact that feeding the animal represents a great cost, considering that a correct supply of nutrients must be achieved, which can be modified over time, as well as keeping in mind that the animals should have a good environment, sanitation and optimal food for the production to be profitable.

INDICE	Página
1. CAPÍTULO1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Alimentación animal.....	1
1.1.1 Clasificación de los alimentos.....	1
1.2 Composición química de los alimentos.....	3
1.2.1 Química de la fibra.....	5
1.3 Componentes de la fibra.....	7
1.3.1 Celulosa.....	7
1.3.2 Hemicelulosa.....	8
1.3.3 Pectinas.....	9
1.3.4 β - glucanos.....	10
1.3.5 Lignina.....	10
1.3.6 Ácidos fenólicos.....	11
1.3.7 Almidón resistente.....	11
1.3.8 Aditivos fibrosos alimenticios.....	12
1.3.9 Oligosacáridos no digestibles.....	12
1.4 Formas de expresar el contenido de fibras de forrajes y alimentos	12
1.4.1 Fibra detergente ácida (FDA).....	13
1.4.2 Fibra detergente neutra (FDN).....	13
1.4.3 Lignina detergente ácido (LDA).....	13
1.5 Inclusión de fibra y digestibilidad según la especie animal.....	15
1.5.1 Especies monogástricos.....	16
1.5.2 Especies Poligástricas	18
1.6 Efectos de la inclusión de fibras: requerimientos adecuados.....	19
1.7 Características de las muestras analizadas y utilizadas para la alimentación....	21
1.7.1 Maíz Extruido.....	21
1.7.2 Pellet de Soja.....	22
1.7.3 Extrusado de Soja.....	22
1.7.4 Alfalfa deshidratada	23
1.7.5 Ensilado de sorgo	23

1.7.6	Ensilado de maíz	24
1.7.7	Ensilado de trigo	24
1.7.8	Silo alfalfa.....	25
1.7.9	Avena.....	26
1.7.10	Expeller de girasol.....	26
1.7.11	Rye GrassVerde.....	27
2.	CAPÍTULO 2: OBJETIVOS.....	28
3.	CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1	Preparación de las muestras.....	29
3.2	Análisis de las muestras	29
3.2.1	Materia Seca MS: (Humedad)	29
3.2.2	Cenizas.....	30
3.2.3	Proteína bruta.....	30
3.2.4	Extracto etéreo.....	31
3.2.5	Determinación de Fibra Bruta.....	31
3.2.6	Determinación de Fibra neutro detergente (FDN).....	31
3.2.7	Determinación de Fibra Ácido detergente (FDA).....	33
3.2.8	Determinación de calcio, magnesio y fósforo.....	35
3.2.8.1	Determinación de Calcio con EDTA.....	35
3.2.8.2	Determinación de Calcio y Magnesio con EDTA.....	35
3.2.8.3	Determinación de Fósforo.....	36
3.2.8.4	Preparación de Curva de calibrado.....	36
4.	CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
5.	CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES.....	42
6.	CAPÍTULO 6: BIBLIOGRAFÍA.....	43

CAPITULO 1: INTRODUCCION

1.1 Alimentación Animal

La alimentación es uno de los pilares básicos en la productividad y rentabilidad de los sistemas ganaderos. El uso adecuado de materias primas en alimentación animal, reduce la competitividad con la alimentación humana y preserva el ambiente, constituye un reto para los nutricionistas, pequeños y medianos productores en la búsqueda de soluciones para lograr sistemas avícolas, porcinos y cunículas ecológicamente sostenibles y eficientes (Montilla *et al.*, 1994).

Los alimentos ingeridos por los animales son mezclas homogéneas de varios ingredientes nutricionales, formulados en cantidades adecuadas, procesados mediante la digestión y asimilados, aportando los nutrientes necesarios para el organismo, asegurando el crecimiento, la reproducción y las funciones fisiológicas y bioquímicas inherentes a su propia vida.

Aunque cada animal utiliza de forma distinta los alimentos, para todos y en general se puede hacer una clasificación básica fundamentada en el contenido de nutrientes por unidad de peso, a modo de densidad nutritiva, muy relacionada con la composición química y con la fracción de nutrientes que predomine sobre otros.

1.1.1 Clasificación de los alimentos:

Alimentos de volumen o groseros: ocupan mucho volumen y tienen relativamente poco valor nutritivo. Entre ellos se distinguen:

- Alimentos Fibrosos, con alto contenido en fibra que sólo puede ser aprovechada por los rumiantes, se destacan diversos forrajes dependiendo de su conservación:

Forrajes verdes: todas las partes verdes y fibrosas de las plantas que son muy apetecibles por los animales, tiene alto contenido de humedad, y en sus estados más tiernos pueden llegar a tener muy bajos contenidos de FB.

Ensilados: son forrajes verdes conservados por acidificación láctica, se almacenan en grandes cantidades para ser usados en épocas de escasez, menor valor nutritivo y contenido de humedad respecto a los forrajes verdes.

Henos: fácil conservación, desecación al sol, almacenamiento en forma de fardos, y pérdidas de valor nutritivo mayores respecto a los procesos anteriores.

Subproductos Fibrosos: residuos derivados de otras actividades principales. Entre ellos se destacan, pajas, orujos, gallinaza.

- Alimentos groseros succulentos: alto contenido en humedad (más del 80%) pero bajo contenido en fibra, tienen una cantidad de energía similar a los alimentos concentrados, su contenido de materia seca (MS) y FB es bajo. Los animales necesitan ingerir gran cantidad de dichos alimentos para saciar su apetito. Es el grupo de raíces, tubérculos, gramíneas y leguminosas.

Alimentos concentrados: tienen gran cantidad de elementos nutritivos en relación a su peso, incluyen granos de cereales y sus harinas (maíz, trigo, cebada, avena, etc.), los granos de leguminosas, tortas o harinas de oleaginosas (soja, girasol, etc.) y todos los alimentos compuestos. Estos se utilizan de forma común en el racionamiento de animales monogástricos (cerdos), y para complementar las dietas forrajeras de rumiantes altamente productores (vacas de tambo). Tienen bajo contenido en humedad, muy bajo contenido de FB respecto a los groseros y se conservan bastante bien (Caravaca *et al.*, 1993).

- Alimentos energéticos: la cantidad de energía que aportan es comparativamente mayor que la cantidad de proteína.
- Alimentos proteicos: la fracción de proteína predomina sobre la fracción energética.
- Alimentos equilibrados: compuestos destinados a la producción, diseñados para los requerimientos del animal. Para rumiantes se necesita agregar una base forrajera.
- Alimentos minerales y correctores: no contienen energía pero aportan los nutrientes necesarios para equilibrar los minerales en las distintas dietas del ganado.

A la hora de clasificar cualquier alimento sería necesario considerar su valor energético.

1.2 Composición química de los alimentos

Los alimentos en general, salvo los alimentos minerales y el agua, son compuestos orgánicos cuya base es la combinación de cuatro elementos principales: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, con otros elementos que se encuentran en menor proporción P, S, Cl, Ca, Na, Mg, K. Además existen otros elementos que figuran en cantidades mínimas pero no menos indispensables para el metabolismo nutricional: Fe, Mn, Co, etc. Todos estos aparecen agrupados en combinaciones químicas que dan la naturaleza fundamental a los alimentos (Caravaca *et al.*, 1993).

Componentes de los alimentos:

- **Agua:** la humedad indica el contenido de agua de un alimento. El peso de un alimento tiene poco significado si no se toma en consideración el contenido de agua. Es imprescindible para todos los procesos y reacciones químicas que se realizan dentro de la célula así como componente estructural de las mismas, para la eliminación de sustancias de desecho y para la regulación de la temperatura. Lo que queda después de extraer el agua es la materia seca (MS), un factor importante que determina el grado de conservación de un alimento desecado.
- **Minerales**
Fundamentalmente se presentan en forma de sales tanto orgánicas como inorgánicas y representan una fracción que va desde el 1,5 al 5% de la composición química de los alimentos que se utilizan normalmente. Todo lo que sea un porcentaje mayor de esta cifra significará una pérdida del valor nutritivo. Los animales los utilizan básicamente como componentes principales de los tejidos de sostén (huesos) y como electrolitos del metabolismo celular.
- **Ceniza:** es el residuo inorgánico después de la calcinación de un alimento a 550°C. Corresponde al contenido mineral total. El valor de ceniza se utiliza para determinar, por diferencia, la materia orgánica (MO) contenida en un alimento. La

materia orgánica de un forraje es la fracción que queda de eliminar el agua y la ceniza.

- **Proteínas:** son los componentes plásticos de los tejidos animales. Forman los músculos y estructuras complementarias (piel, pelo, pezuñas, etc.) de los mismos y son un ingrediente importante de algunos alimentos. Están formadas por largas cadenas de elementos más simples, los aminoácidos, y una decena de ellos denominados esenciales, imprescindibles para la síntesis de proteínas. El mayor porcentaje de la fracción nitrogenada de los alimentos lo forman las proteínas. A los compuestos nitrogenados que no son proteínas, se los denomina Nitrógeno no Proteico. En los forrajes el contenido proteico de un alimento es una medida indirecta de sus nutrientes digestibles.
- **Lípidos:** sustancias insolubles en agua y solubles en disolventes no polares (éter o alcoholes). Están formados por C, H y O, como los glúcidos, pero en distinta combinación. Son sustancias de reserva energética, pero de una capacidad de energía tres veces superior a los glúcidos. Además tienen una función estructural al depositarse entre los diferentes tejidos y órganos.

Un alimento que posee un alto porcentaje de grasa puede tener problemas de enranciamiento, produciendo mal olor y afectando la palatabilidad del mismo.

- **Hidratos de carbono:** Su verdadero nombre es el de glúcidos, pero se utiliza la nomenclatura anterior por tradición. Son combinaciones de tres elementos: C, H y O. Cuando forman estructuras complejas la hidrólisis de los mismos da lugar a azúcares simples. Constituyen la mayor parte de la materia orgánica de la tierra y son el componente estructural de los vegetales, actúan como almacenes de energía, combustibles e intermediarios metabólicos.

Básicamente se distinguen los hidratos de carbono solubles que son los monosacáridos o azúcares simples y los polisacáridos como el almidón, que es el almacén de glucosa de los vegetales. Otros hidratos de carbono denominados insolubles engloban a la celulosa y la hemicelulosa que son componentes estructurales de los tejidos vegetales. El almidón es el principal componente de los granos. Está formado por la amilosa (soluble en agua y degradada por las enzimas en el rumen) y la amilopectina

(insoluble en agua y resiste el ataque enzimático). Los azúcares se encuentran en los forrajes en bajas concentraciones, son solubles en agua y completamente digeridos en el rumen.

Los carbohidratos de los ingredientes de origen vegetal se dividen en dos fracciones.

Los componentes del **contenido celular**, desde el punto de vista analítico, son: almidón, disacáridos, y otros azúcares, oligosacáridos, polisacáridos fructanos y almidón resistente.

La **pared celular**, por otro lado está conformada por los β -glucanos, gomas, lignina, compuestos fenólicos y componentes potencialmente digestibles como hemicelulosa, celulosa y pectinas, también denominados carbohidratos estructurales.

Los componentes tanto del contenido celular como de la pared celular, pueden ser considerados en diferentes grupos, que luego pueden ser denominados con otro nombre, por ejemplo el almidón y otros azúcares toman el nombre de carbohidratos no estructurales.

- **Fibra:** desde el punto de vista nutricional es una fracción heterogénea cuyos componentes son resistentes a la actividad enzimática del tracto gastrointestinal. Entre ellos se destacan cinco componentes mayoritarios: los polisacáridos estructurales que constituyen las paredes celulares de los vegetales que son los homopolisacáridos (celulosa) y los heteropolisacáridos (hemicelulosa y pectina) que forman los carbohidratos insolubles llamados polisacáridos no almidones, las gomas (polisacáridos de reserva) y la lignina, compuesto fenólico que une los grupos anteriores. También se hallan presente en pequeñas cantidades, proteínas, polifenoles, ácido fítico y almidón resistente (Periago *et al.* 1993 y Polty 1996).

