

**UDS**

**LIBRO**

BROMATOLOGIA ANIMAL  
*MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA*

*CUATRIMESTRE III*

MAYO-AGOSTO

---

## Marco Estratégico de Referencia

---

### ANTECEDENTES HISTORICOS

Nuestra Universidad tiene sus antecedentes de formación en el año de 1979 con el inicio de actividades de la normal de educadoras “Edgar Robledo Santiago”, que en su momento marcó un nuevo rumbo para la educación de Comitán y del estado de Chiapas. Nuestra escuela fue fundada por el Profesor de Primaria Manuel Albores Salazar con la idea de traer Educación a Comitán, ya que esto representaba una forma de apoyar a muchas familias de la región para que siguieran estudiando.

En el año 1984 inicia actividades el CBTiS Moctezuma Ilhuicamina, que fue el primer bachillerato tecnológico particular del estado de Chiapas, manteniendo con esto la visión en grande de traer Educación a nuestro municipio, esta institución fue creada para que la gente que trabajaba por la mañana tuviera la opción de estudiar por las tarde.

La Maestra Martha Ruth Alcázar Mellanes es la madre de los tres integrantes de la familia Albores Alcázar que se fueron integrando poco a poco a la escuela formada por su padre, el Profesor Manuel Albores Salazar; Víctor Manuel Albores Alcázar en septiembre de 1996 como chofer de transporte escolar, Karla Fabiola Albores Alcázar se integró como Profesora en 1998, Martha Patricia Albores Alcázar en el departamento de finanzas en 1999.

En el año 2002, Víctor Manuel Albores Alcázar formó el Grupo Educativo Albores Alcázar S.C. para darle un nuevo rumbo y sentido empresarial al negocio familiar y en el año 2004 funda la Universidad Del Sureste.

La formación de nuestra Universidad se da principalmente porque en Comitán y en toda la región no existía una verdadera oferta Educativa, por lo que se veía urgente la creación de una institución de Educación superior, pero que estuviera a la altura de las exigencias de los jóvenes que tenían intención de seguir estudiando o de los profesionistas para seguir preparándose a través de estudios

de posgrado.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de cuarenta alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzitol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el Corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y Educativos de los diferentes Campus, Sedes y Centros de Enlace Educativo, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca a nivel nacional e internacional.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de cuarenta alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzitol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y educativos de los diferentes campus, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca.

## **MISIÓN**

Satisfacer la necesidad de Educación que promueva el espíritu emprendedor, aplicando altos estándares de calidad Académica, que propicien el desarrollo de nuestros alumnos, Profesores, colaboradores y la sociedad, a través de la incorporación de tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## **VISIÓN**

Ser la mejor oferta académica en cada región de influencia, y a través de nuestra Plataforma Virtual tener una cobertura Global, con un crecimiento sostenible y las ofertas académicas innovadoras con pertinencia para la sociedad.

## **VALORES**

- Disciplina
- Honestidad
- Equidad
- Libertad

## ESCUDO



El escudo de la UDS, está constituido por tres líneas curvas que nacen de izquierda a derecha formando los escalones al éxito. En la parte superior está situado un cuadro motivo de la abstracción de la forma de un libro abierto.

## ESLOGAN

“Mi Universidad”

## ALBORES



Es nuestra mascota, un Jaguar. Su piel es negra y se distingue por ser líder, trabaja en equipo y obtiene lo que desea. El ímpetu, extremo valor y fortaleza son los rasgos que distinguen.

---

## BROMATOLOGIA ANIMAL

---

### **Objetivo de la materia:**

Que el alumno entienda la importancia nutricional de los ingredientes usados para la alimentación animal, la ubicación de los mismos dentro de un contexto de clasificación internacional, así como la aplicación de los métodos de análisis comúnmente usados para cuantificar los nutrientes que poseen los alimentos para animales.

**UNIDAD I****UNIDAD I NOMENCLATURA, CONCEPTOS Y BIOQUIMICA DE LOS ALIMENTOS.**

- 1.1 Generalidades de bromatología palabras claves
- 1.2 Bioquímica de los alimentos
- 1.3 Importancia de la Bromatología en la Zootecnia
- 1.4 Planificación de dietas para bovinos en diferentes tipos de producción
- 1.5 Dieta para producción de engorda y leche
- 1.6 Nomenclatura de los alimentos (NRC)
- 1.7 Clasificación de los alimentos (NRC)
- 1.8 Pienso grosero seco y pienso grosero fresco
- 1.9 Forrajes y Ensilados, valores nutritivos
- 1.10 Aditivos, complemento y suplementos
- 1.11 Composición de los alimentos (AQP)
- 1.12 Análisis e interpretación de tablas de alimentos

**UNIDAD II EVALUACION FISICO-QUIMICA DE LOS ALIMENTOS**

- 2.1 Conceptos y métodos fisicoquímicos.
- 2.2 El Sistema Weende o Análisis Químico Proximal (AQP)
- 2.3 Determinación de Humedad y de Materia Seca, Determinación de materia orgánica e inorgánica
- 2.4 Determinación de Extracto Etéreo (Lípidos) Determinación de Proteína Cruda (Nitrógeno)
- 2.5 Determinación de Fibra Cruda y componentes de la pared celular
- 2.6 Determinación de Elementos Libre de Nitrógeno (ELN, Carbohidratos).
- 2.7 Determinación de los componentes de la pared celular (Método Van Soest)
- 2.8 Conceptos básicos de la pared celular vegetal Otras determinaciones físico-químicas
- 2.9 Fracciones de la proteína Taninos Compuestos secundario Vitaminas y Minerales
- 2.10 N.I.R.S Cromatografía de gases
- 2.11 pH del alimento

**UNIDAD III BIOENERGETICA DE LOS ALIMENTOS**

- 3.1 Conceptos de Bioenergética: Energía, Trabajo, Termodinámica, Caloría, Joule.
- 3.2 Calorimetría Distribución de la energía en el organismo Distribución de la proteína en el organismo
- 3.3 Proteína Cruda Proteína Verdadera Proteína degradable en rumen
- 3.4 Proteína microbiana Nitrógeno No Proteico
- 3.5 Proteína Metabolizable
- 3.6 Total de Nutrientes Digestibles (TND)
- 3.7 Conceptos de digestibilidad
- 3.8 Digestibilidad verdadera y aparente
- 3.9 Digestibilidad biológica de los alimentos
- 3.10 Digestibilidad de los alimentos
- 3.11 Concentrados proteicos de origen animal

- 3.12 Digestibilidad in situ y Digestibilidad in vitro
- 3.13 Digestibilidad in vivo
- 3.14 Digestibilidad de la materia seca
- 3.15 Manejo de animales fistulados

#### **UNIDAD IV**

#### **RECURSOS FORRAJEROS DE PASTOREO**

- 4.1 Generalidades de los forrajes
- 4.2 Conservación de los recursos forrajeros de corte Forrajes de corte seco
- 4.3 Ensilados Ensilaje
- 4.4 Tipos de ensilado Concentrados energéticos Alimentos energéticos de origen vegetal
- 4.5 Granos de cereales
- 4.6 Balanceo de Raciones (cuadrado de Pearson y derivadas)
- 4.7 Conservación de alimentos forrajeros
- 4.8 Requerimientos energéticos, factor atwater
- 4.9 Requerimientos energéticos en animales de compañía
- 4.10 requerimientos energéticos en animales de producción.
- 4.11 Alimentos tóxicos

## **UNIDAD I NOMENCLATURA, CONCEPTOS Y BIOQUIMICA DE LOS ALIMENTOS.**

### **I.1 GENERALIDADES DE BROMATOLOGIA, CONCEPTOS CLAVES**

Se encarga de analizar desde la materia prima alimenticia hasta los productos semielaborados y elaborados una vez terminados. Estudia la composición biológica, química y física de la comida e interviene en la creación de nuevos productos alimenticios para garantizar que sean nutritivos, seguros y deliciosos.

El bromatólogo también investiga los métodos más adecuados para mantener la comida en buenas condiciones y propone los mejores procedimientos para procesar, almacenar, preservar y preparar los alimentos teniendo en cuenta las características de los mismos.

En la práctica, el bromatólogo puede encargarse de evaluar la calidad nutritiva de los alimentos y elaborar las etiquetas de composición nutricional. También puede hacer pruebas de digestibilidad y disponibilidad para conocer cómo el organismo humano absorbe los nutrientes y aplicar análisis químicos para determinar la fecha de caducidad de los alimentos.

El término Bromatología tiene sus orígenes en el griego Bromatos, que significa alimento y logía, que se traduce como estudios; en ese sentido, esta disciplina se dedica a la investigación que se realiza de manera integral sobre los alimentos.

Otras áreas científicas complementan el estudio llevado a cabo por la bromatología, tal como ocurre con la biología, la química y la física.

En ese orden de ideas, con esta rama de la ciencia lo que se procura es hacer el análisis físico, químico e higiénico (es decir, de las toxinas y microorganismos), que se encuentran presentes en los productos que son consumidos por los animales.

Por otro lado, la bromatología también se encarga de realizar el cálculo de las dietas en las diversas especies que son sometidas al estudio y, además, ayuda al tratamiento y conservación de los alimentos.

Es fundamental en la industria de la producción alimentaria que quienes en ella intervienen conozcan los usos del estudio bromatológico, ya que les permite contribuir con la nutrición y salud de sus animales, especialmente las de aquellos que se utilizan

en la producción de alimentos con alto contenido proteico.

La bromatología es la ciencia que estudia todos los aspectos relacionados con los alimentos para conocer su composición cualitativa y cuantitativa. Por consiguiente, analiza los alimentos desde diferentes enfoques:

- **Nutricional.** Determina la composición exacta del alimento analizando sus macronutrientes y micronutrientes, así como otras sustancias que puedan estar presentes, ya sean polifenoles, fructooligosacáridos o microorganismos con acción probiótica.
- **Organoléptico.** Analiza las características de los alimentos que se pueden percibir a través de los sentidos, como su textura, sabor, aroma y forma, las cuales influyen en la experiencia gastronómica.
- **Fisicoquímico.** Estudia las características físicas y químicas del alimento, como la cantidad de agua que contiene, su densidad o la temperatura y presión necesarias para que cambie de estado.
- **Microbiológico.** Investiga las bacterias, virus, levaduras u otros microorganismos que están presentes en los alimentos de forma natural, así como aquellos que pueden proliferar a lo largo de su vida útil, sobre todo los que pueden suponer un riesgo para la salud humana.

Uno de los objetivos principales de la bromatología es conocer la estructura cualitativa y cuantitativa, tanto del alimento, como de de las materias primas con las que se elaboran, para así poder estudiar los productos que están alimentando a determinadas especies y, por ende, saber cuáles son los beneficios que le aporta a su nutrición.

Asimismo, esta ciencia le permite al hombre fiscalizar y legislar en materia alimentaria, impidiendo de ese modo que se produzcan modificaciones en la calidad e higiene que deben estar presentes en la producción de alimentos para el consumo humano.

Dentro de la Bromatología nos podremos encontrar con dos subramas

- La antropobromatología (estudio de los animales destinados al consumo de los seres humanos)
- La zoobromatología (estudios de los alimentos destinados a las diferentes especies animales).

Relación con otras ciencias

La bromatología se relaciona con ciencias como la química, la biología y la física; igualmente con la nutrición, la bioquímica, la farmacología y la toxicología.

Abarca el estudio de las sustancias alimentarias en los siguientes aspectos:

- Determinación de la composición y propiedades nutricionales de los alimentos naturales, procesados y sus adulteraciones
- Comprobación de estándares de higiene y calidad fisicoquímica incluyendo la organoléptica
- Estudio de los cambios químicos y bioquímicos producidos durante la manipulación, industrialización, almacenamiento (pérdidas en vitaminas, minerales, desnaturalización de proteínas, etc)
- Mejoramiento de los alimentos con respecto al color, olor, sabor, textura, valor nutritivo y funcionalidad
- Conocimiento de la legislación

## 1.2 Bioquímica de los alimentos

Además, es necesario resaltar que la importancia de la bioquímica se ve reflejada, por ejemplo, en los avances que a diario vemos en áreas como la medicina, salud pública, farmacología, agroalimentación e incluso la biotecnología, es decir, beneficios para la vida misma. Lo mismo aplica para otras áreas del conocimiento importantes para la vida como la toxicología.

Por lo tanto y en definitiva, la Bioquímica estudia, entiende y mejora los procesos vitales de los seres vivos para mejorarlos o prevenir afecciones potencialmente mortales.

La Bioquímica de los alimentos o de la Nutrición estudia los procesos mediante los que el organismo vivo utiliza los distintos componentes de los alimentos (nutrientes), para la liberación de energía, el desarrollo y mantenimiento de las estructuras corporales, y la regulación de los procesos metabólicos

Los alimentos son sustancias que son consumidas por el organismo que pueden contribuir o no con un valor nutritivo, cada alimento presenta características físicas, químicas y organolépticas diferentes y que contribuyen con su funcionalidad y la interacción que tendrán con otros alimentos y con el organismo. La Bioquímica de los alimentos, es la rama de la bioquímica que estudia las características, físicas, químicas y organolépticas de los alimentos, la interacción que tienen con otros alimentos, sus reacciones químicas y su valor nutritivo.

En definitiva, la bioquímica de los alimentos describe la estructura, la organización y las funciones de la materia viva en términos moleculares. Su campo es tan amplio, que para un mejor conocimiento, puede organizarse en tres áreas principales:

- La química estructural de los componentes de la materia viva y la relación de la función biológica con la estructura química.
- El metabolismo, la totalidad de las reacciones químicas que se producen en la materia viva.
- La química de los procesos y las sustancias que almacenan y transmiten la información biológica (genética molecular).

### **1.3 Importancia de la bromatología en la Zootecnia**

La bromatología, como rama de la nutrición, se encarga de estudiar científicamente los alimentos, desde un aspecto integral que abarca el análisis químico, físico, nutritivo, e higiénico, entre otros. La importancia de todos estos estudios y sus resultados es fundamental para garantizarle a la sociedad alimentos con un correcto tratamiento y conservación.