La fibra no es una simple suma de compuestos aislados, sino que es una unidad biológica. Según el tipo de planta o alimento variará la presencia o proporción en que éstos se combinan entre sí con sus propiedades intrínsecas que a la vez influirán de manera importante en la fisiología digestiva de los animales.

1.2.1 Química de la fibra

La fibra se encuentra principalmente en la pared celular de las plantas (figura 1), la cual consiste en una serie de polisacáridos a menudo asociados y/o sustituidos con proteínas y compuestos fenólicos, y en algunas células con el polímero fenólico lignina.

Los constituyentes de los polisacáridos de la pared celular son las pentosas, arabinosa y xilosa, las hexosas, glucosa, galactosa, manosa, ramnosa, fucosa y los ácidos urónicos, glucurónico y galacturónico. Aunque los polisacáridos de la pared celular se constituyen a partir de diez monosacáridos comunes, cada uno de estos puede existir en forma de dos anillos (piranosa, furanosa) y estos residuos pueden estar unidos a través de enlaces glicosídicos en cualquiera de sus 3, 4 o 5 grupos hidroxilos disponibles y en dos orientaciones (α o β). Como resultado los polisacáridos de la pared celular pueden adoptar un gran número de formas tridimensionales y por tanto ofrecer un amplio entramado de superficies funcionales. Los polisacáridos no amiláceos (NSP) pueden estar unidos a lignina y suberina, lo que proporciona superficies hidrofóbicas y cohesiona las paredes previniendo así su degradación bioquímica. Además, los grupos con cargas eléctricas situados sobre los polisacáridos (el grupo ácido de los ácidos urónicos) pueden afectar sus propiedades iónicas (McDougall *et al.*, 1996).

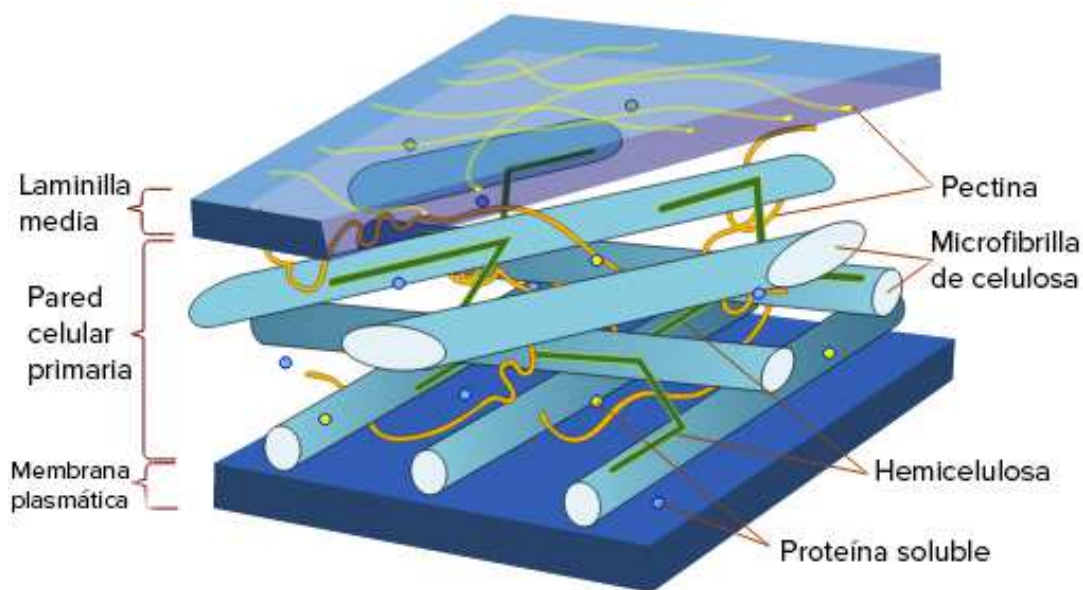


Figura 1: Modelo tridimensional de la pared celular de las plantas. McDougall *et al.*, 1996

La fibra es un componente esencial a considerar en alimentos para animales, la cual es importante tanto desde el punto de vista físico como químico.

1.3 Componentes de la fibra

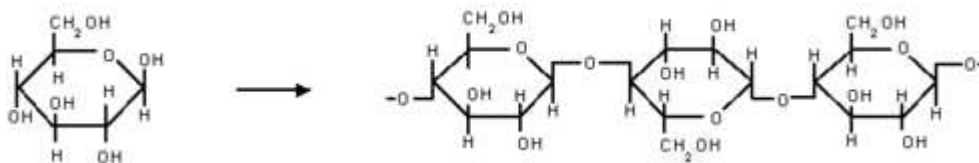
La pared de las células vegetales es gruesa, rígida y a modo de caja, es más bien porosa, protege a la membrana celular de la ruptura mecánica u osmótica, fija firmemente la posición de las células y confiere forma física y fortaleza en el tejido vegetal.

La fibra soluble engloba distintos compuestos químicos con efectos muy variados sobre el animal, por lo que se recomienda analizar siempre cada uno de sus componentes y considerar su interacción con la especie animal, la edad, y demás ingredientes de la ración, así como tener en cuenta sus características más relevantes como su grado de fermentabilidad de acuerdo a la flora microbiana, y su capacidad de incrementar la viscosidad de la digestión intestinal.

Los principales componentes de la fibra o pared celular son:

1.3.1 Celulosa

Van Soest, 1982, manifiesta que es el constituyente principal de los vegetales, está presente en mayor cantidad que la hemicelulosa de la que no es precursor ni derivado. Su unidad básica estructural es la celobiosa. Es un material fibroso insoluble que no se digiere fácilmente por acción de las enzimas y está formada por residuos lineales de glucosa unidos mediante enlaces glucósidos de tipo β (1,4), (figura2).



Glucosa : $C_6H_{12}O_6$

Celulosa: $(C_6H_{10}O_5)_n$ n: minimo 200

Figura 2: estructura y fórmula química de la glucosa y celulosa.

Los grupos OH son muy regulares, lo que origina entrecruzamientos que dan lugar a una cristalinidad del 70% que puede reducirse con calor húmedo. Químicamente es el β -1,4-glucano, pero en algunos alimentos existen isómeros intermedios como el almidón soluble con el β -1,3-glucano, cuyo conocimiento es importante para monogástricos.

Representa el 60% de los carbohidratos y su digestibilidad puede alcanzar al 90% en rumiantes. La celulosa puede estar unida con la lignina pero, si el grado de unión es alto, la misma será menos digerible.

1.3.2 Hemicelulosa

Engloba un grupo de polisacáridos entre ellos están: xilanos, glucomananos, mananos y galactomananos, glucoromananos, siloglucanos entre otros, solubles en soluciones básicas y capaces de unirse a la celulosa a través de puentes de hidrogeno.

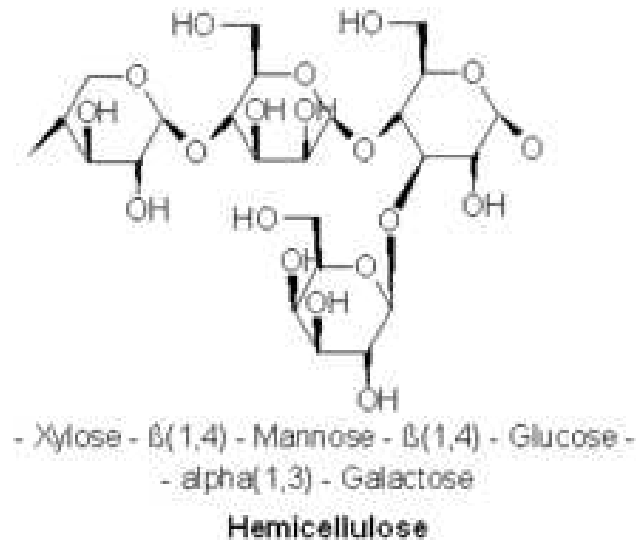


Figura 3: estructura de Hemicelulosa.

La unidad básica estructural de la molécula de hemicelulosa (figura 3), en los forrajes es la xilosa en otros alimentos puede ser la manosa o la galactosa (figura 4), (Van Soest, 1982). Representa el 40% de los carbohidratos totales. Su digestibilidad varía del 50 al 90%. En los monogástricos, la hemicelulosa suele ser más digerible que la celulosa, pero en los rumiantes ocurre a la inversa. Cumple la función de aglutinar las fibras cristalinas de celulosa, dando consistencia a la pared.

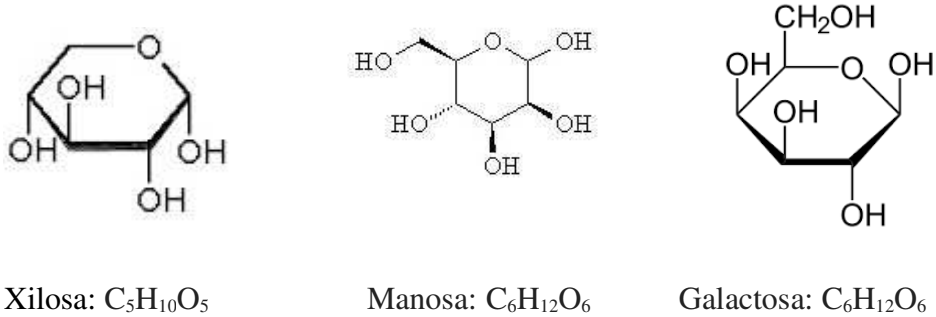


Figura 4: estructuras y fórmulas químicas de la xilosa, manosa y galactosa.

La celulosa y la hemicelulosa solo son digeridas por los procesos de fermentación microbiana, donde la población de bacterias, protozoarios y hongos producen enzimas que son capaces de romper los carbohidratos complejos de la pared en moléculas más pequeñas, las cuales son disponibles para el animal, primero como glucosa y luego como ácidos grasos volátiles. Estos ácidos aportan la mayor parte de la energía que requiere un animal rumiante.

1.3.3 Pectinas

Son ácidos urónicos, la unión entre los polisacáridos que integran las pectinas son de tipo α como la del almidón y por lo tanto son casi totalmente degradadas en el rumen. Las pectinas se digieren más rápidamente que la celulosa o la hemicelulosa, pero a diferencia de lo que ocurre con la rápida fermentación del almidón, la fermentación de las pectinas no disminuye el pH ruminal, básicamente porque las bacterias que degradan las pectinas son sensibles a pH ácidos, debe considerarse que la suplementación de pectinas en las raciones de rumiantes se considera una práctica segura para aportar energía (Marounek *et al.*, 1985).

Representa menos del 10% de los constituyentes de la pared celular. Es 100% digestible. Las pectinas (figura 5), tienen un papel esencial en la estabilidad de la pared al actuar como material aglutinador de las fibras de celulosa por su capacidad de formar geles en determinadas circunstancias.

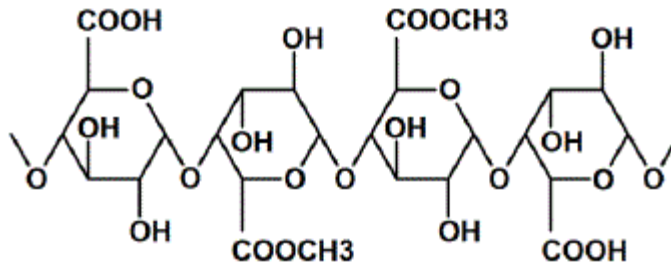


Figura 5: estructura de pectinas.

1.3.4 β - glucanos

Son polisacáridos de glucosa unidos mediante enlaces β , como la celulosa pero que son fermentados rápidamente en el rumen. Se encuentran en gramíneas y en la fibra de los granos de cereal.

1.3.5 Lignina

Este compuesto no es un carbohidrato pero por su vinculación desde el punto de vista estructural, de la planta con la celulosa y la hemicelulosa y su influencia en las funciones fisiológicas hacemos mención de ella. Es una sustancia amorfa, no bien definida químicamente originada por la polimeración tridimensional de diversos compuestos como el ácido fenólico p-cumárico y el ácido difenílico metaxilados.

La lignina ejerce un efecto negativo directo sobre la digestión total y efecto indirecto de impedimentos físicos que limitan el acceso de las bacterias a las zonas degradables de la fibra. La concentración depende de la especie de forraje y del estado vegetativo, mayor madurez más lignina.

Es el soporte estructural de la pared celular de las plantas, contiene uniones química resistentes al ataque de las bacterias del rumen. Esta es la causa por la que la lignina es el factor principal que influye negativamente sobre la digestibilidad.

1.3.6 Ácidos fenólicos

Los ácidos fenólicos (ferúlico y cumárico, figura 6) inicialmente habían sido considerados tóxicos para las bacterias rumiantes (Akin, 1982), pero más tarde se demostró que las bacterias pueden degradar estos ácidos (Deetz *et al.*, 1993). La concentración de los ácidos fenólicos esta negativamente correlacionada con la degradación de la fibra en el rumen. La mayoría del ácido cumárico está unido a la lignina. Los ácidos ferúlicos disminuyen el ritmo de digestión de la fibra, mientras que el ácido cumárico disminuye la digestión total debido a una limitación física del acceso microbiano a la fibra.

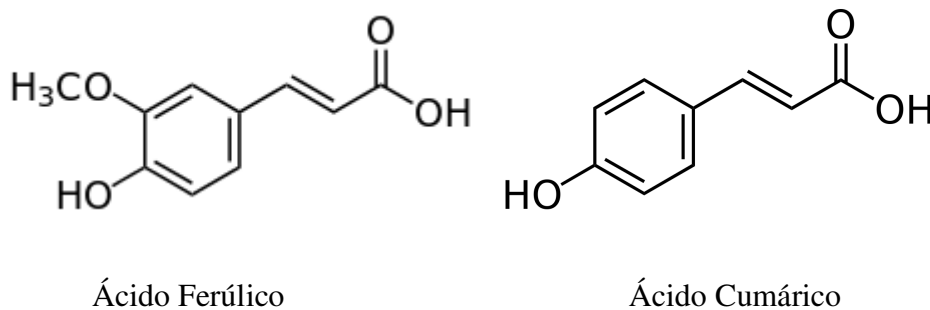


Figura 6: estructuras de los ácidos, Ferúlico y Cumárico.

1.3.7 Almidón resistente

El almidón nativo es un material sintetizado en forma de gránulos esféricos en muchos tejidos de especies vegetales importantes en la nutrición porcina (Bach Knudsen, 1997). El almidón consiste en polímeros con uniones α -glucosidas en forma de amilosa y amilopectina. Aunque todo el almidón puede ser digerido potencialmente por la α -amilasa y las enzimas de la mucosa intestinal, una cierta proporción de almidón resiste la digestión enzimática en el intestino delgado, bien por estar encapsulado dentro de la matriz de la célula, por estar presentes en gránulos de almidón resistentes o por estar en forma retrograda o químicamente modificada.

1.3.8 Aditivos fibrosos alimenticios

Son diferentes tipos de polisacáridos purificados solubles, viscosos y no viscosos, entre ellos encontramos pectinas, inulinas, goma arábica, así como carboximetilcelulosa y polisacáridos insolubles como la celulosa. El uso de estos es limitado, frecuentemente se utilizan como aditivos alimenticios en estudios para porcinos.

1.3.9 Oligosacáridos no digestibles

Están presentes en forma natural en alimentos ricos en proteínas. Entre ellos se encuentran los α -galactósidos o fructooligosacáridos tales como los fructanos. Estos pueden ser incorporados en alimentos de cerdos en forma de aislados de fructooligosacáridos, producidos a partir de la inulina parcialmente hidrolizada o en forma de productos sintetizados enzimáticamente, tales como los transgalactooligosacáridos o xylo-oligosacáridos (Flickinger *et al.*, 2003).

Los fructanos son parte de los polisacáridos de reserva presentes en algunas especies vegetales. Si bien no son componentes de la pared vegetal. Al no degradarse en el intestino delgado, justifica su inclusión dentro de la fracción fibrosa.

1.4 Formas de expresar el contenido de fibras de forrajes y alimentos

Los carbohidratos presentes en la materia seca del alimento se dividen en dos fracciones, una es más insoluble y de más lenta digestión que la otra. La fibra dietaria total del alimento está conformada por todos los componentes de la pared celular más la fracción de almidón resistente. Dentro de la fibra total debemos considerar dos fracciones, la fracción fibra detergente neutra (FDN), conformada por la hemicelulosa, celulosa y lignina. Dentro de estos tres, los monogástricos, en alguna medida pueden utilizar la hemicelulosa. Por otro lado, la fracción fibra detergente ácida (FDA) está conformada por la celulosa y la lignina, y estos son los dos componentes que los monogástricos no pueden utilizarlos dado que no cuentan con las enzimas específicas para su digestión. Para cuantificar las fracciones de la pared celular de importancia

nutricional frecuentemente se utiliza la metodología desarrollada por Van Soest y Robertson (1985). Este método de fraccionamiento involucra la utilización de sustancias detergentes y en la actualidad se considera la mejor metodología para cuantificar las fibras y sus componentes (Sniffen, 1992).

1.4.1 Fibra detergente ácida (FDA)

La fibra detergente ácida permite determinar la lignocelulosa en los alimentos. Sin embargo en esta fracción también aparece la sílice. La diferencia entre el valor de la pared celular de la FDA da una estimación del valor de la hemicelulosa, ya que esta diferencia también incluye una fracción de proteína adherida a las paredes celulares. Esta fracción se correlaciona negativamente con la digestibilidad de los alimentos y por consiguiente con su aporte de energía (Harris, 1993).

El método de fibra por ácido detergente también se emplea como paso preliminar en la determinación de lignina (Van Soest, 1982).

1.4.2 Fibra detergente neutro (FDN)

La FDN ofrece una estimación más precisa del total de fibra o pared celular en el alimento (Wattiaux, 1996). Es una medida de la celulosa, hemicelulosa, lignina, cutina y sílica (Grant, 1991). De las diferentes fracciones de los alimentos y forrajes, la FDN es la que mide mejor la capacidad de los mismos de ocupar volumen en el tracto gastrointestinal, por lo que generalmente se asocia con el llenado físico del animal o sea con su capacidad de consumo de materia seca (MS) (Harris, 1993; Chalupa *et al.*, 1996).

1.4.3 Lignina detergente ácido (LDA)

Según Van Soest, (1982), el residuo de la fibra ácida detergente consiste principalmente de lignocelulosa cuyo compuesto se disuelve y separa de la celulosa por medio de una solución de ácido sulfúrico quedando la lignina y la ceniza no soluble en ácido. También la cutina contenida en cantidades apreciables en ciertas muestras se considera como lignina.

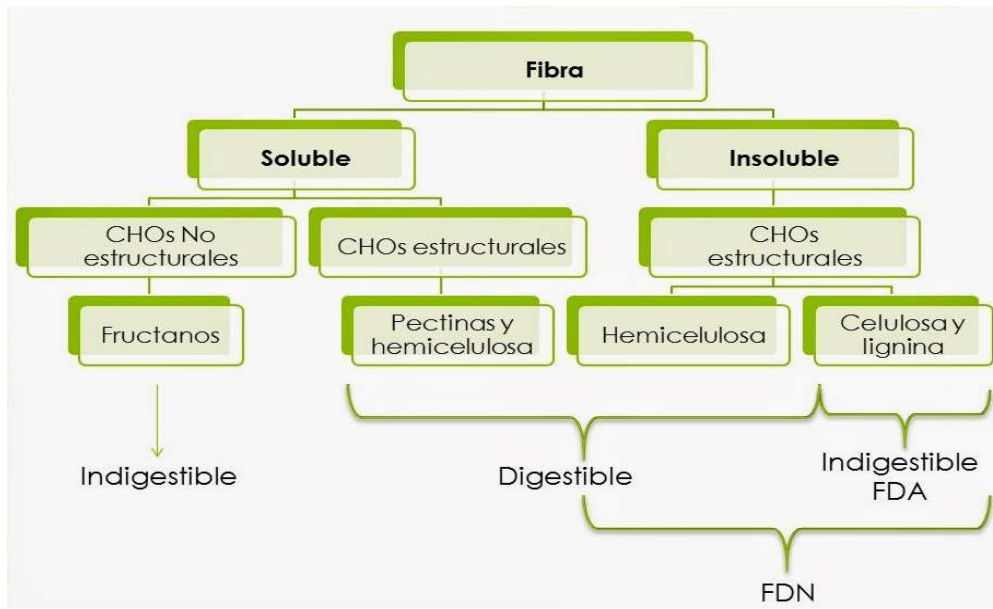


Figura 7: Clasificación de la fibra por su solubilidad en agua y luego por su digestibilidad.
Fuente: www.cuniculturaperu.com

El aporte de fibra es un aspecto clave en la formulación de raciones alimentarias, siendo indispensable para cubrir las necesidades de los animales y rentabilizar la explotación. Su calidad se modifica considerablemente por sus propiedades físicas, las que pueden ser independientes de su composición química. Factores como el tamaño de partículas, el volumen, la solubilidad y las propiedades de superficie, así como la capacidad de adsorción de agua, capacidad tampón, capacidad de intercambio catiónico, viscosidad y la fermentabilidad, pueden influir en procesos biológicos como el consumo y digestión de nutrientes (Casper, 2001).

Las características físicas de la fibra vienen determinadas por su tamaño. Poppi *et al.*, 1985 sugirieron que las partículas de tamaño inferior a 1,18 mm abandonaban el rumen a un ritmo más elevado que aquéllas de tamaño superior. Martens, 1997, concluyó que para mantener el pH por encima de 6 era necesario aportar un porcentaje de MS en forma de fibra físicamente efectiva, la cual mide la capacidad de un ingrediente para estimular la secreción salivar y aumentar el pH ruminal, siendo un porcentaje de la saliva representante del poder tampón del rumen (Allen, 1997).

Las propiedades de capacidad de hidratación y viscosidad están relacionadas con el tipo de polímeros que constituyen la pared y con sus asociaciones intermoleculares (Mc Dougall *et al.*, 1996). La hidratación incluye la capacidad para hincharse, solubilidad, capacidad de retención de agua y capacidad para unirse con las moléculas de agua, reflejando la habilidad de una fuente de fibra para inmovilizar agua dentro de la matriz. La solubilización no es posible en el caso de polisacáridos que adoptan estructuras regulares y ordenadas, puesto que éstas incrementan las fuerzas de los enlaces no covalentes, lo que estabiliza la conformación ordenada, ocurriendo así el hinchamiento de la fibra (Thibault *et al.*, 1992).

La mayor parte de los polisacáridos dan lugar a soluciones viscosas cuando se disuelven en agua (Morris, 1992). La viscosidad depende de la estructura primaria, del peso molecular del polímero y de su concentración. Moléculas grandes incrementan la viscosidad de las soluciones diluidas y su habilidad para hacerlo depende primeramente del volumen que ocupan. Aunque varios polisacáridos son solubles por sus características analíticas, su solubilidad *in vivo* puede estar reducida dentro de la matriz de los alimentos, lo que limita su capacidad de elevar la viscosidad.

El conocimiento de las propiedades físico químicas de la fibra y sus implicancias en la fisiología digestiva de los animales permite optimizar su utilización y determinar a través de las diferentes propiedades de sus componentes solubles e insolubles varios efectos fisiológicos a lo largo del tracto gastrointestinal, siempre dependiendo de la fuente y procedencia de la fibra, procesamiento al que se sometió, adaptación y características del animal. Los efectos fisiológicos más importantes son el efecto en el consumo voluntario, en las secreciones digestivas y absorción en el tránsito intestinal y en el metabolismo lipídico.