De este modo podemos afirmar que la importancia de la bromatología radica en tres puntos principales: lo económico, lo higiénico y lo legislativo. Por lo tanto sus principales tareas están abocadas en lograr los siguientes objetivos:

### Objetivos de la bromatología

- Conseguir una cantidad de alimentos adecuada para la población en cuestión, ofreciendo productos saludables y nutritivos, sin tóxicos ni alteraciones.
- Fijar ciertos procedimientos específicos tanto de elaboración como de conservación de los alimentos, para que los mismos conserven sus niveles nutritivos y también comerciales.
- Establecer ciertas normas y reglas relacionadas con los procedimientos y técnicas de producción industrial, transporte y expendio de alimentos.

Los locales que ofrecen al público alimentos y comidas como supermercados, restaurantes, cafeterías y rotiserías, etc, deben cumplir con ciertas normativas para asegurar la calidad e inocuidad de los alimentos que se están ofreciendo y de este modo garantizar la salud de los consumidores.

En bromatología, el control de la calidad y de los tratamientos de los alimentos abarca diferentes etapas desde la producción, hasta el transporte, almacenaje y preparación. Por lo tanto, los responsables del lugar deben encargarse de que todas las etapas de la cadena alimentaria cumplan con las normas y regulaciones correspondientes. Ya sea eligiendo a proveedores responsables, como capacitando a todo el personal de cocina y aplicando las buenas prácticas de manipulación de los alimentos.

### **I.4 Planificación de dietas para bovinos en diferentes tipos de producción**

La dieta alimentaria para el ganado bovino se elige teniendo presentes 3 métodos: evaluación del hato, análisis de forrajes y diseño de la ración a suministrar. Según expertos, este es el secreto para disminuir costos de comida y aumentar la producción.

#### Método I

En ese orden de ideas, el método 1 para alimentar bovinos parte de la evaluación del ganado en finca con lo que se determina el número de animales y su sexo, debido a que los novillos, vacas y toros requieren diferentes dietas.

“Las vacas son las que tienen la alimentación más difícil de formular porque atraviesan periodos reproductivos que determinan cuándo requieren más o menos nutrientes en su dieta (embarazo o lactancia)”, expone un documento sobre ganadería.

Se prioriza en el ganado delgado para crear una dieta que les permita recuperar peso. Luego se clasifican las vacas lecheras, las cuales necesitan una ración mayor de las que están en gestación. Mientras que el ganado de engorde consume raciones de alta calidad, sobre todo meses antes de ser enviado a planta de sacrificio.

También se debe diferenciar, aclara el documento: “Si el ganado está en crecimiento, se está manteniendo para conservar su peso, para que lo pierda o suba algunos kilos”.

De igual manera, el ganado en crecimiento, los toros jóvenes y las vaquillonas deben recibir comida con más energía y proteína respecto de aquellos animales que se busca conserven su peso.

La raza bovina no se descarta a la hora de examinar el tipo de comida a suministrar. “Uno puede pensar que no es importante, pero determinar la raza del ganado permite decidir cómo alimentarlo y lo que cada una necesitará para crecer saludable y ser animales fértiles”.

## Método 2

El método 2 hace referencia a la evaluación del forraje y el suplemento, ya sea heno, granos, silo o mezclas.

Alex Fernando Gutiérrez, zootecnista y experto en nutrición de ganado de leche, dijo que las cualidades proteicas de los forrajes varían según la zona, lo que ayudará al ganadero a conocer qué suplemento dar a los animales para suplir

la ausencia de cualidades nutricionales.

La suplementación es la segunda elección nutricional a escoger y las raciones elegidas dependerán de si el ganado es de lechería especializada, carne o doble propósito. Según Gutiérrez porque cada finca es “mundo diferente”. Jhon Harolld Perdomo, médico veterinario y profesional en gestión productiva y salud animal de la Federación Colombiana de Ganaderos, Fedegán, señaló que el mejoramiento de praderas y la utilización de diversas leguminosas es una medida rentable para el productor que quiere resultados satisfactorios en cuanto a cantidad y calidad de leche.

“Es de recalcar que antes de pensar en la genética del ganado a incorporar en finca se debe hacer mejoramiento de praderas. Un animal mal alimentado nunca tendrá buena producción”, puntualizó Perdomo.

### Método 3

Consiste en el diseño de la ración de comida para el hato. El ganadero que ha llegado a este punto deberá sacar papel y lápiz para calcular la ración a suministrar a sus animales.

“Es importante saber y poder calcular los requerimientos diarios del ganado. Típicamente, un bovino come entre 1,5 % y 3 % de su peso corporal al día, con un promedio de un 2,5 % de su peso”, se recalca en el documento de ganadería.

La medición promedio de comida a proporcionar a cada animal se calcula con el peso en libras o kilogramos del animal dividido en 0,025, lo que dará la ración total diaria a dar.

“Preste atención al hecho de que las vacas lactantes consumen 50 % o más de lo que se considera normal. Esto significa que en vez de consumir 2,5 % de su peso, comerán aproximadamente un 5 %”.

La dieta bovina debe incluir proteína, energía, minerales y agua todos los días. Los expertos en salud animal sugieren a los productores pecuarios buscar asesoría para mejorar la producción en su finca.

## **1.5 Dieta para producción de engorda y leche**

### **PRODUCCION DE ENGORDA**

En muchos ranchos dedicados a la producción de carne a nivel intensivo es importante realizar una buena planeación de las diferentes actividades zootécnicas-productivas y llevar adecuados registros económicos.

Actualmente la producción de carne bovina en estabulación en México así como en el mundo, ha reducido sus márgenes de utilidad económica ya que se ha incrementado sustancialmente el alto costo de las materias primas para las raciones, principalmente en los granos como el maíz, aunque también ha aumentado el costo de los insumos como medicamentos, fletes, mano de obra, etc., lo que ha traído como consecuencia menor rentabilidad de las empresas.

La producción de carne bovina en el sistema de estabulación, aún presenta numerosas imperfecciones o deficiencias técnicas principalmente en la disciplina de qué, cómo y cuándo hacer las cosas, lo que ha traído como consecuencia que muchos productores o bien los mismos encargados de la explotación, realicen las actividades zootécnicas de una manera sui generis sin tomar en cuenta una metodología técnica que beneficie la productividad.

A continuación se describen los puntos más importantes para desarrollar la engorda de toretes bajo estabulación en el trópico.

### **PRODUCCIÓN DE LECHE**

No importan los criterios que se utilicen para clasificar los alimentos, siempre hay algunos alimentos que no caben bien en una categoría o que se pueden ubicar en más de una categoría. Por ejemplo, la clasificación de alimentos como forrajes o concentrados es práctica, y se ha utilizado extensivamente para determinar la suficiencia de las raciones. Sin embargo, hay muchos alimentos que no caben bien en cada categoría. Por ejemplo, 50 a 60% del ensilaje de maíz es grano. ¿Cómo deberíamos considerarlo como forraje o concentrado? La pepa de algodón puede contener hasta 37% de fibra, sin embargo no tiene mucho valor para estimular la rumia.

La clasificación de los alimentos no es tan importante como tener un conocimiento de las características y los factores que afectan el valor nutritivo de los alimentos que se encuentran disponibles en la finca.

El Consejo Nacional de Investigación (NRC) de los Estados Unidos ha desarrollado un sistema para clasificar y denominar los alimentos. Para establecer una uniformidad, el sistema se basa en una descripción detallada del alimento y le asigna a cada alimento un número internacional.

A continuación hay una descripción de cómo se denominan los alimentos:

1. Origen (mineral, vegetal, animal);
2. Especies (variedad o tipo);
3. La parte comestible;
4. Procesamiento o tratamiento;
5. Etapa de madurez;
6. Corte o cosecha;
7. Designación de grado o de la calidad;
8. Clasificación (forraje, energía, proteína, etc.).

Los alimentos se clasifican de la siguiente manera:

1. Forrajes secos: Heno (leguminoso y no leguminoso), paja, panca, chala, y otros alimentos de alta fibra (cáscaras);
2. Pastos, plantas de pradera y forrajes verdes;

3. Ensilaje: maíz, otras gramíneas y leguminosas;
4. Alimentos de energía, granos de cereales, subproductos de molienda, frutas, nueces y raíces;
5. Suplementos de proteína: de plantas, fuentes marinas, aves, y de animales;
6. Suplementos de minerales;
7. Suplementos de vitaminas;
8. Aditivos no nutritivos: sabores y medicamentos.

### **FORRAJES**

En general, los forrajes son las partes vegetativas de una planta que contiene una alta proporción de fibra (más de 30% fibra neutro detergente). Se requieren en la dieta en una forma física bruta porque contribuyen significativamente a:

1. Estimular la rumia y la salivación, procesos importantes para mantener un ambiente sano en el rumen;
2. Estimular las contracciones del rumen y el ritmo de salida de la digesta del rumen, que a su vez mejora la eficiencia del crecimiento de las bacterias del rumen;
3. Evitar la depresión de grasa en la leche, que puede resultar cuando los alimentos tienen una proporción de concentrados muy alta. Las raciones que contienen menos de 35% forraje resultan en la producción de leche con un bajo contenido de grasa.

Típicamente, los forrajes se producen en la misma finca. Se puede pastorear directamente, o cosecharlos y preservarlos como heno o ensilaje. Así, los forrajes son la fuente más barata de alimento para las vacas. Según la etapa de lactancia, deben contribuir a hasta 100% (para vacas no lactantes) a menos de 35% (vacas en la primera parte de lactancia) del contenido de materia seca en las raciones de las vacas lecheras.

## **1.6 Nomenclatura de los alimentos (NRC)**

Tomando en cuenta el papel que desempeñan en el organismo, los alimentos se pueden dividir en plásticos y energéticos, aunque la mayoría son de tipo mixto; entre los plásticos tenemos las sales y el agua, igualmente las proteínas, aunque estas forman parte también del grupo energético, el cual comprende además los glúcidos y las grasas.

De acuerdo a su estructura son simples y compuestos; según su poder nutritivo hay alimentos incompletos y completos. Por lo general los alimentos simples son incompletos y los compuestos son completos; aunque únicamente se considera alimento completo a la leche. Y esto únicamente durante unos cuantos días o meses de la lactancia de los mamíferos. Según su origen en la naturaleza, son alimentos minerales, animales y vegetales.

En la alimentación de los animales domésticos excepto el perro, predominan los de origen vegetal y estos se clasifican según su composición en concentrados, de lastre y suculentos.

Los concentrados son los que tienen un volumen reducido en relación con la masa y tiene una reducida cantidad de fibra cruda y agua, y al contrario gran cantidad de alimentos nutritivos digeribles y por lo general contienen en su mayor parte proteínas. Están constituidos por la porción reproductiva de las plantas, semillas y sus subproductos industriales. La mayoría de los alimentos de origen animal al estar deshidratados, se les considera también como concentrados, sobre todo como concentrados proteínicos o ricos en proteína.

Los alimentos de lastre son voluminosos, contienen gran cantidad de fibra cruda y celulosa, y escasa cantidad de alimentos valiosos. Están formados por las porciones vegetativas de las plantas (tallos y hojas) casi siempre secas, es decir después de la fructificación, se les llama comúnmente pajas y rastrojos.

Los suculentos son voluminosos y contienen gran cantidad de agua y escasez de otros alimentos (proteínas, hidratos de carbono, y grasas). Están formados por las raíces y tubérculos, así, como por las porciones vegetativas de las plantas, al estado verde (antes de la floración).

De origen mineral: Ca, P, Na, Mn, Mg, Co, etc.

De origen animal: harinas de carne, pescados, huesos etc.

La siguiente es una clasificación de los alimentos del N. R. C. (Academia Nacional de Ciencias) de EE.UU., de mucho uso en el país.

Nombre de los alimentos.

El nombre ideal de un alimento debe ser exacto en:

- a) Describirlo genéticamente y morfológicamente.
- b) Definir su calidad o categoría.
- c) Indicar su localización en la clasificación de alimentos, es decir, proporcionar información que permita al nutriólogo comprender mejor su composición química.

### **1.7 Clasificación de los alimentos (NRC)**

La clasificación del NRC (National Research Council) posee ocho partes potenciales, cada una de las cuales proporcionan información específica para comprender el papel que podría desempeñar el producto de una ración alimenticia. Estas 8 partes son las siguientes:

- 1) Origen. Se refiere a la materia prima de la que procede el material comestible y abarca el nombre del vegetal, animal, mineral o de otro producto origen de un alimento.
- 2) Variedad o clase. Por ejemplo, el alimento animal “Leche” puede proceder de la vaca o de la cabra, si hablamos del maíz podemos hablar de la variedad amarilla o blanca, trigo blando o duro, vena nueva o vieja.
- 3) Parte comestible. Es la porción de la materia prima que realmente se consume, por ejemplo, hablando de los vegetales como son las hojas, tallos o semillas o recortes de carne, leche o huevo, procedentes de animales.
- 4) Procesos o tratamientos. Algunas partes de la materia prima de los alimentos son sometidas a procesos o tratamientos como son henificación, ensilado, trituration,

calentamiento, tamizado, cernido, extracción, digestión, granulado, etc. Esto es importante que por ejemplo en algunos alimentos el calentamiento excesivo daña los nutrientes de algunos productos, otros tan solo pueden ser aprovechados después de calentarlos. Para ciertas especies animales el calentamientos o desnaturalización resulta mas digestible para ciertos, mientras dicho tratamiento determina menor digestibilidad para otros.

- 5) Fase de maduración. Se aplica sólo a productos groseros, en términos generales, ya que quizá se en ellos el factor más importante al determinar valores nutritivos, ejemplo los pastos de gramíneas forrajeras en fase vegetativa poseen un valor nutritivo máximo para los rumiantes, ya que al avanzar la maduración se lignifican las estructuras vegetales. La presencia de lignina dificulta la digestibilidad del forraje.
- 6) Corte o numero de cosecha. Indica si el alimento grosero proviene de un primer corte o primera cosecha, segundo, tercero, etc., esto hace variar la calidad nutritiva del forraje.
- 7) Indicación de la clase o calidad. Muchos alimentos como henos y cereales han sido clasificados de acuerdo a estándares del gobierno, que garantiza mínimos o máximos de contenidos como proteínas, carbohidratos, grasas, minerales, fibras o sustancias tóxicas.
- 8) Clasificación. Para ello se utiliza del numero 1 al 8.

#### Clasificación NRC de los alimentos

Según esta clasificación los productos que contienen más de 18 %de fibra bruta una vez se clasifican como alimentos groseros; los que presentan el 20 % o más proteína como suplementos proteicos; los que contienen menos del 20% de proteína y menos del 18 % de fibra fruta como alimentos energéticos.