1.5 Inclusión de fibra y digestibilidad según la especie animal

Los forrajes incluyen un nivel de fibras en la dieta el cual va a depender de su calidad y de que especie animal se trate, debido a que en las especies poligástricas la digestión es diferente que en un monogástrico, donde la fibra se degrada únicamente en el rumen y las moléculas estructurales de lignina se modifican durante la pre digestión. Además la calidad y cantidad de fibra consumida afectan la capacidad de consumo voluntario y la cantidad de

energía que pueda aportar una ración. De ahí que la fibra tiene implicaciones importantes en las prácticas de alimentación al afectar la salud, la producción, y servir para estimar el contenido de energía de los forrajes y alimentos, así como el consumo voluntario (Weiss 1993a, 1993b).

1.5.1 Especies monogástricas

Los monogástricos cuentan con enzimas específicas para la digestión de la hemicelulosa de la fibra detergente neutra pero no pueden utilizar los componentes, celulosa y lignina, de la fracción fibra detergente ácido. En esta especie la inclusión de niveles adecuados de fibra en las dietas puede ir modificando su valor nutritivo y destacando efectos diferentes en el desarrollo anatómico del tracto intestinal, sobre la velocidad de tránsito digestivo, su capacidad de intercambio iónico, y su potencial como sustrato para la fermentación microbiana. La presencia de fibra incrementa significativamente la velocidad de tránsito del contenido intestinal, sin embargo este efecto está íntimamente relacionado con el tamaño de la partícula fibrosa, de forma tal que el efecto no se manifiesta con fibra de granulometría fina. Así como también la fibra es de importancia en procesos de intercambio iónico para el metabolismo del colesterol y lípidos en general. A su vez la teoría más generalizada es que la lignina es capaz de formar enlaces químicamente irreversibles con los ácidos biliares, impidiendo la reabsorción de estos últimos en el íleon y facilitando su excreción por las heces.

La digestibilidad depende fundamentalmente de su potencial como sustrato fermentativo de diversos microorganismos. El proceso de fermentación de monogástricos tiene lugar en el intestino grueso.

Los animales monogástricos tienen un aparato digestivo similar al de los humanos, con un solo estómago, se alimentan con alimentos concentrados de alta calidad nutritiva para que el animal los aproveche mejor y así pueda satisfacer sus requerimientos nutricionales.

Para monogástricos y no rumiantes, la fibra no es dietéticamente esencial, pero cumple funciones fisiológicas benéficas para el animal. También es de importancia considerar su clasificación de acuerdo a los efectos dinámicos para que se mantengan ciertas condiciones controladas como lo es el pH y enzimas (AACC, 2001).

La fibra insoluble compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina es capaz de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad, acelerando el tránsito intestinal debido a que son pocos fermentables y resisten a la acción de los microorganismos intestinales (Serra *et al.*, 2006).

La fibra soluble, es la fibra hidrosoluble, es decir que en contacto con el agua se disuelve formando un retículo de gran viscosidad (gel). Es muy fermentable por los microorganismos intestinales, lo cual favorece la creación de la flora bacteriana. Los componentes de este tipo de fibra son pectinas, mucilagos y gomas.

Es de importancia para considerar la fibra en dietas consistentes, tener en cuenta que existe una diferencia en la forma de utilización de ellas por parte de animales rumiantes y no rumiantes. En el caso de monogástricos como el cerdo, la fibra no tiene una contribución significativa si no es digerible porque así disminuye la digestibilidad y con ello el aporte energético (Noblet y Le Goff, 2001).

En animales de esta especie la fibra dietaria a través de sus componentes solubles e insolubles tiene múltiples efectos en el tubo gastrointestinal (TGI). La magnitud de la presentación de dichos efectos tendrá que ver con la forma física y naturaleza química como fuente y procedencia, tipo de fibra de la cual se trate, procesamiento previo, además de la adaptación y características del animal, como la edad y la masa corporal. Con el pasar del tiempo se van desarrollando más investigaciones sobre el rol de la fibra en diferentes procesos fisiológicos, encontrando ciertas características principales que tienen repercusiones nutricionales en la capacidad de intercambio iónico, de hidratación, de viscosidad y su habilidad para absorber compuestos orgánicos (Bach Knudsen, 2001).

Existen diversos efectos de la fibra sobre el TGI de especies monogástricas. En los pollos disminuye la velocidad del tránsito, incrementa la secreción de ácido clorhídrico, disminuyendo el pH, mejorando la solubilidad de minerales, proteínas y protegiéndolo de ciertas infecciones entéricas (Mateos, 2006).

En cambio los cerdos se ven protegidos contra agentes patógenos intestinales gracias a las disminuciones de pH gástrico. Asimismo al aplicar dietas ricas en fibra solubles, estas pueden llegar hasta el ciego, donde fermentan hasta ácidos grasos volátiles, los que sirven

como fuente energética directa y preferentemente favorecen la regeneración de la mucosa dañada (G.G. Mateos *et al.*, 2006).

De acuerdo a Jensen (2001) la fermentación microbiana en animales no rumiantes está altamente influenciada por la cantidad y tipo de sustrato disponible, los principales sustratos para la fermentación microbiana en el intestino grueso incluyen una alta variedad de residuos dietéticos que ha escapado a la digestibilidad en el intestino delgado como algunos componentes de fibras.

El nivel, fuente y composición de la fibra dietética pueden ser considerados como factores importantes que influyen tanto en la ocurrencia como en el rango de diferentes mecanismos de digestibilidad alimenticia en los cerdos, los efectos de la fibra dietética en la digestibilidad alimenticia y en la absorción de nutrientes pueden estar altamente influenciados por las propiedades físico químicas de la fibra y por tanto observando el nivel total de fibra dietética, nos dará un cuadro claro sobre su influencia en la fisiología digestiva de los cerdos (Wenk, 2001).

1.5.2 Especies Poligástricas

La capacidad de los animales poligástricos para utilizar alimentos fibrosos, depende principalmente de la acción de las bacterias y protozoos. Se trata de una auténtica relación simbiótica a cargo de las bacterias anaerobias. Esta acción se produce en los tres primeros compartimentos del estómago de los rumiantes. Durante la fermentación, la celulosa, hemicelulosa y otros azúcares de los alimentos se desdoblán y convierten en ácidos orgánicos utilizables, lo que permite al animal obtener energía de la fibra. Esta especie posee un estómago formado por cuatro compartimientos en donde existe una estrecha relación con los microorganismos del rumen, quienes le permiten al rumiante la habilidad de usar carbohidratos complejos tales como celulosa y nitrógeno no proteico y convertir forrajes, residuos de cultivos y desechos agroindustriales a alimentos altamente nutritivos.

Los animales poligástricos tienen como base los alimentos fibrosos que no pueden ser utilizados por otros animales ni por los humanos. Hacemos referencia a alimentos clasificados anteriormente como groseros o de volumen. Estos deben constituir la mayor proporción de la materia seca de las raciones. Dependiendo del nivel de necesidades en

algunas ocasiones habría que complementar estos alimentos con otros de mayor valor nutritivo como son los concentrados.

1.6 Efectos de la inclusión de fibras: requerimientos adecuados

La inclusión de fibras en alimentos debe ser la adecuada de lo contrario modifica el valor nutritivo, provocando diferentes síntomas que indican que la cantidad o calidad del material fibroso es inadecuada. Es indispensable para mantener la funcionalidad ruminal, estimular el masticado y la rumia y mantener un pH del rumen el cual si es menos de 6, se reducirá la degradación de la fibra por los microorganismos, como así también producirá acidosis, reducción de consumo de alimentos y otros cambios metabólicos que no le permitan al animal gozar de una buena salud y digestión.

El primer síntoma que indica que la cantidad o calidad del material fibroso es inadecuada es la disminución del masticado, lo que conlleva a una reducción de la secreción de sustancias tampón vía saliva, causando el declive del pH ruminal. El pH del rumen no debe caer por debajo de 6 a 6,2 ya que si esto ocurre la degradación de la fibra por los microorganismos se reducirá, lo cual a su vez causa una depresión en la síntesis de la grasa láctea. Además producirá acidosis, una reducción en el consumo de alimento, lesiones en el rumen al alterarse la morfología animal de la pared ruminal entre otros desbalances metabólicos (Pereira *et al.*, 1999).

La acidosis ruminal se debe fundamentalmente a que los animales deben incrementar el consumo de raciones densas en nutrimentos, para poder satisfacer el reto nutricional que implica la mejora genética del ganado. El consumo de niveles altos de energía se puede lograr aumentando el consumo de MS, sin embargo existen límites para satisfacer las necesidades de energía de los animales con producciones altas y a la vez mantener un rumen saludable, esta situación no es fácil lograrla (NRC, 1989 y 1996; Weiss, 1993b).

Si se aumenta la densidad energética de la dieta mediante un incremento de los alimentos concentrados sacrificando las de fibra, podrían producirse problemas serios de salud ruminal debido a que la fermentación rápida de los carbohidratos no fibrosos y el estímulo menor para la secreción de saliva, reducen el pH ruminal al incrementarse la producción de ácido láctico (Weiss, 1993a, 1993b).

La cantidad de FDN en la ración debe ser tal que contribuya a prevenir los problemas de salud ruminal, pero que a su vez no interfiera con el consumo de MS ni con la concentración energética de la dieta, ya que los alimentos fibrosos son menos energéticos que los granos (Grant, 1991; Harris, 1993; Wattiaux, 1996).

Actualmente se sugiere la utilización de subproductos fibrosos, los cuales poseen valores aceptables de energía y logran aportar cantidades de fibra efectiva a las raciones, reduciendo así las posibilidades de que el animal sufra una acidosis (Weiss, 2000).

La mayor parte de la FDN en la dieta debe provenir de los forrajes, los cuales deben poseer un tamaño de partícula adecuado para mantener la función ruminal. La FDN de los alimentos concentrados por lo general es más digestible que la FDN del forraje y la mayoría de los concentrados poseen un tamaño de partícula, para estimular el masticado y la rumia (Hutjens, 2000).

A la hora de establecer los requerimientos de fibras para la elaboración de raciones son muchos los factores que se deben evaluar. Como es lógico cada explotación posee diferentes condiciones, lo cual provoca que en cada uno de los casos que se pretende formular una ración debe de llevarse a cabo un estudio detallado sobre las condiciones de producción de cada finca para tratar de ajustarse de la mejor manera a los valores ya propuestos por las tablas NRC y FEDNA. Estos valores deben ser tomados como una guía a partir de la cual deben de hacerse los ajustes necesarios para obtener la máxima eficiencia posible.

El consumo de alimento en los animales está controlado por el cerebro. Los sistemas de retroalimentación de tipo sensorial, hormonal, físicos y metabólicos, estimulan al cerebro y determinan la cantidad de MS que un animal puede consumir por día. Por eso a la hora de formular una ración adecuada de acuerdo a cada especie animal, se debe hacer una evaluación nutritiva real de la adición de fibra a la dieta, como así también considerar su interacción con el resto de los nutrientes y posibles alteraciones anatómicas que pueden ocurrir en el aparato digestivo, considerando que el animal detiene el consumo cuando recibe señales de saciedad y teniendo en cuenta que existen signos como, excesiva

condición corporal, alta temperatura ambiental, raciones altas de energía, entre otras, que reducen el consumo (Roseler, 1998).

La alimentación no puede ser nunca una receta, es parte de la responsabilidad del productor, es un proceso dinámico que requiere conocimientos, observación y hacer las cosas bien. El productor es el que debe saber mejor que nadie como va su explotación, que tipo de alimentación es la adecuada, que tipos de alimentos tiene, como hizo su heno, su ensilado o su alimento y cuál es el estado de sus animales.