En la tabla siguiente se incluyen los componentes de la nomenclatura N.R.C. para los alimentos como ejemplos de cómo se aplican a determinados alimentos. En dicha tabla aparecen claramente los componentes, podemos apreciar en forma particular dónde se han omitido los que carecen de significación o que son desconocidos.

#### Componentes de la nomenclatura NRC para alimentos

El nombre debería escribirse normalmente en forma lineal, con los componentes siguiendo un orden consecutivo separando con comas sin ninguna otra puntuación tal como sigue:

- 1.- Alfalfa, Ranger, hojas, deshidratada, granulada, floración precoz, corte I calidad de EE.UU. (1).
- 2.- Maíz amarillo, grano sin germen, molido (4)
- 3.- Soya, semilla, extracción con solvente, molida, 44 proteína mínima y 7 fibra máximo.

## **1.8 Pienso grosero y pienso fresco**

### **Pienso grosero seco**

Materias primas que contienen más del 18% de fibra cruda (FC), menos del 15% de humedad y una baja densidad de nutrientes.

Por ejemplo ingrediente:

Heno secado al sol.

Numero internacional I-01-104

MS 91

FC 30.1

PC 9.4

EM 1.61

### **Pienso grosero fresco**

Materias primas que contienen más del 18% de FC, más del 15% de humedad y una baja densidad de nutrientes. Son de gran volumen y pocos nutrientes.

## **1.9 Forrajes y Ensilado, valor nutritivo de los alimentos**

El ensilaje es la fermentación de los carbohidratos solubles del forraje por medio de bacterias que producen ácido láctico en condiciones anaeróbicas. El producto final es la conservación del alimento porque la acidificación del medio inhibe el desarrollo de microorganismos. El oxígeno es perjudicial para el proceso porque habilita la acción de microorganismos aerobios que degradan el forraje ensilado hasta CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

Este proceso sirve para almacenar alimento en tiempos de cosecha y suministrarlo en tiempo de escasez, conservando calidad y palatabilidad a bajo costo, permitiendo aumentar el número de animales por hectárea o la sustitución o complementación de los concentrados. Este tipo de alimento se emplea para manejar ganado en forma intensiva, semi intensiva o estabulada.

El ensilaje es una excelente opción para la alimentación en las ganaderías del país por la gran variedad de forrajes, la intensidad solar y el nivel de lluvias que existen en el trópico. Por las condiciones anteriores se pueden producir varias cosechas en el año, mientras en los países con estaciones solo se cosecha una vez al año. También hay que destacar que en nuestro país más de la mitad del maíz y otros cereales que se utilizan para la elaboración de concentrados animales, sobre todo para ganado bovino, son importados; por lo que es un sistema de alimentación costoso para el ganadero, convirtiéndose así el ensilaje en un modo de alimentación más económica que puede cumplir con los requerimientos nutricionales del animal. Casos como el de ensilaje de maíz en México, se han convertido en una alternativa muy económica para los criaderos de ganado puro, dándoles a los animales más volumen corporal sin acumulación de grasa y con mayor aumento de peso mensual.

El ensilado de cultivos forrajeros o de subproductos industriales podría ser una contribución importante para optimizar el funcionamiento de los sistemas de producción animal en zonas tropicales y subtropicales, pero su empleo es todavía muy escaso. Si bien esto se debe en parte a los bajos precios de los productos ganaderos, al poco uso de la mecanización y al alto costo de los materiales para el sellado del silo, también se debe a la falta de experiencia práctica en la técnica del ensilaje. Se necesitan, además, más investigaciones para dilucidar ciertos temas específicos del ensilaje en zona tropical. Uno de estos temas se refiere al hecho que las gramíneas y las leguminosas tropicales tienen una alta concentración de componentes de la pared celular y un menor contenido de carbohidratos disponibles para la fermentación, comparados con cultivos forrajeros de zonas templadas. Además, la temperatura del ambiente durante el período de almacenaje en la zona tropical es mayor que aquella de climas templados, lo cual proporciona una gran ventaja. Por otro lado, debe considerarse que algunos materiales empleados para sellar los silos se rompen al no soportar la fuerte radiación solar del trópico, lo que puede contribuir a dañar la estabilidad aeróbica del ensilaje. A pesar de todas las dificultades, es altamente probable que las técnicas de ensilaje empleadas en zonas templadas puedan servir para adaptar y desarrollar variantes apropiadas para las condiciones tropicales.

## Complemento vitamínico

Las vitaminas son compuestos orgánicos requeridos para el mantenimiento y crecimiento de los animales, las cuales no son sintetizadas por ellos, por lo que tienen que aportarse en la dieta o por alguna otra vía. Las vitaminas tampoco son fuente de energía ni forman parte de las estructuras del cuerpo pero son indispensables para el metabolismo y algunas funciones específicas en el organismo.

Las vitaminas se clasifican de acuerdo a su solubilidad en hidrosolubles y liposolubles: las liposolubles (A, D, E y K) están formadas únicamente de carbono, hidrógeno y oxígeno, mientras que las hidrosolubles poseen además nitrógeno, azufre o cobalto, exceptuando la vitamina C e inositol. Como resultado de la síntesis microbiana, los rumiantes adultos aparentemente no requieren de suplementación de este grupo de vitaminas; sin embargo, debido a la intensificación de los sistemas de producción (dietas altas en concentrados, uso de aditivos que aceleran la tasa de crecimiento, estrés crónico) es posible, que bajo ciertas condiciones, la síntesis microbiana de vitaminas se deprima y/o se incrementen los requerimientos de ciertas vitaminas del complejo B en el animal por lo que pudiera considerarse la utilización de suplementos vitamínicos .

En rumiantes las deficiencias vitamínicas son más comunes en pastoreo (nrc, 2000) y es común la aplicación intramuscular de vitaminas A, D y E, a la llegada de los animales al corral de engorda con el objetivo de prevenir deficiencias y mejorar el estado de salud en general; y cada vez es más común el uso de dosis supra nutricionales de vitaminas con el objetivo de mejorar las características de la canal y mejorar la calidad de la carne. Además, la disponibilidad de vitaminas que pueden estar protegidas de la degradación ruminal hacen necesario reevaluar su uso y dosis en corrales de engorda sobre todo porque la selección genética y los niveles de producción, así como las situaciones de estrés, han llevado a condiciones donde los requerimientos son presumiblemente más elevados.

## Vitaminas liposolubles y su absorción

### Vitamina A

La vitamina A es necesaria para el crecimiento normal y la salud del ganado bovino y es esencial para el mantenimiento de tejido epitelial (piel, ojo, revestimiento del gastrointestinal, respiratorio, urinario y tractos reproductivos), desarrollo de los

huesos y la visión normal. De acuerdo con el nrc (2000) la vitamina A es la que posee mayor importancia práctica en la alimentación del ganado bovino de engorda debido al limitado uso de forrajes frescos en las dietas de crecimiento-finalización. Los vegetales no poseen vitamina A, sino carotenos o carotenoides ( $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno y criptoxantina), los cuales no tienen actividad de vitamina A como tal pero son precursores de la misma, por lo que se les llama provitaminas. En teoría, una molécula de  $\beta$ -caroteno equivale a dos de vitamina A; sin embargo, la capacidad del ganado bovino de engorda para convertir los carotenos en retinol (que es la forma activa de la vitamina A en los animales) es limitada (nrc, 1996), por lo que tiende a acumularse en el hígado, testículos, cuerpo lúteo, sangre, leche y tejido adiposo. Con respecto al tejido adiposo, existe un problema denominado grasa amarilla, el cual afecta al ganado bovino en pastoreo debido a una menor actividad intestinal de la enzima denominada 15,15'  $\beta$  caroteno dioxigenasa, lo que favorece que se acumule mayor cantidad de  $\beta$ - carotenos en el tejido adiposo de estos animales que provoca que el precio de esas canales sea menor a pesar de que la grasa amarilla no tiene implicaciones sanitarias de ningún tipo.

La vitamina A en ganado bovino de engorda puede afectar la deposición de grasa y su perfil lipídico. Siebert et al. (2006) evaluaron la suplementación semanal de 60,000 ui de vitamina A por 100 kg de peso (30 000 ui/animal/día aproximadamente) observando una significativa disminución en la grasa intramuscular después de 44 semanas con un perfil lipídico más saturado, lo que se consideró negativo en términos de calidad de la carne. Sin embargo, Bryant et al. (2010) no reportaron cambios en producción, marmoleo o actividad enzimática lipogénica en novillos suplementados con 20,000 ui/ día de vitamina A. En el primer caso, la dosis de vitamina A es mayor a la recomendada por el nrc (2000), que es de 2,200 ui/ kg de ms (alrededor de 22,000 ui/ animal al día considerando animales de 400 kg de pv y un consumo de 10 kg de ms), y en el segundo es ligeramente menor. Se sugiere no sobrepasar las recomendaciones del nrc para evitar posibles efectos negativos en la grasa.

#### Recomendaciones vitamina A en corrales de engorda

Las opciones para cubrir los requerimientos de vitaminas liposolubles del ganado en corral son la suplementación diaria en alimento o por aplicación intramuscular de un preparado vitamínico. La vitamina A es altamente degradada en rumen y se estima que solo el 33% del total agregado a la dieta llega al intestino y de ésta el 90% es absorbida, por lo tanto, solo el 30% del total de la vitamina consumida es metabolizada. De acuerdo a estudios realizados, las respuestas positivas a la suplementación de vitamina A

en consumo de ms y ganancia diaria se observan cuando la concentración de retinol plasmático es menor a 0.23 µg/mL. En un estudio reciente evaluaron en becerros Holstein recién llegados la suplementación diaria de 30,000 ui de Vitamina A en forma de retinil palmitato. La suplementación de vitamina A incrementó el consumo y la ganancia diaria sin diferencias entre las formas de vitaminas evaluadas. La otra opción de suministrar vitamina A es aplicar 1 millón de ui de vitamina A en forma intramuscular durante la recepción lo cual le permite una reserva de cuatro meses.

## Vitamina D

La vitamina D es fundamental para mantener la homeostasis del Ca, mineral de gran importancia debido a que está involucrado en una gran variedad de procesos fisiológicos. Se le conoce como vitamina antirraquítica y se sabe de su existencia desde hace más de un siglo, cuando observaron que animales raquíticos mejoraban considerablemente al exponerlos a la luz solar (Berk, 1980). La deficiencia de vitamina D es poco probable en el ganado que se encuentra en instalaciones al aire libre.

Existen dos formas principales de vitamina D: el ergocalciferol, o vitamina D<sub>2</sub>, derivado del ergosterol, un esteroide vegetal; y el colecalciferol, o vitamina D<sub>3</sub>, de origen animal (nrc, 2000). La vitamina D también se obtiene por irradiación de 7-dehidrocolesterol que se encuentra en la piel. El primer paso es convertir las formas inactivas (ergocalciferol, colecalciferol o 7-dehidrocolesterol) en 25-hidroxitamina D en el hígado y posteriormente ésta se convierte en 1,25-dihidroxitamina D en el riñón, que es la forma activa de la vitamina D. El mecanismo de absorción de Ca es un proceso dependiente de la vitamina D que, en el caso de los bovinos se presenta desde el rumen hasta el intestino grueso, siendo precisamente en el rumen donde se absorbe el 50% o más del calcio dietario. En bovinos, el papel de vitamina D ha sido más ampliamente estudiado en el ganado lechero debido a sus implicaciones fisiológicas durante la lactancia.

Se ha estudiado la importancia de la vitamina D en la calidad de la carne, ya que existen varios reportes con dosis elevadas de vitamina D por períodos cortos justo antes del sacrificio de los animales puede mejorar las características

organolépticas de la carne, en especial durante la engorda se han utilizado algún tipo de beta agonista o promotor del crecimiento, los cuales pueden impactar negativamente en la blandura de la carne. Montgomery et al. (2004b) señalan que 500,000 ui de vitamina D por animal/día durante 8 días consecutivos antes del sacrificio son suficientes para mejorar la blandura de diversos cortes sin afectar el desempeño productivo de los animales, debido a que se incrementa la concentración de calcio muscular que favorecen la degradación de la proteína miofibrilar, que aunado a una disminución de la actividad de la  $\mu$ -calpaínas después del sacrificio, es un indicativo de que la actividad proteolítica se incrementa en el tejido vivo. Sin embargo, no todos los reportes coinciden.

Es importante tomar en cuenta la cantidad de vitamina D suplementada a los animales con el fin de evitar problemas de toxicidad tanto a los animales como al consumidor final. Montgomery et al. (2000) informan que suplementar con 10,000,000 ui de vitamina D3 durante 9 días previos al sacrificio, incrementa 30, 114, 27 y 170 veces la concentración de vitamina D3 en músculo, hígado, riñón y plasma de bovinos, por lo que con 63 g de músculo o con 6 g de hígado se alcanzan los 5.6  $\mu$ g/ día de vitamina D3 recomendados por la Norma Oficial Mexicana (nom-051-ssa I-2010) y aunque el proceso de cocción puede destruir hasta 30% la vitamina D3, se recomienda eliminar algunas vísceras de valor comercial, como el hígado o los riñones, debido a las altas concentraciones de vitamina D3 hallados en los animales suplementados.

#### Recomendaciones de vitamina D en corrales de engorda

Como se mencionó anteriormente la suplementación de vitamina D en alimento obedece más a cuestiones relacionadas con características de la canal y los productos cárnicos que a impactos en el comportamiento productivo, aun así, el nrc (2000) indica requerimientos de vitamina D en 275 ui por kg de ms. En ese respecto, se ha demostrado que en animales sin recibir una suplementación extra de vitamina D en el alimento se disminuye la concentración plasmática de 25 (oh) D (3) hasta los 74 días; sin embargo, la concentración de la vitamina en tejido hepático permanece inalterado hasta los 184 días. Esto explica la ausencia consistente en la mejora del crecimiento y eficiencia del ganado en crecimiento-finalización como respuesta a la suplementación extra con vitamina D. Generalmente los aportes de vitamina D se llenan por la aplicación vía inyección de complejos vitamínicos ade al recibimiento del ganado. Si se desea usar la vitamina D para tratar de mejorar la blandura de la carne las dosis pueden variar de 5 a 7.5 millones de ui por animal por día durante 5 a 10 días antes del sacrificio, lo cual solo deberá de considerarse en corrales integrados a la

comercialización y con base a un análisis costo beneficio.