En principio, alimentar un animal parece una tarea fácil sin la menor complicación. De hecho, vacas, cerdos, gallinas, y restantes animales se han venido alimentando perfectamente desde hace mucho tiempo, sin la intervención del hombre. La alimentación se fue complicando, cuando el hombre intervino en la domesticación y selección de los animales, mejorando razas y exigiéndoles producciones y rendimientos que no se dan de forma natural.

Por lo tanto sabemos que la alimentación animal representa un gran porcentaje del costo de producción, y que se debe lograr un correcto suministro de nutrientes, los cuales van modificándose genéticamente a través del tiempo, logrando que los animales con ciertas exigencias, que requieren de un ambiente favorable, sanidad y alimentación óptimos, obtengan producciones beneficiosas.

1.7 Características de las muestras analizadas y utilizadas para la alimentación de los animales.

1.7.1 Maíz Extruido

El maíz es una planta perteneciente a la familia de las gramíneas catalogada dentro del grupo de los cereales, es el grano de cereal de mayor valor energético por su contenido en almidón y grasa, y un menor valor en fibra. Su fracción fibrosa está concentrada en el salvado e incluye celulosa y pentosanos, su grado de lignificación es muy bajo y su coeficiente de digestibilidad es superior al de otros cereales especialmente en monogástricos. La fracción nitrogenada tiene una baja proporción de proteínas metabólicas

solubles y alta en proteínas de reserva, su contenido de fosforo es aceptable y el de calcio y otros minerales es deficitario.

La extrusión del maíz es un proceso térmico que le da valor agregado al producto crudo, considerando que parte de los almidones se transforman en dextrinas, las cuales se convierten más digestibles para el animal. Las proteínas se vuelven más resistentes a la degradación en el rumen, teniendo la posibilidad de ser digeridas a nivel intestinal

La fermentabilidad ruminal del almidón es del 60%, aumenta con el procesado, especialmente con tratamientos que incluyen vapor y presión. Su utilización en alimentos mejora su estructura y fluidez, tanto en fábricas como en granjas.

1.7.2 Pellet de Soja

La soja es una especie de la familia de las leguminosas, cultivada por sus semillas de contenido medio en aceite y alto de proteína, se utiliza tanto en alimentación humana como animal. El pellet de soja es un subproducto del poroto de soja, que presenta como principales características un gran concentrado proteico y además, a diferencia de los pellets extraídos por solventes, tiene un aporte de grasas y energía que lo transforman en una materia prima de altísimo valor nutricional para la elaboración de alimentos balanceados. Se obtiene luego del proceso de prensado, tiene una elevada concentración de carbohidratos, correspondientes a contenidos de la pared celular. La fracción fibrosa es potencialmente degradable casi por completo en rumiantes y de forma parcial en monogástricos. El aporte de fibra efectivo, capaz de estimular la rumiación y motilidad ruminal, es reducido lo que limita la posibilidad de sustituir parte del forraje de la dieta.

1.7.3 Extrusado de Soja

Este proceso consiste en el extrusado- prensado del grano de soja a través de una extrusora en seco, y posterior prensado de la misma en prensas de tornillo continuas, para recuperar el aceite contenido y obtener expeller de alta calidad. Este expeller es apto para varios usos, tanto en alimentación animal como humana. La molienda o extrucción facilita la liberación de aceite aumentando su digestión. Su valor químico y nutricional es muy variable.

En monogástricos existe una correlación negativa entre el contenido de factores antinutricionales y la disponibilidad de aminoácidos esenciales, así como una correlación positiva entre el nivel de proteínas y digestibilidad de las mismas.

1.7.4 Alfalfa deshidratada

La alfalfa es una leguminosa forrajera que se utiliza para aportar proteína de gran calidad, macrominerales, microminerales y vitaminas de forma natural a la ración del ganado. Además es una fuente importante de fibra efectiva, muy necesaria para animales rumiantes. Es una buena fuente de macrominerales especialmente, cloro, calcio y potasio, con niveles aceptables de fósforo y magnesio. El fósforo en la alfalfa, no se encuentra en forma de fitatos por lo que su disponibilidad en monogástricos es muy elevada. Su valor nutritivo varía en función de la calidad de la materia prima inicial, las condiciones del proceso de conservación, almacenamiento y adulteración con otros nutrientes. En rumiantes particularmente además de aportar todos los nutrientes necesarios, contribuye a estimular la rumia, más larga la fibra de alfalfa mayor estimulación, a su vez estimula la masticación y salivación aumentando la cantidad de bicarbonato que llega al rumen, controlando el pH y evitando problemas de rumia.

La alfalfa se somete a procesos de pre secado y de deshidratación hasta que la humedad sea aproximadamente del 12%. El proceso de deshidratado le aporta ciertas ventajas, evita fermentaciones y prolonga su conservación, al lograrse mayor cantidad de materia seca abarata su transporte. En la alfalfa deshidratada no encontramos dos clasificaciones en cuanto a su largura. Fibra corta y fibra larga. Si bien la fibra larga se suele utilizar para ganado lechero y la corta para carne esto dependerá de los objetivos nutricionales que se fijen.

1.7.5 Ensilado de sorgo

El sorgo engloba un conjunto de plantas pertenecientes a la familia de las gramíneas y género sorghum. El sorgo es menos energético que el maíz, bajo valor proteico aunque mayor contenido de cenizas, concretamente minerales como calcio y fósforo. Como cereal que es tiene una buena aptitud de ensilaje, aunque tiene mayor capacidad tampón, es posible alcanzar de manera rápida pH próximos a 4 y conseguir que su contenido en

nitrógeno amoniacal sea inferior al 10% del nitrógeno total y el nitrógeno soluble este por debajo del 50%. Su valor energético representa un 80% del que tiene el maíz, un valor proteico no muy diferente y un valor mayor en cuanto a cenizas y fibra. Este mayor contenido de carbohidratos estructurales explica que su digestibilidad es más baja que la del maíz. El momento óptimo de recolección del sorgo para ensilar es cuando el contenido de materia seca de la planta entera es del orden del 28 al 30 %, lo que implica que el grano está en estado pastoso.

1.7.6 Ensilado de maíz

El maíz es un forraje de verano que en pocos meses proporciona una elevada cantidad de materia seca siempre que no le falte agua. La aptitud de ensilaje del maíz es buena debido a que no le faltan carbohidratos para ser transformados en ácido láctico, presenta una baja capacidad tampón que permite que el pH baje rápidamente siendo próximo a 4, su contenido de nitrógeno amoniacal y soluble estén por debajo del nitrógeno total en un 10 y un 50% respectivamente y el contenido de MS es elevado. Desde el punto de vista nutritivo es un alimento de un elevado valor energético, bajo valor proteico y bajo contenido en minerales. Su calidad va mejorando con los años y se obtienen ensilados con mayor contenido de almidón y menor contenido en cenizas. El momento óptimo de corte del maíz para su ensilaje se sitúa entre el 30 y 35% de MS tanto desde el punto de vista productivo como desde la calidad del forraje. En cuanto a la calidad es indudable que con la madurez disminuye la digestibilidad de la MS de fracción vegetativa y de la propia pared celular, pero esta disminución se ve compensada por el incremento en almidón de la fracción de la espiga y de ahí que se merece esperar este momento para su recolección.

1.7.7 Ensilado de trigo

Pertenece al grupo denominado cereales inmaduros o cereales de invierno para forrajes, comprende a todas aquellas plantas pertenecientes a la familia de las gramíneas que se cultivan mayoritariamente para la producción de cereal grano como: trigo, avena, cebada, centeno. El ensilaje de cereales inmaduros es una práctica conocida aunque poco extendida en la actualidad. La aptitud de ensilaje es buena debido a su contenido elevado de carbohidratos, su baja capacidad tampón con pH próximo a 4, su contenido de nitrógeno

amoniaco y soluble estén por debajo del nitrógeno total en un 10 y un 50% respectivamente y su elevado contenido de MS. Desde el punto de vista nutritivo, tienen un valor energético muy por debajo del maíz, poseen mayor contenido proteico y en minerales, el contenido de almidón es menor y por el contrario el contenido de carbohidratos estructurales es más elevado. El ensilaje de este cereal no es conflictivo si se hace cuando el grano se encuentra en el estadio de grano pastoso.

1.7.8 Silo alfalfa

La alfalfa es una planta perteneciente a la familia de las leguminosas, de cultivo plurianual, de excelente potencial productivo, con mala aptitud de ensilaje, por lo que exige la utilización de algún aditivo que ayude a mejorar el proceso, para que se reduzca el pH así como el contenido de nitrógeno insoluble y amoniacal.

Para el proceso de silo alfalfa, se deja secar algo en el campo hasta dejarla con un 30-40% de humedad, posteriormente es picada y recogida, es un sistema poco utilizado, porque es un forraje difícil de ensilar. Desde hace tiempo se utilizan microsilos de plástico en forma de bolo, sobre todo en zonas de montaña y es práctico en general en zonas donde las condiciones de secado en campo no son favorables.

El momento de corte es el factor de mayor impacto en la calidad del silaje. Los mejores silos se hacen con alfalfa conteniendo entre el 35-45% de MS. Silos con más del 50% de MS no compactan bien y resultando así afectados por el desarrollo de hongos y el aumento de temperatura, disminuyendo la calidad y digestibilidad del silaje. Después de lograr el porcentaje de MS deseada se debe elegir el tamaño de picado teniendo en cuenta las características de la dieta. La importancia del tamaño de partícula está relacionado con la demanda de fibra efectiva por el animal, o sea, la fibra que sirve para estimular masticación, controlar la acidez y mantener la salud ruminal. Una vez que se haya eliminado el oxígeno del silo, la fermentación se torna el proceso dominante. En una fermentación exitosa, las bacterias usan parte de los azúcares solubles para formar ácidos. Un silaje de alfalfa estable y bien fermentada debería tener un pH alrededor de 4.5.

1.7.9 Avena

La avena es un cereal procedente de Asia menor. La variedad más utilizada son tipo hexaploide principalmente Avena sativa. Presenta elevado contenido en grasas por lo que tiende a producir canales blandas si se usa como único cereal en el alimento y presenta riesgos de enranciamiento, su solubilidad y degradabilidad ruminal son muy elevadas, y la concentración de aminoácidos esenciales es alta en relación a otros granos, debido a su alto contenido en fibra da lugar a un alimento muy voluminoso.

Los granos de avena procedentes de variedades desnudas, así como la avena descascarillada por medios mecánicos, tienen un contenido de fibras mucho más reducido que la avena entera, su contenido en proteínas y grasas son más elevados y su concentración energética es superior a la del grano de maíz. Es preferible la avena entera en alimentos para lechones, cerdos en terminación y avicultura.

1.7.10 Expeller de girasol

Los productos de girasol son el principal concentrado de proteína vegetal de origen nacional.

El expeller de girasol es un subproducto derivado del proceso de molienda de semillas del grano de girasol, se caracteriza por su alto nivel en proteínas y bajo contenido en fibra. Es un producto de excelente y elevado valor energético y nutricional utilizado en la producción de alimentos balanceados.

El contenido de FDN supone un 75% de la MS, mayor lignificación y menor digestibilidad que la avena. La concentración de grasa y de proteínas es ligeramente elevada, tiende a incrementar la velocidad de tránsito digestivo, lo que es de interés en algunos alimentos monogástricos. El expeller de girasol puede constituir una proporción muy elevada de la ración de rumiantes donde suele suministrarse melazada y granulada para facilitar su consumo y distribución. Presenta menos degradabilidad y mayor digestibilidad que la avena.

1.7.11 Rye Grass verde

El ray-grass es el nombre genérico de un grupo de plantas pertenecientes a la familia de las gramíneas, desde el punto de vista forrajero se diferencian tres especies. Es un forraje que puede ser plurianual o bien anual. Se usa básicamente un 45% en forma de ensilado, un 37% en verde y el resto en forma de heno.