## Vitamina E

La vitamina E funciona principalmente como antioxidante. Debido a que es soluble en grasa, la vitamina E es importante en la protección de las membranas celulares y ayuda a mantener la estructura y la función de todos los músculos, es esencial para el sistema inmunológico. La vitamina E es el nombre colectivo de un grupo de lípidos estrechamente relacionados denominados tocoferoles y tocotrienoles. Engloba ocho formas solubles en grasa, que se han aisladas de fuentes vegetales: cuatro tocoferoles y cuatro tocotrienoles (ambos como  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, y  $\delta$ -); los primeros poseen colas saturadas y los segundos colas insaturadas, y difieren en actividad biológica y antioxidante, siendo el  $\alpha$ -tocoferol la forma de mayor actividad biológica. El isómero D es más activo que la forma L; de hecho, la vitamina E disponible en el mercado de manera comercial se encuentra en forma de acetato de dl- $\alpha$ - tocoferol.

La vitamina E es inestable, oxidándose fácilmente en presencia de minerales y de ácidos grasos poliinsaturados; no obstante, los tocoferoles soportan temperaturas elevadas, ácidos y álcalis, motivo por el cual su contenido es elevado en los aceites comestibles. Cabe resaltar que aun cuando se le incluye en el grupo de las vitaminas liposolubles, la vitamina E presenta pocos efectos tóxicos en dosis elevadas. Ramírez-Mella et al. (2013) ofrecieron hasta 12,000 ui al día a bovinos de leche sin reportar efectos negativos. El nrc (2000) recomienda solo de 50 a 100 ui de vitamina E diariamente para crecimiento de novillos de engorda en finalización; sin embargo, para obtener beneficios a nivel de sistema inmunológico y lograr impactos en la calidad de la carne se pueden incrementar las dosis. Los tocotrienoles se encuentran en concentraciones elevadas en el aceite de palma, el aceite de coco, el germen de trigo y cebada. Los tocoferoles se hallan en abundancia en los aceites de girasol, cacahuate, ajonjolí y oliva.

Al suministrar vitamina E se incrementan los niveles plasmáticos de  $\alpha$ -tocoferol y aproximadamente 99% del  $\alpha$ -tocoferol en la linfa se transporta en los quilomicrones al hígado y todos los tocoferoles y tocotrienoles tienen esta ruta. Posteriormente, el  $\alpha$ -tocoferol aparece en plasma, mientras las formas  $\beta$ -,  $\gamma$ -, y  $\delta$ - se secretan en la bilis o son excretadas en las heces. En plasma, el  $\alpha$ -tocoferol es transportado también por los eritrocitos. El almacenamiento y distribución en el organismo es muy amplio, llevándose a cabo en el hígado, músculo esquelético,

tejido adiposo, corazón, pulmón, riñón, bazo, páncreas, adrenales, cerebro y testículos.

Los efectos de  $\alpha$ -tocoferol y  $\beta$ -caroteno en bacterias ruminales se han estudiado in vitro y deben tenerse presente para futuras evaluaciones. Su adición mejora el crecimiento debido a un mayor crecimiento de bacterias celulolíticas, mismas que están relacionadas con las producciones de ácidos grasos trans como el ácido vaccénico y el ácido linoleico conjugado, los cuales tienen efectos benéficos en la salud de quienes los consumen. Se ha informado que algunos derivados de  $\alpha$ -tocoferol en cultivos de *Butyrivibrio fibrisolvens*: el  $\alpha$ -tocopherinolquinona y el  $\alpha$ -tocopherinolquinol actúan en el proceso de biohidrogenación como donadores de electrones durante la reducción del ácido linoleico conjugado a ácido vaccénico, eliminando el doble enlace cis-9 del ácido linoleico conjugado. La vitamina E podría actuar como donador de electrones. El impacto de esto en dietas altas en grano no ha sido evaluado pues se tendrían poblaciones predominantemente amilolíticas pero podría ser de interés cuando se incluyen altos niveles de lípidos.

La vitamina E se ha utilizado en el ganado de engorda para incrementar la vida en anaquel de la carne. La carne es susceptible de deteriorarse a consecuencia de la oxidación de ácidos grasos y pigmentos contenidos en ella, generando olores, sabores y colores desagradables para el consumidor. La vitamina E, a dosis de 1000 ui diarios previene la formación de metamioglobina y la oxidación de ácidos grasos, manteniendo una apariencia agradable para el consumidor por más tiempo. Al respecto, Montgomery et al. (2005) indican que la adición de 224 ui/kg de alimento incrementa el porcentaje de canales “selectas” y disminuyen las “estándar”, de acuerdo con la escala de calidad de la USDA.

#### Recomendaciones de vitamina E en corrales de engorda

Las respuestas a suplementación de vitamina E en el alimento han sido inconsistentes ya que en algunos estudios la suplementación diaria de 250 UI de vitamina E, en cualquiera de sus formas, ha mostrado efectos positivos en ganancia diaria pero no en otros. El NRC (2000) recomienda una suplementación suficiente para aportar diariamente de 50 a 100 UI. Para animales estresados se recomiendan de 400-500 UI/d.

Otra modalidad de suministro es la aplicación inyectable. La comparación de la aplicación de vitamina E vía subcutánea y la vía intramuscular a becerros recién llegados ha demostrado que se alcanzan niveles de tocoferol plasmático similares. Sin embargo, la vía subcutánea representa menor riesgo en afectaciones al músculo. En forma práctica en la recepción se aplica una inyección que contiene una

combinación de vitamina ADE, no siendo con esto necesaria la suplementación adicional en alimento.

Para corrales donde se tenga la integración de la comercialización el producto hasta la venta en anaquel se sugiere considerar aumentar la vitamina E en alimento con base a un análisis costo beneficio por los incrementos en el tiempo de la calidad de presentación para el cliente final.

#### Vitamina K

La vitamina K consiste en un grupo de compuestos solubles en grasa denominados quinonas los cuales difieren en la naturaleza de su cadena lateral. Está involucrada en diversos factores de coagulación sanguínea y se encuentra en tres formas, dependiendo su origen: la filoquinona o K1 proveniente de fuentes vegetales, la menaquinona K2, sintetizada por la flora bacteriana y la menadiona o K3, de origen sintético. En los rumiantes la principal fuente de vitamina K es la proveniente de las bacterias ruminales (NRC, 2000).

Las deficiencias de vitamina K en rumiantes son muy escasas debido a que los microorganismos ruminales son capaces de sintetizarla en cantidades suficientes; y solo se presentan en caso de consumo accidental de warfarina, comúnmente usado como raticida y dicumarol, producto del enmohecimiento de los forrajes mal conservados. Las dietas de corral de engorda no son suplementadas con vitamina K.

#### Vitaminas hidrosolubles

El uso de suplementos de vitaminas del complejo B en el ganado de engorda prácticamente es inexistente debido a que se argumenta de que la síntesis de estos compuestos a partir de los microorganismos del rumen son suficientes para cubrir los requerimientos; sin embargo, es probable que los requerimientos de vitaminas del complejo B hayan aumentado por la selección genética y los actuales sistemas de producción y se requiera la suplementación de este grupo de vitaminas protegidas de la degradación ruminal.

#### Tiamina

La tiamina forma parte de la carboxilasa la cual es necesaria para reacciones de descarboxilación de cetoácidos, así como para la síntesis de acetilcolina, importante para el impulso nervioso, por lo que su deficiencia causa diversos trastornos neurológicos. La polioencefalomalacia puede presentarse en bovinos de engorda

consumiendo dietas con alto contenido de azufre, en esta situación podría ser recomendable incluir en la dieta un suplemento de tiamina. Otro factor de riesgo para la presentación de polioencefalomalacia es el uso de dietas con altos niveles de melaza. Actualmente, la inclusión de granos de destilería más solubles (ddgs) en sustitución de maíz grano es una práctica común. Los ddgs tienen alta concentración de azufre, por lo que la inclusión de altos niveles (>20%) puede predisponer la presentación de este problema.

Se ha informado del uso de tiamina para reducir la incidencia y la gravedad de la polioencefalomalacia inducida por azufre. El ion sulfito es un metabolito intermediario tóxico del azufre en rumiantes tiene la capacidad para destruir la tiamina causando la deficiencia de tiamina que constituyéndose en un factor de riesgo en la etiología de la polioencefalomalacia asociada con el consumo excesivo de azufre.

#### Recomendaciones de tiamina en corrales de engorda

Se recomienda supervisar el nivel de azufre que no supere el 0.4% y que se analicen los sulfatos en el agua. Si el agua contiene 1000 ppm de sulfato sería equivalente a 0.13% de S. Debe ponerse atención especial cuando se incorporen granos de destilería más solubles por su contenido de azufre.

Si bien algunos investigadores recomiendan la suplementación de 100-500 mg/d de tiamina cuando se presente la polioencefalomalacia algunos trabajos no han logrado demostrar efecto benéfico con dosis de 150 mg/d por lo que lo más importante es la prevención del problema. La evaluación de productos de tiamina protegida de la degradación ruminal en corrales es algo que deberá de realizarse y podrá cambiar las recomendaciones de dosis.

#### Biotina

La biotina es una vitamina hidrosoluble que actúa en el metabolismo intermediario como grupo prostético de las carboxilasas. La acetil-coenzima A carboxilasa-I cataliza la unión de bicarbonato a la acetil-coenzima A para formar malonil-coenzima A para la síntesis de ácidos grasos; la propionil-coenzima A carboxilasa está involucrada en el metabolismo de amino ácidos, colesterol y ácidos grasos de cadena impar; la  $\beta$ -metilcrotonil-coenzima A carboxilasa participa en el metabolismo de la leucina; la piruvato carboxilasa convierte el piruvato en oxalacetato y la acetil-coenzima A carboxilasa-2 regula la oxidación de ácidos grasos. Existen evidencias de que la biotina actúa como un modulador genético involucrada en la expresión de genes, así como en diversas funciones biológicas como en el metabolismo de glucosa y lípidos, y en el sistema inmunológico.

La biotina está relacionada con la diferenciación de células epidérmicas ya que se necesita para producción de queratina y el tejido córneo del casco. Al respecto, varios estudios en ganado lechero indican que la suplementación de 10 a 20 mg/d de biotina mejora el estado de salud de las pezuñas. De acuerdo con Al-Qudah e Ismail (2012), los niveles séricos bajos de biotina en bovinos se relacionan con desórdenes en las pezuñas de rumiantes (1.89 ng/mL en animales con laminitis vs. 2.83 ng/mL en animales sanos); además de estar positivamente relacionada con enzimas con actividad antioxidante como la glutatión peroxidasa y la glutatión reducida. Estos resultados indican que su uso podría evaluarse en corrales de engorda donde se tengan problemas de pezuñas.

#### Recomendaciones de biotina en corrales de engorda

Los requerimientos para biotina no están bien establecidos para bovinos en corral de engorda. Basados en resultados de disminución en la frecuencia de problemas de cascos y mejoras ligeras en la productividad de vacas lecheras se piensa que para ganado de engorda en corral los requerimientos pueden estar en el rango de 10 a 20 mg diarios por animal.

#### Colina

La colina es un compuesto similar a las vitaminas que funciona en varias formas, principalmente como fosfolípido. Desempeña un papel importante en la integridad de la membrana celular y está involucrada en la digestión de lípidos y el transporte. Ha sido clasificada como una de las vitaminas del complejo B pero no satisface la definición estándar de una vitamina.

Los primeros experimentos de su uso en rumiantes en crecimiento mostraron respuestas contradictorias, lo que hacía su suplementación cuestionable. Sin embargo, la posibilidad de usar colina protegida de la degradación ruminal requiere reevaluar su uso en corrales de engorda.

En un experimento con novillos la colina ruminalmente protegida aumentó la ganancia de peso en 6.5%, disminuyó el consumo y mejoró la eficiencia en un 12%. Bryant et al. (1999) probaron distintos niveles de suplementación de colina en ganado en finalización observado las mejores respuestas (11.6%) en ganancia cuando suplementaron con 0.25%, ganancias intermedias (4.3%) con nivel intermedio de suplementación (0.5%) y sin efecto con 1.0% de suplementación lo cual indica que la

dosis debe de establecerse. Resultados similares se obtuvieron en vaquillas en engorda ya que Bindel et al. (2000) observaron una respuesta cuadrática con la mejor respuesta con 20 g/d donde se incrementaron las ganancias en un 8.6%, mientras que dosis mayores afectaron negativamente la ganancia de peso. Existen fuentes de colina vegetal que son una alternativa interesante de evaluar en corrales de engorda dado que tienen un grado de protección natural y su costo es menor que el de otras fuentes protegidas.

## Niacina

La niacina es un componente esencial de dos enzimas co-factores (NADH, NADPH) que están involucrados en más de 200 reacciones en el metabolismo de los carbohidratos, ácidos grasos, y aminoácidos. La disponibilidad de productos protegidos de la degradación ruminal indica que deberán evaluarse en corrales de engorda dado que la mayoría de trabajos han sido realizados en ganado lechero.

## Consideraciones para el uso de vitaminas del complejo B

La suplementación con vitaminas del complejo B tales como tiamina, biotina, colina y ácido fólico han demostrado beneficios en salud y productividad en el ganado lechero. Sin embargo, estas vitaminas son rápidamente degradadas en el rumen, en ese sentido, en ganado lechero, han sido determinadas tasas de desaparición ruminal mayores al 97% para riboflavina, niacina y ácido fólico, mayores al 63% para la tiamina y cianocobalamina y mayores al 40% para piridoxina y biotina. En ganado de engorda, los valores de escape de vitaminas del complejo B se han determinado en 1,3 10 y 0% para riboflavina, niacina, ácido fólico y vitamina B12, mientras que para tiamina un escape de 52% y de 22% para ácido pantoténico. Aun así, no se observaron efectos benéficos en el comportamiento productivo en becerros suplementados durante 144 días con niveles hasta 10 veces a los recomendados para cerdos aunque se detectó una ligera baja en la tasa de morbilidad. Estos mismos investigadores concluyen que el flujo a intestino de las vitaminas del complejo B pueden ser estimadas con precisión a través del nivel de consumo y la composición de la dieta y que aparentemente el ácido pantoténico y ácido fólico pueden ser marginales en condiciones de bajo consumo y alto estrés, tal como sucede con becerros ligeros recién llegados al corral.

Esto abre una pauta para retomar el estudio del papel de las vitaminas del complejo B en los actuales sistemas de producción de carne bovina, principalmente en la evaluación de vitaminas protegidas de la degradación ruminal mismas que han

desarrollado diferentes laboratorios y empresas de aditivos alimenticios.

### Vitamina C

La vitamina C, o ácido ascórbico, tiene el potencial antioxidante tanto en el medio intracelular (eliminando radicales libres del metabolismo celular) como en la membrana (donando electrones para reciclar el  $\alpha$ -tocoferol). La vitamina C puede donar uno o dos electrones en reacciones de óxido-reducción; al perder un electrón el ascorbato (vitamina C) se convierte en un radical libre, el cual es estabilizado y de este modo es poco reactivo.

La utilización de vitamina C en rumiantes es limitada debido a que puede ser sintetizada a partir de la glucosa, por lo que el NRC (2000) no indica requerimiento para ganado de engorda, motivo por el cual existe poca investigación al respecto. Sin embargo, se ha demostrado que la vitamina C puede afectar la calidad de la canal, especialmente cuando la dieta del ganado es alta en azufre. Pogge y Hansen (2013) recomiendan suministrar 10 g de vitamina C diarios cuando la dieta contiene 0.5% o más cantidad de azufre particularmente cuando se incluyen granos de destilería en corrales de engorda. Aun no existen fuentes protegidas de vitamina C para su evaluación en rumiantes.

## 1.10 Aditivos, complemento y suplemento

Debemos tener muy en claro que un complemento alimenticio se trata de un compuesto para ayudar a reforzar los niveles de nutrientes que puedan llegar a faltar en el organismo o en la dieta diaria. Mientras que un suplemento es aquel que puede lograr sustituir alguna deficiencia dietética.

### Aditivo No Nutritivo

Los aditivos para dietas son considerados una de las herramientas más importantes para reducir los costos de alimentación o para obtener mayor eficiencia de utilización del alimento, promoviendo mayores ganancias de peso o mejorando la rentabilidad dependiendo de su mecanismo de acción. Algunos de ellos tienen efectos secundarios como la reducción de acidosis, coccidiosis y timpanismo de grano, mientras que otros suprimen la actividad del ciclo estral, reducen la incidencia de abscesos hepáticos y los problemas de gabarro.

Stock y Mader (1985) señalaron que los aditivos alimenticios se pueden dividir en cinco grupos: 1) Ionóforos, 2) Antibióticos, 3) Supresores de Estros, 4) Amortiguadores, y 5) otros. Es importante conocer el modo de acción y los efectos y mecanismos de acción de estos aditivos, dosis y a su vez de las contraindicaciones por especie. En México existe una gran gama en la disponibilidad de aditivos, principalmente de manufactura extranjera, sin embargo, debido a este intercambio mundial no todos los aditivos son producidos por casa comerciales serias, por lo que es necesario estar realizando continuamente evaluaciones de calidad de estos productos, ya sea por empresas privadas o parte de Universidades, centros de investigación y en unidades producción.

### 1) Ionóforos

Los ionóforos son un tipo de antibióticos que inhiben el crecimiento de algunos microorganismos del rumen en forma selectiva principalmente las bacterias “Gram positivas”, alterando el transporte de iones a las células, lo cual brinda ciertos efectos benéficos. Sin embargo, estos efectos en Gram + deben de reevaluarse con base a los estudios de biología molecular y a un análisis crítico de los trabajos que se realizaron anteriormente, pues la reducción de Firmicutes de acuerdo a estudios de pirosecuenciación es solo del 4.5%.

### 2) Antibióticos

Los antibióticos se consideran sustancias químicas o metabolitos, los cuales actúan a favor de eliminar los microorganismos causantes de enfermedades, principalmente infecciones bacterianas microbianas también pueden mejorar la conversión alimenticia y en algunos casos como promotores del crecimiento.

Los antibióticos como clortetraciclina, oxitetraciclina, bacitracina y tilosina, se utilizan en ganado de engorda principalmente para el control de abscesos hepáticos, los cuales pueden afectar el comportamiento de los animales. Los antibióticos también pueden reducir la incidencia de timpanismo, gobarro, diarrea bacteriana y otras infecciones, además del uso de algunos antibióticos pueden mejorar la salud de la mucosa del tracto digestivo, así incrementando la absorción de nutrientes y evitar el paso de bacterias patógenas.

Es importante mencionar que se pueden administrar en forma intermitente. Cuando se administra 1 g/animal/día por tres días o 400 mg/animal/día ambos en un periodo de 28 días, se obtienen resultados similares en el comportamiento de los animales.

### 3) Supresores de estros

La engorda de hembras es una práctica que se realiza en México, dependiendo de las condiciones de oferta y demanda de novillos. Sin embargo, uno de los problemas al alimentar vaquillas es las manifestaciones de estros, ya que reducen el consumo y se presentan montas y gasto de energía; esto puede ser controlado con el acetato de melengestrol.

El acetato de melengestrol o MGA es una hormona sintética de actividad y estructura similar a la progesterona que suprime el ciclo estral. En general se obtienen mejoras de 3 a 7% en ganancia de peso y eficiencia; sin embargo, la repuesta puede ser variable de acuerdo a la edad de las vaquillas el número de vaquillas por corral y otros. Se recomienda usar de 0.25 a

0.50 mg/animal/día y se debe retirar del alimento 48 horas antes del sacrificio. Imwalle et al. (2002) emplearon 0.5 mg/vaquilla/día de acetato de melengestrol; concluyeron que el uso de MGA impide la ovulación en el ganado mediante la inhibición del pico preovulatoria de LH. En otro experimento Sides et al. (2009) emplearon 0.4 y 0.5 mg/vaquilla/día de MGA en el alimento y no encontraron cambios en el consumo de alimento, ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia, de igual manera las variables de la canal, únicamente encontraron disminución en la actividad estral de las vaquillas.

### 4) Amortiguadores

Los amortiguadores ruminales son principalmente empleados en dietas en finalización, las cuales contiene elevadas cantidades de carbohidratos de rápida fermentación y baja en fibra, y estas ocasiona una disminución del pH, lo cual contrarresta la actividad de los microorganismos ruminales, principalmente las bacterias celulolíticas son las de mayor afectación.

Es importante considerar que la saliva del animal es el principal amortiguador en los rumiantes y que la adición de forraje y el tipo de estos pueden ser mejor recurso nutricional que la adición de amortiguadores, cuya respuesta es poco consistente e incrementa los costos de alimentación; algunos de ellos se pueden usar para formular el calcio.

### 5) Otros

#### Probióticos

Los probióticos o cultivos microbianos son productos formados por una

mezcla de microorganismos vivos (hongos y levaduras), como enzimas, vitaminas, medios de cultivos y factores no identificados que tienen efectos benéficos en la fermentación ruminal, incrementando las bacterias intestinales. Los probióticos de la primera generación no mostraron resultados convincentes en raciones altas en grano, por otra parte, ha sido señalados como una alternativa al uso de antibióticos en la alimentación de rumiantes, sin embargo, hay pocas evaluaciones que respalden su uso.

Existen probióticos que han mostrado efectos benéficos en raciones para ganado lechero, y que deben ser evaluados en corrales de engorda; éstos son elaborados con *Saccharomyces cerevisiae* o *Aspergillus oryzae*. Los mecanismos de acción de los probióticos aún no han sido entendidos. Existen evidencias que al emplear prebióticos en becerros promueve el crecimiento y reduce la muerte, ocasionada por el estrés postdestete; por otra parte su efecto se va a ver influenciado a la edad y estado fisiológico del animal.

## 1.11 Composición de los alimentos (AQP)

Un alimento no contiene exclusivamente componentes nutricionales aun cuando éstos representen en algún caso hasta el 90% del extracto seco del mismo. Junto a las sustancias potencialmente nutritivas existen una serie de componentes que no poseen ese carácter.

Como ejemplo se pueden citar los taninos de muchas frutas, el ácido fítico de los granos de cereales, el ácido oxálico de algunos vegetales, que siendo productos naturales presentes en el alimento tienen una actividad anti nutricional. El ácido oxálico es una sustancia des calcificante y el ácido fítico forma unos compuestos insolubles que no pueden ser absorbidos. Además, en el alimento pueden aparecer otros componentes exógenos como sustancias contaminantes de distinta naturaleza, toxinas de mohos, fertilizantes, compuestos inorgánicos, metales pesados, u otras que se agreguen deliberadamente con unos fines concretos. Asimismo, es frecuente que en los alimentos elaborados aparezcan residuos de algunas sustancias que han favorecido ese proceso tecnológico de elaboración.

Por todo ello es importante la realización de análisis para determinar la composición de los alimentos tanto desde el punto de vista nutricional como desde otros enfoques que ayuden a mejorar la producción del ganado o eventualmente prevenir o controlar cualquier situación perjudicial o anómala.

Determinación del valor nutritivo de los alimentos.

No existe un modelo único para abordar el análisis químico y nutricional de los alimentos. La naturaleza y la finalidad del producto servirán de guía para ver qué tipo de análisis se realizará. El objetivo del análisis puede ser la aptitud o capacidad de determinado alimento para producir determinado rendimiento (por ejemplo leche, carne,...) o bien cumplir con determinadas exigencias legales, higiénicas o nutricionales.

## I.12 Análisis e interpretación de tablas de alimentos

Las tablas de composición de alimentos son utilizadas, sobre todo, para valorar las ingestas de energía y nutrientes y planificar la alimentación individual y colectiva de personas sanas y enfermas.

La composición de alimentos varía ampliamente. Depende, entre otros factores, de la variedad de las plantas y animales, del tipo de cultivo y fertilización, de las condiciones de alimentación animal y, en algunos alimentos, varía según su frescura, el tiempo y características de almacenamiento, etc.

Otro problema para valorar la composición de alimentos lo constituyen las técnicas utilizadas para la determinación de sus componentes, que pueden dar valores muy distintos. Esto hace que existan resultados muy diferentes entre las diversas tablas existentes.

### **Material adicional:**

<http://veterinariafreelibros.blogspot.com/2014/08/nutricion-animal-mcdonald.html>

## Unidad II

### EVALUACION FISICOQUIMICA DE ALIMENTOS

#### 2.1 Conceptos y métodos fisicoquímicos.

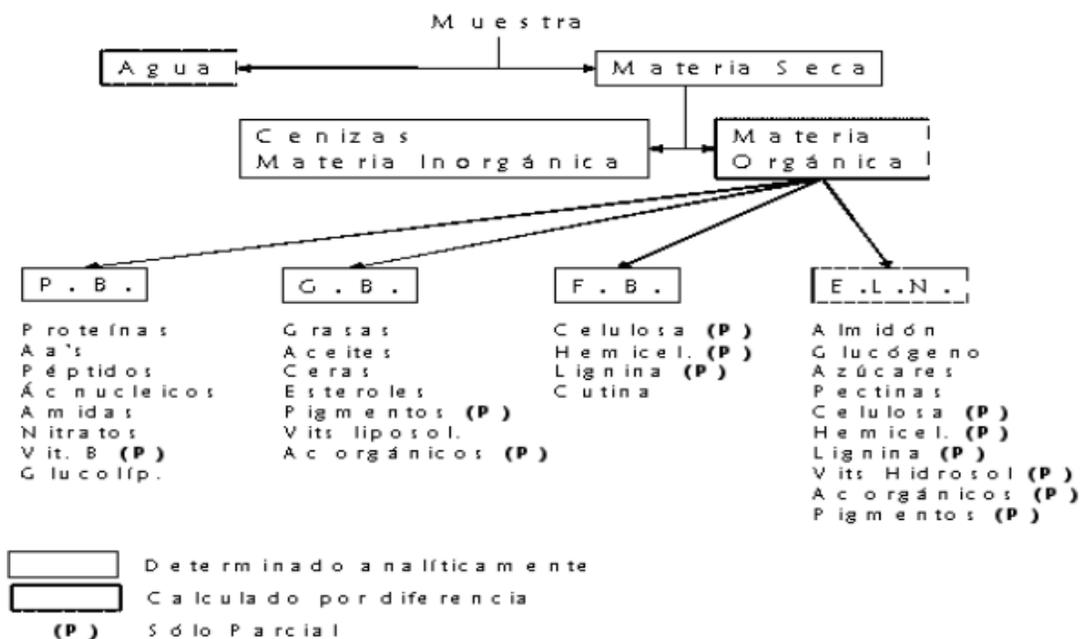
El análisis de las propiedades fisicoquímicas de los alimentos es uno de los aspectos principales en el aseguramiento de su calidad. Este análisis cumple un papel muy importante en la determinación del valor nutricional de los alimentos, en el control del cumplimiento de los parámetros exigidos por los organismos de salud y también para el estudio de las posibles irregularidades como adulteraciones, falsificaciones, etc. tanto en alimentos terminados como en sus materias primas.

Es necesario realizar un análisis de alimentos para asegurar que sean aptos para el consumo humano y para asegurar que cumplen con las características y composición que se espera de ellos. El análisis físico-químico implica la caracterización de los alimentos desde el punto de vista físico-químico, haciéndose énfasis en la determinación de su composición química, es decir determinar que sustancias están presentes en un alimento (proteínas, grasas, vitaminas, minerales, carbohidratos, contaminantes metálicos, residuos de plaguicidas, toxinas, antioxidantes, etc.) y en qué cantidades se encuentran.

Para poder realizar estos análisis es necesario que el laboratorio cuente con: balanza de humedad, balanza analítica, texturometro, extractor de grasas, horno, centrifuga, rotavapor, material de vidrio, termómetros.

#### 2.2 El Sistema Weende o Análisis Químico Proximal (AQP)

El análisis de Weende es, sin duda, el más conocido y, si bien posee una utilidad relativa, en algunos aspectos no ha podido ser mejorado. El método fue ideado por Henneberg y Stohmann (1867) en la estación experimental de Weende (Alemania) y consiste en separar, a partir de la MS de la muestra, una serie de fracciones que presentan unas ciertas características comunes de solubilidad o insolubilidad en diferentes reactivos. Con este método se obtienen cinco principios nutritivos brutos que incluyen los siguientes compuestos.