Como en toda gramínea se le pueden practicar cortes sucesivos, su valor nutritivo está muy asociado a la composición morfológica de la planta al momento de corte. Un primer corte se da cuando la planta es mayoritariamente hoja, y cuenta con elevado contenido de agua, excelente valor energético y proteico, elevado contenido de cenizas, y una relación calcio-potasio cercano a 1:1. A medida que la planta tiene más edad incrementa el contenido en fibra, disminuye los carbohidratos no estructurales, modificando así su valor energético y proteico, llegando a ser un valor mucho menor que el inicial.

CAPITULO 2: OBJETIVOS

En el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Analizar la composición química de insumos vegetales de uso frecuente en la alimentación animal referente a los contenidos de: materia seca, humedad, cenizas, proteínas, Ca, Mg, P, extracto etéreo y fibra bruta (FDN y FDA).

- Analizar la valorización analítica y nutritiva de la fibra con el fin de establecer los requerimientos necesarios en la elaboración de raciones para obtener la máxima eficiencia posible.

- Contribuir al mejor conocimiento de las necesidades y el uso por el animal de las distintas fuentes alimenticias existentes en la región semiárida pampeana.

CAPITULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se realizó en el Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam. Las muestras analizadas fueron provistas por una empresa comercial. Las determinaciones analíticas se realizaron de acuerdo a las técnicas sugeridas por FEDNA, las cuáles se corresponden con las determinaciones de la AOAC.

De cada muestra analizada se obtuvieron tres repeticiones a fin de definir posteriormente el desvío estándar de cada valor centesimal obtenido.

3.1 Preparación de las muestras

Se trabajó con once muestras, las que se sometieron a molienda y posteriormente fueron tamizadas en tamiz de 16 mesh.

Muestras utilizadas:

- Maíz Extruido
- Pellet de Soja
- Extrusado de Soja
- Alfalfa deshidratada
- Ensilado de sorgo
- Ensilado de maíz
- Ensilado de trigo
- Silo alfalfa
- Avena
- Expeller de girasol
- Rye grass verde

3.2 Análisis de las muestras

Se realizaron los siguientes análisis químicos:

3.2.1 Materia Seca MS: (Humedad)

Para la determinación de este parámetro se colocaron 10 gramos de materia prima en crisoles de porcelana previamente tarados, se llevaron a estufa a 100-105 °C durante 48 horas hasta peso constante.

Calculo de humedad: Sustancia húmeda - sustancia seca = Humedad

Factor de humedad = $100 / 100 - H = 100 / \text{sustancia seca}$

% Materia seca = $\text{peso muestra seca} / \text{peso muestra total} \times 100$

% Humedad = $100 - \text{peso muestra seca} / \text{peso muestra total} \times 100$

3.2.2 Cenizas:

Las muestras provenientes de la determinación de MS se llevaron a calcinación hasta cenizas blancas en una mufla a aproximadamente 500 °C durante cinco horas, se dejaron enfriar y se pesaron. Posteriormente en las cenizas se determinaron los siguientes minerales: calcio, magnesio y fósforo.

% Cenizas = $\text{peso de la ceniza} \times 100 / \text{peso de la muestra}$

3.2.3 Proteína bruta:

La proteína bruta se obtuvo a partir del contenido de nitrógeno total y se determina por el método micro-Kjeldahl.

El procedimiento comprende dos fases

a. Digestión de la materia orgánica: se realizó la digestión de las muestras de 0,1 g del material con 1,25 g de catalizador mixto (24 g de sulfato de potasio + 1 g de óxido de mercurio amarillo) y 2,5 mL de ácido sulfúrico (c). Se calentaron aproximadamente 1 hora bajo campana hasta que el líquido quedó incoloro. Se dejó enfriar a temperatura ambiente.

b. Destilación y titulación: se realizó automáticamente en un equipo Tekator, para ello se prepararon los siguientes reactivos:

--Solución de hidróxido de sodio al 40 %

--Tiosulfato de sodio: 60 g por L de álcalis.

--Ácido bórico: 100 g de ácido en 10 L de agua destilada, luego se agregó 100 mL de bromocresol (100 mg en 100 mL de metanol) y 70 mL de rojo de metilo (100 mg en 100 mL de metanol).

--Solución estándar de ácido clorhídrico 0,1 N.

% Proteína = $\text{ml ácido HCl} \times \text{N HCl} \times 0,014 \times \text{factor} \times 100 / 0,1 \text{ g de muestra}$

3.2.4 Extracto etéreo:

Para la determinación del extracto etéreo, las muestras deben estar libres de agua para evitar la co-extracción de componentes hidrosolubles en la muestra, como carbohidratos, urea, ácido láctico, glicerol, etc. En el supuesto que la muestra contenga importantes cantidades de agua, debe desecarse previamente.

Para su determinación se pesaron 5 g del material a analizar en un cucurucho de papel de filtro y se colocó en un extractor Soxhlet conteniendo n-hexano hasta agotamiento (2 hs aproximadamente). Luego el balón conteniendo el producto de la extracción se llevó a un roto-evaporador para destilar el hexano, se secó en estufa el residuo y se calculó la materia grasa por diferencia de pesada.

3.2.5 Determinación de Fibra Bruta:

Para la determinación de la fibra las muestras se mezclan con una solución débil de ácido sulfúrico y álcalis, agua caliente y cetona en donde ocurre una sucesiva separación de la ceniza, proteína, grasa y sustancias extraídas libres de nitrógeno.

La acción del ácido sulfúrico consiste en hidrolizar los carbohidratos insolubles (almidón y parte de la hemicelulosa), los álcalis transforman en estado soluble a las sustancias albuminosas, separan la grasa y disuelven parte de la hemicelulosa y lignina, la acetona extrae las resinas, colorantes, residuos de grasa, y eliminan el agua. Después de todo este tratamiento el residuo que queda es la fibra bruta.

3.2.6 Determinación de Fibra neutro detergente (FDN)

Según Van Soest, para la determinación de FDN, se emplea una solución detergente neutra que disuelve las pectinas de la pared, fácilmente digestibles, y los compuestos celulares (proteínas, azúcares, lípidos), resultando un residuo que representa el contenido en paredes celulares (celulosa, hemicelulosa y lignina). El detergente solubiliza las proteínas, contribuyendo el sulfito sódico que se añade para eliminar la materia nitrogenada al romper los enlaces disulfuros. El EDTA es empleado como quelante del calcio y para eliminar las pectinas a la temperatura de ebullición. El trietilenglicol ayuda a eliminar parte de la materia no fibrosa de los alimentos concentrados y la amilasa termoestable es usada para eliminar el almidón.

Equipamiento utilizado: balanza analítica, estufa de secado regulada a 105°C, Aparato de digestión-ANKON 200/220 FIBER ANALYZER, bolsitas filtrantes- ANKON technology F57 filter bags, desecador, sellador por calor.

Reactivos utilizados:

a) Solución de detergente neutro (SDN): por cada litro de solución

-30 gr de lauril sulfato de sodio (SDS),

-18,61 gr de EDTA-sodio dihidratado,

-6,81 gr de tetraborato de sodio decahidratado,

-4,56 gr de fosfato dibásico de sodio anhidro,

-10 ml de trietilenglicol,

- se agito y calentó la solución hasta ebullición para garantizar la estabilidad de la misma. Se ajustó el pH entre 6,9 y 7,1.

b) Alfa-amilasa- alfa amilasa bacteriana termoestable,

c) Sulfito de sodio- Na_2SO_3 anhidro.

d) Acetona

1) Preparación de la muestra:

Se rotularon las bolsitas filtrantes, se pesaron (T1) aproximadamente 0,5 gr de la muestra molida y se secaron a 65°C (MH1), junto con las bolsitas de filtro para determinar el blanco (Tbco1), luego se sellaron. Exceptuando las muestras de forraje, las restantes se sometieron a un lavado por inmersión con acetona durante 3 min y luego las muestras se secaron completamente antes de ser sometidas a la digestión.

2) Para procesar las bolsas se agregaron 2000 ml de solución de Detergente Neutro (SDN) dentro del vaso de digestión.

3) Durante la digestión se agregaron 4 ml de la alfa amilasa termoestable.

4) Se calentó hasta 90-100°C la SDN dentro del vaso digestor antes de colocarle las muestras.

5) Se colocaron las bolsas con las muestras a digerir durante 60 minutos.

6) Se agregaron 2000 ml de agua destilada a 70-90 °C con 4 ml de alfa amilasa y se agitaron durante 5 minutos. Luego se liberó el agua y se repitió el procedimiento cuatro veces en total, siendo solo en los dos primeros que se agregó la amilasa.

7) Se dejaron secar las bolsas a temperatura ambiente. Luego se completó el secado a 105°C durante 4 horas. Se dejó enfriar en desecador y se pesaron las muestras (T+ a FDN) y los blancos (Tbco2).

$$\text{FDN (\%bs)} = 100 \times ((T + a \text{ FDN}) - (T1 \times (Tbco2 / Tbco1))) / (MH1 \times MS105)$$

Donde:

%bs= Porcentaje sobre base seca.

MH1(g)= peso de la muestra.

MS105(g/g)= coeficiente de materia seca a 105°C.

T+ a FDN(g)= peso final de la bolsa con la fibra.

T1(g)= peso de la bolsa vacía

Tbco1(g)= promedio de pesos de bolsas para blanco inicial (previo a la digestión con el detergente).

Tbco2(g)= promedio de peso de bolsas para blanco final (luego de la digestión con el detergente)

3.2.7 Determinación de Fibra Ácido detergente (FDA).

Una alternativa para el conocimiento de las fracciones fibrosas es el análisis secuencial, importante para evitar interferencias y para economizar muestra. La ventaja más importante del análisis secuencial es que la estima de la fracción hemicelulosa, obtenida por diferencia entre FDN y FDA, es más exacta por esta vía ya que en caso contrario sucede que la pectina precipita al determinar la FDA, interfiriendo en su determinación (Van Soest y Robertson, 1985), y obteniéndose valores de FDA que pueden ser tan altos como los de FDN.

Se denomina fibra insoluble en detergente ácido (FDA) al residuo fibroso que queda luego de disolver el contenido celular y las hemicelulosas de la FDN (fibra insoluble en detergente neutro) empleando detergente ácido, el cual está constituido fundamentalmente por celulosa y lignina.

Equipamiento utilizado: balanza de precisión, Aparato de digestión-ANKON 200/220 FIBER ANALYZER, bolsitas filtrantes- ANKON technology F57 filter bags, desecador, sellador por calor.

Reactivos utilizados:

a) Solución de detergente Acido (SDA): por cada litro de solución.

-20 gr de bromuro de cetil trimetilamonio (CTAB o Cetrimida)

-27,7 ml ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado

b) Acetona

Procedimiento:

1) Preparación de la muestra:

Se rotularon las bolsitas filtrantes, se pesaron (T1) aproximadamente 0,5 gr de la muestra molida y secada a 65°C (MH1), y las bolsitas de filtro para determinar el blanco (Tbco1).

2) Se sellaron y se procesaron las bolsas con 2000 ml de solución de Detergente Ácido (SDA) dentro del vaso de digestión.

3) Se calentó hasta 90-100°C la solución de detergente dentro del vaso digestor antes de colocarles las muestras.

4) Se colocaron las bolsas en el digestor durante 60 minutos

5) Se agregaron 2000 ml de agua destilada a 70-90 °C y se repitió el procedimiento dos veces más hasta obtener pH neutro en el agua de lavado descartada.

6) Se sacaron las bolsas del digestor y se retiró el exceso de agua de las mismas presionándolas con los dedos.

7) Se dejaron secar las bolsas a temperatura ambiente. Luego se completó el secado a 105°C durante 4 horas. Se dejó enfriar en desecador y se pesaron las muestras (T1+ FDA) y los blancos (Tbco2).

$$\text{FDA (\%bs)} = 100 \times ((T1 + \text{FDA}) - (T1 \times (\text{Tbco2} / \text{Tbco1}))) / (\text{MH1} \times \text{MS105})$$

Donde:

%bs= Porcentaje sobre base seca.

MH1(g)= peso de la muestra.

MS105(g/g)= coeficiente de materia seca a 105°C.

T1+ FDA(g)= peso final de la bolsa con la fibra.

T1(g)= peso de tara de bolsa

Tbco1(g)= promedio de pesos de bolsas para blanco inicial (previo a la digestión con el detergente).

Tbco2(g)= promedio de peso de bolsas para blanco final (luego de la digestión con el detergente)

3.2.8 Determinación de calcio, magnesio y fósforo:

Preparación de la solución a partir de cenizas.

Se transfirieron cuantitativamente las cenizas a un vaso de precipitado de 100 mL, y se trataron con 5-10 mL de HCl 6 M, se desecaron cuidadosamente a temperatura moderada. Se agregaron 10 mL de HCl 3 M, se calentó hasta que la solución comenzó a hervir; posteriormente, se dejó enfriar y se filtró a través de papel de filtro Watman N° 1 o equivalente y se recolectó en un matraz volumétrico.

3.2.8.1 Determinación de Calcio con EDTA

Se colocaron 10 mL de muestra con 1 mL de NaOH 1N (para reducir el pH 12 a 13) y 0,1 a 0,2 g de indicador murexida para titular con EDTA hasta punto final.

$\%Ca = \frac{cm^3 \text{ EDTA} \cdot N \text{ EDTA} \cdot 20 \text{ g/eq.Ca} \cdot 200 \text{ cm}^3}{100 \text{ g} / \text{cm}^3 \text{ muestra} \cdot 1000 \text{ cm}^3/1. 1 \text{ g de cenizas}}$

3.2.8.2 Determinación de Calcio y Magnesio con EDTA

A 10 mL de muestra se le colocaron 1 mL de solución reguladora ($\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_3$ pH=10) y una pizca de indicador negro de eriocromo T.

Posteriormente se colocó el erlenmeyer a Baño María hasta que la solución adquirió una temperatura de 40-50 °C aproximadamente. Se tituló con EDTA hasta viraje del indicador.

$\%Mg = \frac{cm^3 \text{ EDTA} \cdot N \text{ EDTA} \cdot 12 \text{ g/eq.Ca} \cdot 200 \text{ cm}^3}{100 \text{ g} / \text{cm}^3 \text{ muestra} \cdot 1000 \text{ cm}^3/1. 1 \text{ g}}$

3.2.8.3 Determinación de Fósforo

Se utilizó el método del color amarillo por la formación del complejo de vanadomolibdofosfórico en un sistema acidificado con ácido nítrico, las ventajas de este método son: su extrema simplicidad y aunque posee una menor sensibilidad que los métodos basados en el color azul, puede ser aplicado en una escala semejante a las macro determinaciones, también es ventajosa la estabilidad del color, la independencia de interferencias por parte de un gran número de especies iónicas hasta concentraciones de hasta 1000 ppm y la adaptabilidad a medios acidificados con ácidos: nítrico, clorhídrico, sulfúrico o perclórico.

3.2.8.4 Preparación de Curva de calibrado.

- Solución de heptamolibdato amónico. Se disolvió en agua caliente 100 g de heptamolibdato de amonio, tetrahidrato $(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot\text{H}_2\text{O}$. Se añadió 10 ml de amoníaco, se trasvasó a un matraz aforado de 1000 ml, y una vez frío se completó con agua hasta el enrase.

- Solución de metavanadato amónico. Se disolvieron 2,35 g de metavanadato de amonio (NH_4VO_3) en un erlenmeyer de 500 ml con 400 ml de agua destilada caliente. Se añadió lentamente y agitando 20 ml de una solución que contiene 7 ml de ácido nítrico y 13 ml de agua destilada. Se llevó a matraz aforado de 1000 ml y, una vez frío, se enrasó con agua destilada.

-Solución de nitro-molibdo-vanadato. En matraz de litro aforado, se mezclaron 200 ml de solución de heptamolibdato de amonio con 200 ml de solución de metavanadato de amonio y 134 ml de ácido nítrico. Luego se completó con agua destilada hasta el enrase.

- Solución patrón de fósforo conteniendo 1 mg de fósforo por mililitro. Se disolvió en matraz aforado de litro 4,387 g de fosfato monopotásico (KH_2PO_4) (previamente desecado en estufa de 100° C hasta peso constante) en agua destilada y llevar a enrasar.

En matraz aforado de 100 ml y a partir de la solución patrón de fósforo se preparan soluciones conteniendo 0, 5, 10, 20, 30 y 40 microgramos de fósforo por mililitro.

Luego en seis erlenmeyer se tomaron con pipetas de doble enrase 10 ml de cada solución patrón de fósforo. Se añadió a cada uno de ellos, también con pipeta de doble enrase, 10 ml del reactivo de nitro-molibdovanadato, se agitó para homogeneizar y dejó en reposo diez minutos a 20° C.

Se efectuaron las lecturas fotométricas a 430 nm, empleando cubetas de 10 mm de paso de luz, utilizando la solución blanco de fósforo como solución de referencia.

Se representaron gráficamente las absorbancias obtenidas frente a los microgramos/mililitros o a los miligramos de fósforo existentes en cada lectura.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1, se observan los resultados analíticos promedios expresados en g/100 g de materia seca. Los parámetros nutricionales obtenidos de las muestras analizadas fueron comparados con los datos de composición centesimal de insumos de las tablas de alimentos FEDNA 2010.

Muestras	MS	H	C	PB	EE	FB	FDA	FDN	Ca	Mg	P
Maíz extruido	88,96 ± 1,01	11,03 ± 0,09	1,29 ± 0,08	8,85 ± 0,03	3,60 ± 0,02	2,50 ± 0,01	2,67 ± 0,03	8,90 ± 0,03	0,03 ± 0,01	0,15 ± 0,02	0,31 ± 0,01
FEDNA 2010	89,00	13,80	1,2	7,5	3,6	2,3	3	7,9	0,03	0,10	0,25
Pellet Soja	90,80 ± 0,88	7,80 ± 0,09	4,38 ± 0,04	41,71 ± 0,39	1,35 ± 0,02	2,45 ± 0,09	11,5 ± 0,03	7,5 ± 0,08	0,28 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,60 ± 0,05
FEDNA 2010	91	7,5	1,33	42,5	1,5	2,40	11,8	14,8	0,34	0,27	0,70
Extrusado de soja	92,95 ± 0,88	7,04 ± 0,09	5,81 ± 0,04	47,37 ± 0,39	18,00 ± 0,12	5,60 ± 0,05	7,90 ± 0,09	31,90 ± 0,19	0,29 ± 0,01	0,27 ± 0,01	0,61 ± 0,05
FEDNA 2010	91,81	8,02	4,90	39,0	19,8	5,3	8,00	30,88	0,25	0,30	0,56
Alfalfa deshidratada	90,48 ± 1,08	9,51 ± 0,08	13,72 ± 0,12	21,64 ± 0,17	1,40 ± 0,03	39,10 ± 0,21	30,00 ± 0,21	41,50 ± 0,25	1,67 ± 0,02	0,18 ± 0,01	0,47 ± 0,05
FEDNA 2010	90,56	8,89	10,80	16,70	2,70	24,70	30,50	42,10	1,75	0,21	0,50
Ensilado sorgo	28,76 ± 0,17	71,24 ± 0,77	10 ± 0,17	7,84 ± 0,17	2,68 ± 0,17	28,00 ± 0,17	37,2 ± 0,17	58,8 ± 0,17	0,42 ± 0,17	0,29 ± 0,17	0,23 ± 0,17
FEDNA 2010	28	72	11	8,25	2,90	30	37,4	59,3	0,59	0,57	0,61
Ensilado maíz	31,9 ± 0,18	38,00 ± 0,03	3,90 ± 0,04	7,64 ± 0,03	2,2 ± 0,01	23,00 ± 0,17	31,39 ± 0,20	52,60 ± 0,26	0,24 ± 0,02	0,17 ± 0,01	0,20 ± 0,01
FEDNA 2010	32	—	4,18	7,13	4,20	24,5	26,8	46,00	0,31	0,15	0,18
Ensilado trigo	32,5 ± 0,17	35,00 ± 0,03	5,00 ± 0,15	7,50 ± 0,13	2,85 ± 0,11	27,00 ± 0,18	30,08 ± 0,17	52,89 ± 0,19	0,40 ± 0,07	0,44 ± 0,07	0,21 ± 0,12
FEDNA 2010	34	—	6,5	7,08	3,02	28,59	31,85	52,22	0,45	0,43	0,26
Silo alfalfa	29,92 ± 0,20	9,50 ± 0,15	10,8 ± 0,17	18,37 ± 0,19	3,74 ± 0,10	28,80 ± 0,19	37,3 ± 0,21	46,5 ± 0,17	1,26 ± 0,08	0,30 ± 0,10	0,25 ± 0,17
FEDNA 2010	97	—	11,4	18,70	2,14	27,70	32,70	43,6	1,55	0,25	0,24
Avena	90,36 ± 0,92	9,63 ± 0,17	1,80 ± 0,08	9,58 ± 0,06	1,41 ± 0,01	13,47 ± 0,12	16,6 ± 0,12	32,1 ± 0,21	0,11 ± 0,02	0,18 ± 0,01	0,32 ± 0,03
FEDNA 2010	89,09	10,40	2,90	10,5	4,90	10,05	17,4	31,4	0,07	0,14	0,33
Expeller de girasol	91,00 ± 1,17	8,90 ± 0,07	5,50 ± 0,17	28,20 ± 0,22	15,30 ± 0,18	18,67 ± 0,27	33,30 ± 0,21	45,80 ± 0,19	0,43 ± 0,05	1,00 ± 0,07	0,77 ± 0,08
FEDNA 2010	89,7	10,3	6,1	28,1	1,5	25,6	27,5	42,6	0,32	0,54	0,90
Rye Grass verde	14,7 ± 0,07	75 ± 0,19	10 ± 0,11	18,30 ± 0,17	2,35 ± 0,27	24,56 ± 0,17	23,80 ± 0,19	45,50 ± 0,21	0,58 ± 0,04	0,40 ± 0,03	0,12 ± 0,09
FEDNA 2010	15	73,9	13,2	12	2,56	26,6	52,1	31,3	0,51	0,18	0,44

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 1: valores promedios de composición química proximal de materias primas en base seca (g/100g muestra) \pm 1 Error Estándar

MS: materia seca H: humedad C: cenizas PB: proteína bruta EE: extracto etéreo FB: fibra bruta

FDA: fibra Ácido detergente FDN: fibra neutro detergente Ca: Calcio Mg: Magnesio P: fósforo

Resaltado: datos obtenidos en los ensayos.

Los valores nutricionales obtenidos de las muestras analizadas, no se encuentran alejados en su mayoría de los que se registran en las tablas FEDNA 2010. Pero se debe considerar que en algunas muestras estudiadas existen diferencias en los contenidos de cenizas, proteína bruta, fibra bruta, FDN y FDA.

Las diferencias observables en cenizas se deben a alteraciones o adulteraciones que modifican el valor nutricional. Los valores de proteína bruta también difieren en algunas muestras, los que deben estar asociados a una correcta relación proteína – energía, que de mantenerse no implicarían un problema en los desvíos obtenidos respecto a la media y a los datos registrados en tablas. Los valores de extracto etéreo difieren en algunas muestras y para el caso de monogástricos, es absolutamente necesario no exceder los requerimientos de cada estado fisiológico porque, el exceso, es indigestible y cae la digestibilidad del insumo o el producto destinado a constituir esas raciones alimenticias. Del mismo modo para los valores de fibras que difieren de los valores de FEDNA debemos considerar algunas particularidades individuales de cada muestra, por ejemplo:

En las muestras analizadas de maíz extruido, se observa una pequeña diferencia en el valor FDN con los valores de FEDNA, en este caso su fracción fibrosa está concentrada en el salvado e incluye celulosa y pentosanos, y por consiguiente su coeficiente de digestibilidad es superior al de otros cereales especialmente en monogástricos.