1. Cenizas: Materiales inorgánicos en general

2. Proteína bruta (PB): Proteínas, péptidos, aminoácidos (Aas), bases nitrogenadas, amidas, nitrógeno vitamínico...

3. Extracto etéreo (EE) o Grasa bruta (GB): Grasas, ceras, resinas, lípidos complejos, pigmentos, vitaminas liposolubles...

4. Fibra bruta (FB): Celulosa, hemicelulosa, lignina insoluble, cutina...

5. Sustancias Extractivas Libres de Nitrógeno (SELN, MELN, ELN): Almidón, glucógeno, azúcares, celulosa, hemicelulosa, lignina, pectinas, pigmentos, ácidos grasos de bajo peso molecular, vitaminas hidrosolubles...

Las cuatro primeras fracciones (Cnz, PB, FB, EE) se obtienen a partir de análisis específicos, mientras que la quinta (ELN) se calcula restando al porcentaje de MS las cuatro fracciones (Cnz, PB, FB, EE).

### 2.3 Determinación de Humedad y de Materia Seca

Todos los alimentos, cualquiera que sea el método de industrialización a que hayan sido sometidos, contienen agua en mayor o menor proporción. Las cifras de contenido en agua varían entre un 60 y un 95% en los alimentos naturales. En los tejidos vegetales y animales, puede decirse que existe en dos formas generales: “agua libre” Y “agua ligada”. El agua libre o absorbida, que es la forma predominante, se libera con gran facilidad. El agua ligada se halla combinada o absorbida. Se encuentra en los alimentos como agua de cristalización (en los hidratos) o ligada a las proteínas y a las moléculas de sacáridos y absorbida sobre la superficie de las partículas coloidales.

Existen varias razones por las cuales, la mayoría de las industrias de alimentos determinan la humedad, las principales son las siguientes:

- a) El comprador de materias primas no desea adquirir agua en exceso.
- b) El agua, si está presente por encima de ciertos niveles, facilita el desarrollo de los microorganismos.
- c) Para la mantequilla, margarina, leche desecada y queso está señalado el máximo legal.
- d) Los materiales pulverulentos se aglomeran en presencia de agua, por ejemplo azúcar y sal.
- e) La humedad de trigo debe ajustarse adecuadamente para facilitar la molienda.
- f) La cantidad de agua presente puede afectar la textura.
- g) La determinación del contenido en agua representa una vía sencilla para el control de la concentración en las distintas etapas de la fabricación de alimentos.

## Métodos de secado

Los métodos de secado son los más comunes para valorar el contenido de humedad en los alimentos; se calcula el porcentaje en agua por la pérdida en peso debida a su eliminación por calentamiento bajo condiciones normalizadas. Aunque estos métodos dan buenos resultados que pueden interpretarse sobre bases de comparación, es preciso tener presente que a) algunas veces es difícil eliminar por secado toda la humedad presente; b) a cierta temperatura el alimento es susceptible de descomponerse, con lo que se volatilizan otras sustancias además de agua, y c) también pueden perderse otras materias volátiles aparte de agua.

- Método por secado de estufa

La determinación de secado en estufa se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. Para esto se requiere que la muestra sea térmicamente estable y que no contenga una cantidad significativa de compuestos volátiles.

El principio operacional del método de determinación de humedad utilizando estufa y balanza analítica, incluye la preparación de la muestra, pesado, secado, enfriado y pesado nuevamente de la muestra.

Notas sobre las determinaciones de humedad en estufa.

1. Los productos con un elevado contenido en azúcares y las carnes con un contenido alto de grasa deben deshidratarse en estufa de vacío a temperaturas que no excedan de 70°C.
2. Los métodos de deshidratación en estufa son inadecuados para productos, como las especias, ricas en sustancias volátiles distintas del agua.
3. La eliminación del agua de una muestra requiere que la presión parcial de agua en la fase de vapor sea inferior a la que alcanza en la muestra; de ahí que sea necesario cierto movimiento del aire; en una estufa de aire se logra abriendo parcialmente la ventilación y en las estufas de vacío dando entrada a una lenta corriente de aire seco.
4. La temperatura no es igual en los distintos puntos de la estufa, de ahí la conveniencia de colocar el bulbo del termómetro en las proximidades de la muestra. Las variaciones pueden alcanzar hasta más de tres grados en los tipos antiguos, en los que el aire se mueve por convección. Las estufas más modernas de este tipo están equipadas con eficaces sistemas, que la temperatura no varía un grado en las distintas zonas.
5. Muchos productos son, tras su deshidratación, bastante higroscópicos; es preciso por ello colocar la tapa de manera que ajuste tanto como sea posible inmediatamente después de abrir la estufa y es necesario también pesar la cápsula tan

pronto como alcance la temperatura ambiente; para esto puede precisarse hasta una hora si se utiliza un desecador de vidrio.

6. La reacción de pardeamiento que se produce por interacción entre los aminoácidos y los azúcares reductores libera agua durante la deshidratación y se acelera a temperaturas elevadas. Los alimentos ricos en proteínas y azúcares reductores deben, por ello, desecarse con precaución, de preferencia en una estufa de vacío a 60°C.

- Método por secado en estufa de vacío

Se basa en el principio fisicoquímico que relaciona la presión de vapor con la presión del sistema a una temperatura dada. Si se abate la presión del sistema, se abate la presión de vapor y necesariamente se reduce su punto de ebullición. Si se sustrae aire de una estufa por medio de vacío se incrementa la velocidad del secado.

Es necesario que la estufa tenga una salida de aire constante y que la presión no exceda los 100 mm Hg. y 70°C, de manera que la muestra no se descomponga y que no se evaporen los compuestos volátiles de la muestra, cuya presión de vapor también a sido modificada.

- Método de secado en termobalanza

Este método se basa en evaporar de manera continua la humedad de la muestra y el registro continuo de la pérdida de peso, hasta que la muestra se sitúe a peso constante.

El error de pesada en este método se minimiza cuando la muestra no se expone constantemente al ambiente.

- Método de destilación azeotrópica

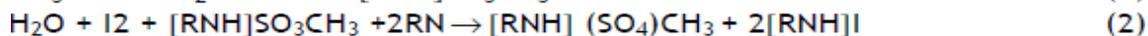
El método se basa en la destilación simultánea del agua con un líquido inmisible en proporciones constantes. El agua es destilada en un líquido inmisible de alto punto de ebullición, como son tolueno y xileno. El agua destilada y condensada se recolecta en una trampa Bidwell para medir el volumen

- Método de Karl Fischer.

Es el único método químico comúnmente usado para la determinación de agua en alimentos que precisamente se basa en su reactivo. Este reactivo fue descubierto en 1936 y consta de yodo, dióxido de azufre, una amina (originalmente se empleaba piridina sin embargo por cuestiones de seguridad y toxicidad se está reemplazando por imidazol) en un alcohol (ejemplo metanol).

Inicialmente, el dióxido de azufre reacciona con el metanol para formar el ester el cual es neutralizado por la base (1). El ester es oxidado por el yodo a metil sulfato en una reacción que involucra al agua (2).

Las reacciones son las siguientes:



Habitualmente se utiliza un exceso de dióxido de azufre, piridina y metanol de manera que la fuerza del reactivo venga determinada por la concentración de yodo. Este reactivo es un poderoso deshidratante, por lo que tanto la muestra como el reactivo deben protegerse contra la humedad del aire, cualquiera que sea la técnica usada. Se hace por titulación y estas pueden ser visuales o potenciométricas. En su forma más simple el mismo reactivo funciona como indicadores. La disolución muestra un color amarillo canario mientras haya agua, que cambia luego a amarillo cromato y después a pardo en el momento del vire.

En su forma más simple el método potenciométrico consta de una fuente de corriente directa, un reóstato, un galvanómetro o microamperímetro y electrodos de platino, dos cosas son necesarias para la determinación: una diferencia de potencial que nos dé una corriente y el contacto del titulante con el analito.

Este método se aplica a alimentos con bajo contenido de humedad por ejemplo frutas y vegetales deshidratados, aceite y café tostado, no es recomendable para alimentos con alto contenido de humedad.

Comparación entre los métodos para determinar humedad

Método	Ventajas	Desventajas
<b>Secado en estufa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Es un método convencional</li> <li>✓ Es conveniente</li> <li>✓ Es rápido y preciso</li> <li>✓ Se pueden acomodar varias muestras</li> <li>✓ Se llega a la temperatura deseada mas rápidamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La temperatura va fluctuar debido al tamaño de la partícula, peso de la muestra, posición de la muestra en el horno, etc.</li> <li>✓ Es difícil remover el agua ligada</li> <li>✓ Pérdida de sustancias volátiles durante el secado</li> <li>✓ Descomposición de la muestra, ejemplo: azúcar.</li> </ul>
<b>Secado en estufa de vacío</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se calienta a baja temperatura</li> <li>✓ Se previene la descomposición de la muestra</li> <li>✓ Es bueno para compuestos volátiles orgánicos</li> <li>✓ Calentamiento y evaporación constante y uniforme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La eficiencia es baja para alimentos con alta humedad</li> <li>✓ No se pueden analizar tantas muestras como en la estufa convencional</li> </ul>
<b>Destilación azeotrópica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Determina el agua directamente y no por pérdida de peso</li> <li>✓ El dispositivo es sencillo de manejar</li> <li>✓ Es más preciso que el secado en estufa</li> <li>✓ Toma poco tiempo</li> <li>✓ Se previene la oxidación de la muestra</li> <li>✓ No se afecta la humedad del ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Baja precisión del dispositivo para medir</li> <li>✓ Los disolventes inmiscibles como tolueno son inflamables</li> <li>✓ Se puede registrar altos residuos debido a la destilación de componentes solubles en agua, como glicerol y alcohol</li> <li>✓ Cualquier impureza puede generar resultados erróneos</li> <li>✓ La precisión en la determinación del volumen es limitada</li> </ul>
<b>Secado en termobalanza</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Es un método semiautomático y automático</li> <li>✓ La muestra no es removida por lo tanto el error de pesada es mínimo</li> <li>✓ El tamaño de la muestra es pequeño</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Es excelente para investigación pero no es práctico</li> </ul>
<b>Karl Fischer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Es un método estándar para ensayos de humedad</li> <li>✓ Precisión y exactitud más altos que otros métodos</li> <li>✓ Es útil para determinar agua en grasas y aceites previniendo que la muestra se oxide</li> <li>✓ Una vez que el dispositivo se monta la determinación toma pocos minutos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Los reactivos deben ser RA para preparar el reactivo de Fischer</li> <li>✓ El punto de equivalencia de titulación puede ser difícil de determinar</li> <li>✓ El reactivo de Fischer es inestable y debe estandarizarse in situ.</li> <li>✓ El dispositivo de la titulación debe protegerse de la humedad atmosférica debido a la excesiva sensibilidad del reactivo a la humedad.</li> <li>✓ El uso de la piridina que es muy reactiva.</li> </ul>

## Determinación de materia orgánica e inorgánica

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes.

El valor principal de la determinación de cenizas (y también de las cenizas solubles en agua, la alcalinidad de las cenizas y las cenizas insolubles en ácido) es que supone un método sencillo para determinar la calidad de ciertos alimentos, por ejemplo en las especias y en la gelatina es un inconveniente un alto contenido en cenizas. Las cenizas de los alimentos deberán estar comprendidas entre ciertos valores, lo cual facilitará en parte su identificación.

En los vegetales predominan los derivados de potasio y en las cenizas animales los del sodio. El carbonato potásico se volatiliza apreciablemente a  $700^{\circ}\text{C}$  y se pierde casi por completo a  $900^{\circ}\text{C}$ . El carbonato sódico permanece inalterado a  $700^{\circ}\text{C}$ , pero sufre pérdidas considerables a  $900^{\circ}\text{C}$ . Los fosfatos y carbonatos reaccionan además entre sí.

Notas:

- a) Los productos que contienen mucha agua se secan primero sobre un plato eléctrico caliente o al baño María.
- b) La consideración principal es que el producto no desprenda humos.
- c) En general, la temperatura adecuada de la mufla son  $500^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, los cloruros, pueden volatilizarse a esta temperatura.
- d) Las cenizas se utilizan muchas veces para la determinación de constituyentes individuales, por ejemplo, cloruros, fosfatos, calcio y hierro.

Para la determinación de cenizas se siguen principalmente 2 métodos, en seco y vía húmeda.

- Método de cenizas totales

La determinación en seco es el método más común para cuantificar la totalidad de minerales en alimentos y se basa en la descomposición de la materia orgánica quedando solamente materia inorgánica en la muestra, es eficiente ya que determina tanto cenizas solubles en agua, insolubles y solubles en medio ácido.

En este método toda la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una

temperatura que fluctúa entre los 550 -600°C; el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza.

- Determinación de cenizas en húmedo.

La determinación húmeda se basa en la descomposición de la materia orgánica en medio ácido por lo que la materia inorgánica puede ser determinada por gravimetría de las sales que precipiten, y también por algún otro método analítico para las sales que permanezcan en disolución acuosa o ácida. Para la determinación húmeda se dan cenizas alcalinas, ácidas y neutras y esto se basa en el tipo de anión o catión ya sea metálico o complejo de tal forma hay minerales como tartratos, citratos que producirán cenizas con un carácter alcalino. Es necesario tomar en cuenta que también un índice de alcalinidad de cenizas es muestra del contenido de carbonatos en disolución acuosa.

#### Comparación entre métodos para determinar cenizas totales

Método	Ventaja	Desventaja
Seco	1. Simple	1. Se requiere alta temperatura
	2. No se requiere atención durante la generación de cenizas	2. El equipo es caro
	3. No se requieren reactivos	3. Hay pérdidas por volatilización
	4. Se pueden manejar muchas muestras	4. Hay interacciones entre minerales y recipientes.
	5. Es un método estándar para la determinación de cenizas	5. Hay absorción de elementos traza por recipientes de porcelana o sílice
	6. Se puede determinar cualquier tipo de materia inorgánica	6. Poca utilidad para análisis de Hg, As, P y Se
		7. Calentamiento excesivo puede hacer ciertos componentes insolubles.
		8. Hay una dificultad de manejo de cenizas por ser higroscópicas, sensibles a la luz, etc.
Húmedo	1. Relativamente no se requiere alta temperatura	1. Se requieren altas cantidades de materiales corrosivos.
	2. El dispositivo es simple	2. Se requieren ácidos explosivos
	3. La oxidación es rápida	3. Se requiere estandarizar los reactivos
	4. Se mantiene la disolución acuosa lo cual es bueno para análisis mineral.	4. Las reacciones son fumantes
	5. El equipo no es caro	5. Manejar sistemáticamente varias muestras no es sencillo
	6. No hay volatilización de minerales	6. El procedimiento es tedioso y gasta mucho tiempo.