En los valores obtenidos de pellet de soja, hay una diferencia entre los valores FDN de tablas de casi el doble. La fracción fibrosa es potencialmente degradable casi por completo en rumiantes y de forma parcial en monogástricos.

En el caso de la muestra de extrusado de soja, el contenido de fibras no tiene diferencias entre tablas, no ocurre lo mismo con los valores de porcentaje de PB. La soja al estar

extruida facilita la liberación de aceites aumentando su digestión, y así su valor químico y nutricional es muy variable.

En la alfalfa deshidratada las discrepancias se marcan en los valores de cenizas, PB y fibra bruta. En si es una leguminosa que aporta proteínas de gran calidad, es una fuente importante de fibra efectiva y minerales principalmente cloro, calcio, potasio, y niveles aceptables de magnesio y fósforo. Al aportar todos los nutrientes, en rumiantes, estimula la rumia, la masticación y la salivación, controlando el pH y evitando otros problemas.

El ensilado de sorgo no muestra diferencias entre tablas, a excepción del valor obtenido en FB, por un porcentaje del 2%. Es menos energético que el maíz, bajo valor proteico aunque mayor contenido de cenizas, y concretamente minerales como calcio y fósforo.

El ensilado de maíz muestra grandes diferencias entre tablas en los valores de extracto etéreo, FDA y FDN, es un alimento de elevado valor energético, bajo valor proteico y bajo contenido en minerales. Su calidad va mejorando con los años y se obtienen ensilados con mayor contenido de almidón y menor contenido en cenizas.

El ensilado de trigo, marca una diferencia del 1,5% aproximadamente entre tablas en los valores de cenizas, MS y FB.

El silo alfalfa marcó su gran diferencia con las tablas FEDNA en el valor de MS, siendo dos veces más chico (30-97) y en los valores de FDA y FDN su diferencia estuvo entre el 3 y el 5 %. Tiene mala aptitud de ensilaje, por lo que exige la utilización de algún aditivo que ayude a mejorar el proceso. El valor de MS obtenido en laboratorio es mucho mejor que el de FEDNA ya que pasando el 50% de MS no compactan bien y el alimento se puede ver afectado por presencia de hongos, aumentos de temperatura y así ver disminuida la calidad y digestibilidad del mismo. Se debe considerar el tamaño de partícula la cual se relaciona con la demanda de fibra efectiva del animal, o sea, la fibra que sirve para estimular masticación, controlar la acidez y mantener la salud ruminal.

Los valores obtenidos en avena, arrojaron entre tablas una diferencia del 4% para extracto etéreo y FB. Es un alimento que presenta elevado contenido en grasas por lo que presenta riesgos de enranciamiento, también debido a su alto contenido en fibra da lugar a un alimento muy voluminoso.

El expeller de girasol marca diferencia entre tablas en los valores de EE, FB y FDA. Tiene alto nivel en proteínas y bajo contenido en fibra. Es un producto de excelente y elevado valor energético y nutricional utilizado en la producción de alimentos balanceados.

El ray-grass verde presentó una marcada diferencia entre tablas, tanto en los valores de PB, FDN, FDA, como en los valores de los minerales magnesio y fósforo. Su valor nutritivo del momento de corte, de ahí su elevado contenido de humedad, excelente valor proteico, elevado contenido de cenizas y fibras.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

El aporte de fibra es muy importante en la formulación de las raciones alimentarias para animales.

La utilización y digestión de la fibra por parte de animales rumiantes y no rumiantes es muy diferente, de allí que es fundamental conocer las propiedades físico-químicas de la fibra, para evitar ciertos desórdenes metabólicos en el animal.

Las muestras analizadas con un alto contenido de FDA y FDN tales como, los ensilados de sorgo, maíz, trigo y alfalfa, expeller de girasol y Rye Grass verdes son aptas para animales rumiantes, indispensables para estimular el masticado, la rumia y regular el pH del rumen, evitando la acidosis.

Las muestras con menores contenidos de fibras resultan más convenientes para monogástricos, aunque la fibra no es dietéticamente esencial, cumple funciones benéficas con la producción de flora bacteriana en el tracto intestinal.

El empleo de alimentos fibrosos en la alimentación reduce la contaminación ambiental, ya que los microorganismos toman el nitrógeno excedente del metabolismo proteico y durante los procesos de fermentación de la fibra sintetizan proteína microbiana, disminuyendo la excreción de este contaminante con un impacto ambiental favorable.

CAPÍTULO 6: BIBLIOGRAFÍA

- Akin, D.E. Agron. J. 74:424. 1982
- Allen, M.S. J. Dairy Sci. 83:322-331. 1997.
- America Association of Cereak Chemist (AACC). Dietary Fiber Definition Committee report. The definition of dietary fiber. Cereal food world 46(3):112-126. 2001.
- Bach Knudsen, K.E. Anim. Feed Sci. Technol. 67:319-338. 1997.
- Belmar-Casso,R. Recursos no convencionales en la alimentación de animales no ruminates. La experiencia del departamento de Nutrición Animal. Universidad Autònoma de Yucatan , Mexico. 10 pp. 1998.
- Caravaca, F; Ortiz, V y García, R. La alimentación de la vaca de leche. Curso práctico de racionamiento para ganaderos. Junta de Andalucía. Sevilla. 1993.
- Caravaca, F; Castel, JM y otros. Bases de la producción animal. Universidad de Sevilla. 2003.
- Casper, W. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. Anim. Feed Sci. Techn, 90:2. 2001.
- Cole, D.J.A & Chadd, S.A. Voluntary food intake ofgrowing pigs. Occasional Publication. British Society of Animal Production. Ed. J. M. Forbes, M.A. Varley and T.L.I Lawrence. 13:61. 1989.
- De Blas C., G.G. Mateos y P.G. Rebollar (Eds.) FEDNA .Tablas de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (2ª Ed.). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid. 2003
- Deetz, D.A., Jung, H.G., Helm, R.F., Hatfield, R.D. y Ralph, J. J. Sci. Food Agric. 61:423. 1993.
- Flickinger,E.A., Van loo, J. y Fahey, G.C., Jr. Crit. Revista Food Sci Nutr 43:19-60. 2003.
- Grant, R. Evaluating the feeding value of fibrous feeds for dairy cattle. 1991.
- Harris, B. Value of high-fiber alternative feedstuffs as extenders of roug- hage sources. 1993.

- <http://www.agrocolanta.com/productos/materias-primas/maiz-extruido/>
- <http://alimentacionderumiantes.blogspot.com.ar/2013/03/la-alfalfa-en-la-alimentacion-del-ganado.html>
- <http://www.fundacionfedna.org/forrajes/ensilado-de-sorgo>
- <http://www.fundacionfedna.org/forrajes/ensilado-de-maiz>
- <http://www.fundacionfedna.org/forrajes/ensilado-de-trigo>
- <http://www.fundacionfedna.org/forrajes/alfalfa-heno-en-rama>
- http://forratec.com.ar/newsletter/_2016/fls-2016-05-14.html
- http://www.fundacionfedna.org/alimentos_fibrosos
- http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/avena
- <http://www.fundacionfedna.org/forrajes/ray-grass-verde>
- [http:// www.cuniculturaperu.com](http://www.cuniculturaperu.com)
- Hutjens, M.F. Evaluating effective fiber. University of Illinois at Urbana-Champaign. 2000
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Curso de capacitación a distancia sobre alimentación de Ganado bovino para carne. Modulo 1: Requerimientos de energía, proteínas, minerales y vitaminas. 2007.
- Jensen, B.B. Possible ways of modifying type and amount of products from microbial fermentation in the gut, The nottingham university press, nottingham, pp. 274-291. 2001.
- Lon Wo, E. Alimentación no convencional para las aves en el trópico. XIV Congreso Latinoamericano de Avicultura. Memorias. Santiago, Chile. p.73. 1995.
- Marounek, M., Bartos, S. y Brezina, P. Z. Tierphysiol. Tierernahr. Futtermittelk. 53:50-58. 1985.
- Mateos, G.G; Lazaro, R; Gonzalez-Alvarado, J.M; Jimenez, E; Vicente, B. Efectos de la fibra dietética en piensos de iniciación para pollitos y lechones, XXI curso de especialización FEDNA., Universidad Politécnica de Madrid.2006.
- Mc Dougall, G.J., Morrison, I.M., Stewart, D. y Hillman, J.R. J. Sci. Food Agric. 70: 133-150. 1996.

- Mertens, D.R. J. Dairy Sci. 80: 1463-1482. 1997.
- Montilla, J.J. Agricultura para la alimentación de la aves y cerdos en el trópico. II Encuentro Regional de nutrición y Alimentación de Monogástricos. Memorias. La Habana, Cuba. P. 1. 1994.
- Morris, E.R. En: Dietary fibre: A component of food: Nutritional function in health and disease, 41-55. London. 1992.
- National Research Council (NRC). Nutrient requirements of dairy cattle. 6th rev. Ed. Washington, D.C. National Academy Press 157 p. 1989.
- Noblet, J.; Le Goff, G, Effect of dietary fibre on the energy value of feed for pigs, animal feed science and technology, 90:35-52. . 2001
- Pereira, M.N.; Garrett, E.F.; Oetzel, G.R.; Armentano, L.E. Partial replacement of forage with non-forage fiber sources in lactating cow diets. I. Performance and Health. J. of Dairy Sci. 82:2716-2730. 1999
- Periago, M.J., Ros, G., López, G., Gutierrez, M.C & Rincón, F. Componentes de la fibra dietética y sus efectos fisiológicos. Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Alimentos. 53:229. 1993.
- Poppi, D.P., Hendrickson, R.E. y Minson, D.J. J. Agric. Sci. 105:9-14. 1985.
- Potty, V.H. Physico chemical aspects, physiological functions, nutricional importance and technological significance of dietary fibers. A critical appraisal. J. Food. Sci. Technol. 33:1. 1996.
- PROMEFA. Programa para el mejoramiento de la evaluación de forrajes y alimentos. Centro de investigación y servicios en nutrición animal. Facultad de Agronomía de Buenos Aires. 2009.
- Roseler, D.K. 1998. Dry matter intake of dairy cows. Prediction, performance and profits. In: Tri- State Dairy Nutrition conference. 97-120. 1998.
- Ruiz, Z, Murphy, B. & Olivera, M. Interacción reproducción nutrición en los animales domésticos, Rev. Col. Cienc. Pec. 12:145.1999.
- Serra, L; Aranceta, J; Mataix, V; Uauy, R. Nutrición y Salud Pública: Métodos, bases científicas y aplicaciones. 2º Edición. (1): 10-11. 2006.
- Sniffen, C.J. Future advancements in dairy nutrition. In: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Indiana, USA. 71-75. 1992.

- Thibault, J.F., Lahaye, M. y Guillon, F. En: Dietary fibre: A component of food: Nutritional function in health and disease. 90: 21-39. London. 1992.
- Van Soest P. J.. Physio-chemical aspects of fiber digestion in I. W. McDonald and A. C. I. Warner (Eds.), Digestion and Metabolism in the Ruminant. The Univ. New England Publ. Unit., Armidale, Australia. 1975
- Van Soest, P. J. Nutritional Ecology of the Ruminant. O and B Brooks, Inc., Corvallis, 1982.
- Wattiaux, A.M. Composición y análisis de alimentos. Universidad de Wisconsin-Madison. 1996.
- Weis, W.P. Evaluating nutritional quality of alternative feeds using chemical analysis. Feeding and nutrition. 1993a.
- Weis, W.P. Fiber requirements of dairy cattle: Emphasis NDF-Department of Dairy Science. Ohio, USA.pp. 63-76. 1993b.
- Weiss, W.P. Nutrition and management of periparturient cows. In: Curso de nutrición de Ganado lechero. LANCE. 5p. 2000
- Wenk, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. Animal feed Science and technology. 21-33. 2001.