## 2.4 Determinación de Extracto Etéreo (Lípidos)

Los lípidos, junto con las proteínas y carbohidratos, constituyen los principales componentes estructurales de los alimentos.

Los lípidos se definen como un grupo heterogéneo de compuestos que son insolubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos tales como éter, cloroformo, benceno o acetona. Todos los lípidos contienen carbón, hidrógeno y oxígeno, y algunos también contienen fósforo y nitrógeno. Los lípidos comprenden un grupo de sustancias que tienen propiedades comunes y similitudes en la composición, sin embargo, algunos, tales como los triacilglicerolos son muy hidrofóbicos. Otros, tales como los di y monoacilglicerolos tienen movilidad hidrofóbica e hidrofílica en su molécula por lo que pueden ser solubles en disolventes relativamente polares.

- Métodos de extracción y cuantificación

El contenido total de lípidos se determina comúnmente por métodos de extracción con disolventes orgánicos (por ejemplo, Soxhlet, Goldfish, Mojonnier), sin embargo también puede cuantificarse por métodos de extracción que no incluyen disolventes (por ejemplo, Babcock, Gerber) y por métodos instrumentales que se basan en propiedades físicas o químicas de los lípidos (por ejemplo, infrarrojo, densidad y absorción es rayos X).

- Método de Soxhlet

Es una extracción semicontinua con un disolvente orgánico. En este método el disolvente se calienta, se volatiliza y condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. Posteriormente éste es sifoneado al matraz de calentamiento para empezar de nuevo el proceso. El contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso.

- Método de Goldfish

Es una extracción continua con un disolvente orgánico. Éste se calienta, volatiliza para posteriormente condensarse sobre la muestra. El disolvente gotea continuamente a través de la muestra para extraer la grasa. El contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso entre la muestra o la grasa removida.

Equipo de extracción Goldfish

- Método por lotes

Este método hace uso de la solubilidad intrínseca de la sustancia a separar; es claro que un compuesto no polar es soluble en un disolvente no polar. La extracción se realiza en frío para evitar el daño del material lipídico y por lotes para incrementar la eficiencia.

- Método de Bligh-Dyer

El método de Bligh-Dyer así como su modificación por Hanson y Olley proporciona un método rápido para la extracción de lípidos de tejidos y productos alimenticios que contienen una cantidad significativa de agua. El método se basa en la homogenización de la muestra con cloroformo, metanol y agua en proporciones tales que se forme una sola fase miscible con el agua de la muestra. Al añadir alícuotas de cloroformo y agua se logra la separación de fases. El material lipídico se encuentra en la fase no acuosa, mientras que el material no lipídico se encuentra en la fase acuosa. Los lípidos se pueden extraer de dos gramos de muestra seca hasta veinte gramos de muestra húmeda.

El contenido de agua de la muestra se ajusta a dieciséis mililitros para conservar la proporción de cloroformo, metanol y agua la cual es esencial si se pretende una separación de fases y una extracción cuantitativa de lípidos. La ventaja de este procedimiento es que las etapas de filtrado y lavado son eliminadas. Sin embargo no es un método muy cuantitativo y tiene un elevado margen de error para muestras secas de cereales.

- Método de Röse-Gottlieb.

De acuerdo a este método, la separación de la grasa es lograda por amoníaco y etanol con un posterior efecto de deshidratación sobre los fosfolípidos. La grasa es disuelta en éter recién destilado y se añade algo de petróleo de tal suerte que se separen algunos compuestos no lipídicos que se puedan encontrar en la fase etérea. Esta mezcla es completamente inmiscible en agua de manera que mediante una extracción adecuada es simple dejar la grasa en la fase etérea y el residuo graso es pesado.

Este método es particular para leche fresca que no contiene ácidos grasos libres, los cuales en disolución alcalina forman sales de amonio y esto es insoluble en éter. Esta es la razón por la cual esto no se aplica a quesos, los cuales si tienen ácidos grasos libres.

- Método de Gerber.

Éste, así como los demás métodos volumétricos presentan un carácter un tanto cuanto empírico ya que varios factores afectan la gravedad específica de la grasa separada, variaciones propias de la grasa, ácidos grasos presentes, solubilidad de la grasa en los disolventes, etc. Con estos métodos volumétricos la muestra se sitúa en un butirómetro y se descompone utilizando ácidos o álcalis de manera que la grasa es liberada, esta se separa por métodos mecánicos (centrifuga) y se colecta en el cuello calibrado.

- Método de Mojonnier

La grasa es extraída con una mezcla de éter etílico y éter de petróleo en un matraz de Mojonnier, la grasa extraída se pone a peso constante y es expresada en porcentaje de grasa por peso. La prueba de Mojonnier es un ejemplo de extracción discontinua con disolvente. Esta extracción no requiere remover previamente la humedad de la muestra.

## 2.4.2 Determinación de Proteína Cruda (Nitrógeno)

- Método de Kjeldahl

En el trabajo de rutina se determina mucho más frecuentemente la proteína total que las proteínas o aminoácidos individuales. En general, el procedimiento de referencia Kjeldahl determina la materia nitrogenada total, que incluye tanto las no proteínas como las proteínas verdaderas.

El método se basa en la determinación de la cantidad de Nitrógeno orgánico contenido en productos alimentarios, compromete dos pasos consecutivos:

- a) La descomposición de la materia orgánica bajo calentamiento en presencia de ácido sulfúrico concentrado.
- b) El registro de la cantidad de amoníaco obtenida de la muestra

Durante el proceso de descomposición ocurre la deshidratación y carbonización de la materia orgánica combinada con la oxidación de carbono a dióxido de carbono. El nitrógeno orgánico es transformado a amoníaco que se retiene en la disolución como sulfato de amonio. La recuperación del nitrógeno y velocidad del proceso pueden ser incrementados adicionando sales que abaten la temperatura de descomposición (sulfato de potasio) o por la adición de oxidantes (peróxido de hidrógeno, tetracloruro, persulfatos o ácido crómico) y por la adición de un catalizador.

El método de Kjeldahl consta de las siguientes etapas:

a) Digestión	$\text{Proteína} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2$
b) Destilación	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
(recibiendo en HCl)	
(recibiendo en $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	$\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$
c) Titulación	
(si se recibió en HCl)	$\text{NH}_4\text{Cl} + \text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
(si se recibió en $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_3\text{BO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$

En la mezcla de digestión se incluye sulfato sódico para aumentar el punto de ebullición y un catalizador para acelerar la reacción, tal como sulfato de cobre. El amoníaco en el destilado se retiene o bien por un ácido normalizado y se valora por retroceso, o en ácido bórico y valora directamente. El método Kjeldahl no determina, sin embargo, todas las formas de nitrógeno a menos que se modifiquen adecuadamente; esto incluye nitratos y nitritos.

Para convertir el nitrógeno a proteína se emplea el factor de 6.25 el cual proviene de la consideración de que la mayoría de las proteínas tienen una cantidad aproximada de 16% de nitrógeno.

$$factor = \frac{100g \text{ Proteína}}{16g \text{ Nitrógeno}} = 6.25$$

- Absorción a 280 nm.

La mayoría de las proteínas muestran una absorción a 280 nm., la cual se atribuye al grupo fenólico de la tirosina y al grupo indólico del triptofano. La cuantificación de proteínas basada en la absorción en la región de UV, tiene la ventaja de que no es necesario utilizar reactivos y la muestra no se daña o destruye durante la determinación.

Se toma en cuenta la absorción del disolvente, ya que este puede absorber en la misma región. Este método sufre interferencias de compuestos que contengan anillos de purina y pirimida. Se realiza una comparación con una proteína estándar, de la que se debe conocer su composición.

- Método de Biuret

El método comprende un ensayo colorimétrico de un paso donde se cuantifica la formación de un complejo estable entre proteínas y cobre (II). El complejo presenta un color violeta característico, que se puede observar a 310nm o 540-560nm, el cual se da por la coordinación de un átomo de cobre con cuatro átomos de nitrógeno. El complejo se basa en la desprotonación de los grupos amida para formar el enlace con el cobre (II) o por el establecimiento de un enlace coordinado entre el metal y los pares de electrones libres de los átomos de oxígeno y de nitrógeno del péptido.

Después de la adición del reactivo de cobre se requiere de tiempo para desarrollar una coloración de Biuret estable; es necesario considerar la posible influencia de aminoácidos libres que forman buffer en configuración tris y amoniaco.

- Método de Lowry

El método de Lowry et al, 1951 combina la reacción de Biuret con la reducción del reactivo de Folin-Ciocalteu (ácidos fosfomolibdico y fosfotúngstico) por la oxidación de tirosina, triptofano, cisteína, cistina de las cadenas polipeptídicas (Nielsen, 1988). El proceso de oxido- reducción se acompaña de la formación de un color azul característico.

Los quelatos de cobre en la estructura del péptido facilitan la transferencia de electrones de los grupos funcionales amino al cromóforo ácido. Este método es útil para determinar pequeñas cantidades de proteína en una disolución. El desarrollo de color es dependiente en gran cantidad del pH, que se debe mantener entre 10 y 10.5.

- Método turbidimétrico

La turbidez producida cuando una proteína se mezcla con alguno de los precipitantes comunes (ácido tricloroacético 3-10%, ácido sulfosalicílico y ferrocianuro de potasio en ácido acético) para proteínas en bajas concentraciones se puede utilizar como un índice de la concentración de proteínas.

Las técnicas turbidimétricas son rápidas y convenientes, sin embargo las principales desventajas que presentan es que las proteínas difieren en la velocidad de precipitación así como no permiten diferenciar entre proteínas y compuestos insolubles en ácidos tales como ácidos nucleicos.

- Unión de colorantes

Controlando el pH y la fuerza iónica del medio los grupos funcionales ácidos y básicos de las proteínas pueden interactuar con grupos orgánicos de carga opuesta. Al realizarse la unión se presenta coloración o bien un cambio de ésta. Comúnmente se usan colorantes sulfonados los cuales reaccionan a pH ácido con el grupo e-amino de la lisina y el grupo guanidina de la arginina, el imidazol de la histidina y un número limitado de a-amino terminales.

## **2.5 Determinación de Fibra Cruda y componentes de la pared celular**

La fibra representa la porción no digerible de los alimentos y, por consiguiente, mientras mayor sea su concentración en un producto dado, menor será su valor alimenticio, aunque es importante recomendarlo para el buen funcionamiento del intestino. La naturaleza química de la fibra cruda, aún cuando no está bien establecida, se considera constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina.

Su determinación se basa en la simulación de la digestión en el organismo por tratamientos ácidos y alcalinos, separando los constituyentes solubles de los insolubles que constituyen los desperdicios orgánicos a través de las heces.

## **2.6 Determinación de Elementos Libre de Nitrógeno (ELN, Carbohidratos.**

En el ELN se encuentra una mezcla de sustancias orgánicas dentro de las cuales no figura ninguna que contenga nitrógeno.

Este se caracteriza por disolverse en las soluciones ácidas y alcalinas durante la determinación de la FB.

La determinación directa es imposible a causa de las diversas sustancias químicas que lo forman y además la dificultad que presenta aislar analíticamente.

El ELN es una mezcla de almidones y azúcares de la muestra más algo de hemicelulosa y lignina, puede contener además vitaminas hidrosolubles, no obstante, la mayor parte del ELN, se compone de almidón y azúcares (alto valor energético).

Por las dificultades que presentan aislar analíticamente los distintos compuestos que forman el ELN. para su determinación en el alimento se obtiene el porcentaje de humedad, proteína, fibra y cenizas se suman y se restan de 100.

La importancia del ELN radica en que:

- Es un índice útil en la práctica, de la porción de carbohidratos no celulósicos del alimento.
- Es principalmente una fuente inespecífica de energía.
- Constituye alrededor del 40% del peso seco de los no concentrados y el 70% en el caso de alimentos básicos (En granos el ELN es sinónimo de almidón y azúcares).

## **2.7 Determinación de los componentes de la pared celular (Método Van Soest)**

Las células vegetales se encuentran rodeadas de una pared de celulosa y hemicelulosa, además de una sustancia que no es carbohidrato la lignina. De estos tres está formada la fibra.

Celulosa: componente de las paredes celulares de los árboles y otras plantas. Es una fibra vegetal que al ser observada en el microscopio es similar a un cabello humano

• Hemicelulosa: son polisacáridos que, excluyendo la celulosa, constituyen las paredes celulares de las plantas.

• Lignina: La lignina es el constituyente intercelular incrustante o cementante de las células fibrosas de los vegetales.

La fibra tiene diferente valor nutritivo para los rumiantes que para los no rumiantes, dado que la celulosa y hemicelulosa presentes en la fibra por lo general son bien digeridas y aprovechados gracias a las enzimas producidas por la flora ruminal, mientras que estas mismas sustancias son prácticamente no digeribles para monogástricos.

## Fibra Cruda

- La determinación de la “fibra cruda” por el método del análisis proximal en el esquema Weende, no es un método muy confiable para predecir y estimar la digestibilidad de los alimentos con alto contenido de fibra.

## Historia

En los años sesentas el Ph.D. Peter Van Soest desarrolló una metodología de análisis para forrajes que al paso del tiempo demostró ser más precisa que la determinación de la fibra cruda bajo el esquema Weende.

## Método Van Soest

Bajo el esquema de trabajo de Van Soest, se obtienen 2 residuos principales cuando se somete un forraje a análisis.

- La fibra detergente neutro (FDN) a tratamiento con solución de sulfato lauril sódico a pH neutro,
- La fibra detergente ácido (FDA) cuando la solución empleada es el bromuro de cetil trimetil amonio en pH ácido.

### Conceptos:

La fibra detergente neutro (FDN): Es la porción de la muestra de alimento que es insoluble en un detergente neutro.

- La fibra detergente ácido (FDA): Es la porción de la muestra de alimento que es insoluble en un detergente ácido

### Fundamento

La pared celular de las células vegetales puede ser rota usando detergentes, en este caso específico se utiliza una solución de sulfatolauril sódico en un pH neutro. Este método no puede aplicarse a alimentos con alto contenido de proteína, o con bajo contenido de fibra.

## Objetivo

Se determinará la cantidad de fibra detergente neutro en una muestra de forraje, por medio de la técnica desarrollada por Van Soest, como uno de los métodos auxiliares usados para estimar la calidad nutritiva del forraje.

Equipo y materiales requeridos:

- Aparato digestor de fibra.
- Crisol Gooch.
- Bomba de vacío.
- Vaso Berzelius.
- Alargadera o extensión para crisol
- Balanza analítica.
- Matraz Kitasato
- Trampa de humedad
- Fibra o lana de vidrio
- Desecador

Reactivos.

–Solución detergente neutra.

–Solución de amilasa.

–Acetona.

–Sulfito de sodio anhidro (sólo para muestras de subproductos animales).

## 2.8 Conceptos básicos de la pared celular vegetal

Aunque las células vegetales y animales son muy parecidas, las células vegetales tienen una pared rígida de celulosa, que le brinda protección, sin impedir la difusión de agua y iones desde el medio ambiente hacia la membrana plasmática, que es la verdadera barrera de permeabilidad de la célula. Una pared celular primaria típica, de una dicotiledónea está formada por 25-30 % de celulosa, 15-25 % de hemicelulosa, 35 % de pectina y 5-10 % de proteínas (extensinas y lectinas), en base al peso seco. La constitución molecular y estructural precisa de la pared celular, depende del tipo de célula, tejido y especie vegetal.

La pared primaria es delgada (de 1 a 3 micras de grosor) y se forma cuando la célula crece, ejemplo de esta la tenemos en células jóvenes en crecimiento, en el tejido parenquimático, en el clorénquima, epidermis, etc.

La membrana celular está fuertemente adherida a la pared celular, debido a la presión de turgencia provocada por los fluidos intracelulares. Literalmente podemos decir que las células se encuentran abombadas, empujándose entre ellas; en otras palabras se encuentran infladas por una presión hidrostática.

Las macromoléculas de celulosa, en la pared celular está formada por unidades de glucosa (un azúcar de 6 carbonos) enlazadas covalentemente, formando una estructura en forma de cinta aplanada, que puede tener de 0,25 a 5 micras de largo. Entre 40 a 70 de estas cadenas se mantienen unidas mediante enlaces de hidrógeno, entre los grupos OH de los residuos de glucosa, formando una estructura cristalina llamada microfibrilla, que tiene aproximadamente 3 nm de diámetro. La celulosa es muy estable químicamente e insoluble. Las microfibrillas tienen una alta fuerza tensional, que actúa reforzando la pared. Grupos de microfibrillas se disponen como los alambres en un cable, formando macrofibrillas. Las macrofibrillas son los componentes más importantes de la pared celular y se mantienen unidas mediante otros componentes de la pared celular, como son las macromoléculas de hemicelulosa y pectina. Estas sustancias pegan toda la estructura, en capas de fibras. Las primeras microfibrillas que se depositan en la pared celular, forman una red con disposición transversal. Pero, cuando la presión de turgencia produce la extensión celular y la pared crece en área superficial, la otra capa de microfibrillas se deposita paralelamente, al eje longitudinal de la célula. El efecto final es una apariencia entramada de varias capas.

Matriz de celulosa

Dos células adyacentes se mantienen unidas mediante la lámina media, la que se encuentra formada principalmente por sustancias pécticas, que cementan las paredes primarias, a ambos lados de la lámina media. Nosotros podemos extraer la pectina de frutos verdes, como por Ej. el mango y hacer jalea.

En muchas plantas posteriormente se puede depositar una pared celular secundaria, que imparte rigidez y fortaleza al tejido, sí se deposita lignina. Por ejemplo los troncos de los árboles, tienen células con gruesas paredes celulares secundarias.

Las plantas multicelulares, se conectan a través de pequeñas perforaciones que comunican las células adyacentes, denominadas campos de punteaduras primarias, a través de los cuales pasan cordones citoplasmáticos denominados plasmodesmos. A pesar de que son muy pequeños para que lo atraviesen orgánulos celulares, sin embargo las conexiones citoplasmáticas permiten la transferencia de sustancias de una célula a otra. La membrana plasmática es continua y se extiende de una célula a la otra a través de los plasmodesmos, constituyendo lo que se conoce como simplasto; mientras que el conjunto de las paredes celulares de un tejido, más los espacios intercelulares, se denomina apoplasto. La pared celular es muy permeable a diferentes sustancias, permitiendo el paso de agua y solutos; aunque la verdadera barrera que controla la permeabilidad, al igual que en las células animales, es la membrana plasmática o plasmalema.

## 2.9 Fracciones de la proteína

Se determinan las fracciones de proteína (PF): A (nitrógeno no proteínico (NPN)), B 1 (proteína soluble en amortiguador), B 2 (proteína insoluble en amortiguador pero soluble en detergente neutro), B 3 (proteína insoluble en detergente neutro pero soluble en detergente ácido) y C (proteína insoluble en detergente ácido) en cada ingrediente; esos valores se correlacionan con las variables de producción de gas in vitro (GP) (volumen máximo de gas ( $V_{max}$ ; mL g<sup>-1</sup>), tasa de producción de gas ( $S$ ; h<sup>-1</sup>) y tiempo de retardo ( $L$ ; h), desaparición de MS in vitro (DMDIV) y proteína total residual in vitro (RPV).

## Taninos

### Determinación de Tanino

Polifenoles, los taninos son derivados del ácido gálico. Los taninos se clasifican: 1) Los condensados (Obtiene el catecol)

2) Los hidrolisables (Obtiene el pirogalol). Fundamento:

Se basa en la extracción de las sustancias tánicas con agua hirviendo, en la cual se solubilizan. El tratamiento que se realiza al obtenido de esta extracción se pueden aplicar dos métodos, uno cuantitativo con el reactivo de Folin – Denis y otro cualitativo

Método Price y Butler método rápido por color.

Se producen reacciones químicas para la determinación de coloración. En el

método cuantitativo la medición se realiza en un equipo UV a 760 nm donde la muestra incógnita es comparada en una curva de calibración corrida previamente con cantidades conocidas de ácido tánico y por cálculo se obtiene el resultado en porcentaje.

En el método cualitativo es solo una apreciación visual por colores predeterminados. Las expresiones de los resultados son:

Verde claro	Menor de 0,4 %	Bajo en tanino
Verde oscuro	Entre 0,4 y 08 %	Medio en tanino
Azul	Mas de 0,8 %	Alto en tanino

Método de Folin-Denis:

- Cuantitativo
- Colorimétrico (espectrofotométrico)
- Usa patrón

Tras la avanzada tecnología que se ha venido obteniendo en estos últimos años, es imprescindible destacar la importancia del poder cuantificar cada uno de los metabolitos secundarios que puedan presentarse en las especies medicinales, más aún si ésta pudiese resultar tóxica. De esta manera informar sobre aquellas plantas que presentan actividad terapéutica o evitar la toxicidad de las que la posean. También se ha demostrado que existe gran variación en cuanto a la concentración de estos metabolitos en la planta, no hay un patrón de máxima producción (Martínez Aguilar et al., 2012), por lo que se hace necesario monitorear los valores para obtener fitofármacos seguros y eficaces.

Hasta hoy en día, dentro de las técnicas analíticas frecuentemente usadas para la cuantificación de metabolitos secundarios se encuentra la espectrofotometría de absorción, la cual se fundamenta en que las moléculas absorben las radiaciones electromagnéticas y, a su vez, la cantidad de luz absorbida depende de forma lineal de la concentración, cumpliendo con la ley de Lambert y Beer. Para hacer este tipo de medidas se emplea un espectrofotómetro de absorción, en el que se selecciona la longitud de onda de máxima absorción de la solución y luego se mide la cantidad de luz absorbida por la misma a diferentes concentraciones. Los

métodos espectrofotométricos utilizados para determinar metabolitos secundarios en plantas se presentan en este libro. Estos métodos consisten básicamente en hacer reaccionar los metabolitos secundarios con reactantes que generen productos coloreados que puedan ser medidos por espectrofotometría en la región visible del espectro electromagnético.

Los métodos deben ser validados para tener mayor confiabilidad en los resultados, fundamentalmente, cuando se trabaja con productos naturales, donde es necesario obtener resultados que demuestren la aptitud para el uso que se destina.

## Vitaminas y Minerales

El análisis de las vitaminas en los alimentos es un gran desafío para los químicos analíticos dado que se asocia con problemas significativos. Muchos de estos problemas han sido eliminados gracias a los recientes avances en la tecnología y el desarrollo de nuevos enfoques analíticos.

Todos los antiguos métodos biológicos utilizados para determinar o incluso demostrar la actividad biológica de las vitaminas, han sido en la actualidad reemplazados por métodos microbiológicos. También se han aplicado métodos físico—químicos, principalmente cromatográficos, GC y LC, para solucionar muchos problemas relacionados con el análisis de las vitaminas.

La mayoría de las vitaminas son sensibles a la luz y algunas se oxidan muy rápidamente. Por lo tanto, es necesario evitar la luz solar directa y la luz brillante y utilizar material de vidrio ámbar para prevenir la degradación. Dado que el calor también contribuye a la isomerización o a una posterior alteración de las vitaminas, debe evitarse el calor innecesario.

La vitamina A se utiliza como un nombre genérico para describir al retinol, sus ésteres y los correspondientes isómeros. Se encuentra principalmente en productos animales tales como leche, crema, mantequilla, queso, huevos, carne, hígado, riñón y aceite de hígado de bacalao. Por lo general, se encuentra como ésteres de ácidos grasos de cadena larga pero también como retinol. Los alimentos son enriquecidos normalmente con ésteres de retinol tales como acetato, palmitato o propionato utilizando formulaciones especiales que mejoran la estabilidad. La vitamina A y los correspondientes ésteres muestran un espectro de absorción característico, la posición del máximo depende del disolvente; en isopropanol es a 326 nm, en ciclohexano a 328 nm. El retinol tiene un coeficiente de absorción molar  $\epsilon_{1\text{cm}}=1835$  en etanol y de 1826

en n-hexano. El retinol y sus ésteres son rápidamente destruidos por la luz, el oxígeno y los ácidos. Deben almacenarse en frascos ámbar sellados con gas inerte. Una Unidad Internacional (UI) corresponde a la actividad de 0,344 g de acetato de vitamina A puro cristalino; 0,300 µg de retinol o 0,550 µg de palmitato de retinol corresponden a 1 UI; 1 µg de retinol es equivalente a 3,333 UI de vitamina A.

La mayoría de los procedimientos de análisis utilizan una etapa de saponificación antes de la extracción con un disolvente orgánico adecuado. Las condiciones para la saponificación pueden variar, pero en general, la muestra se saponifica preferentemente bajo nitrógeno utilizando una mezcla de hidróxido de potasio acuoso, etanol o metanol, agua y con la adición de un antioxidante como ácido ascórbico, pirogalol o butilhidroxitolueno (BHT)

## 2.9 N.I.R.S

El primer reporte de la aplicación de la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) para el análisis de alimentos fue realizado en soya por Ben-Gera y Norris (1968), en 1976 se llevaron a cabo los primeros análisis en forraje y posteriormente fue utilizado en la evaluación de materiales sólidos. Ha sido ampliamente usado para determinar la composición y calidad de heno, silo, granos y productos alimenticios, así como en la industria farmacéutica y en industrias para controlar el material usado en muelles de carga. En procesos biológicos ha sido usado para monitorear procesos de fermentación y reacciones químicas. En Colombia existen reportes del uso de NIRS para el análisis de forrajes realizados por Lascano, 2002 y en 2004 por Vásquez analizando forrajes de la sabana tropical y según reportes de Rivera,

A.R. en Meeting & City, 2016 fue usado para análisis de kikuyo en Antioquia, además ha sido aplicado en el análisis de yuca y caña de azúcar, entre otros.

### Descripción de la técnica

La técnica se basa en la quimiométrica, la cual combina la espectroscopia, la estadística y la computación para desarrollar modelos matemáticos (Jiménez, 2007), es así que una muestra es irradiada con un haz de luz del infrarrojo cercano y la cantidad de luz absorbida es registrada para relacionarla con la presencia de grupos funcionales de las moléculas presentes en dicha muestra. El NIRS registra la absorción de energía en enlaces de C-H, N-H y O-H que se encuentran presentes en componentes orgánicos; de esta manera, cuando la luz entra en contacto con la materia, induce la absorción de energía únicamente en los enlaces que vibren con una frecuencia similar a la energía incidente. La absorción puede ser débil o fuerte conforme a la naturaleza de los enlaces químicos de los compuestos sólidos o líquidos; de esta manera cada grupo funcional absorbe luz de la región NIR a una frecuencia y longitud de onda específica representado en el espectro como picos de absorción.

La radiación infrarroja que incide sobre una muestra sólida toma una trayectoria de acuerdo a la presencia de los grupos funcionales; así, una parte de la radiación es reflejada de la superficie de la muestra, otra proporción entra a la muestra siendo en ocasiones absorbida por ella y aquella que no es absorbida puede ser transmitida a través de la muestra y/o reflejada por esta.

### Cromatografía de gases

A pesar de que, como ya se ha indicado, la cromatografía es básicamente una técnica de separación, su gran capacidad para resolver muestras complejas ha conducido a utilizarla cada vez más como técnica analítica. Esta utilización, ha conducido al desarrollo de una instrumentación, que utilizando siempre la separación por elución, puede operar en continuo, con mayor eficacia en la separación y con un mayor control de las condiciones cromatográficas para incrementar la reproducibilidad de los resultados.

Entre las técnicas cromatográficas utilizadas con fines analíticos, la cromatografía de gases es probablemente la técnica de más amplia utilización; ninguna técnica analítica puede ofrecer su capacidad de separación o su sensibilidad a la hora de analizar compuestos volátiles.

Por otra parte, el hecho de que con esta técnica las mezclas sean separadas en fase gaseosa, establece los límites de su utilización, que estarán marcados fundamentalmente por la estabilidad térmica de los compuestos a separar. Por lo general, la utilización de la cromatografía de gases está restringida a la separación de compuestos con un peso molecular menor de 1000 a una

temperatura máxima de trabajo de aproximadamente 400 EC; dentro de estos límites, como ya se ha mencionado, la única limitación existente será la estabilidad térmica de la muestra.

Para realizar una separación mediante cromatografía de gases, se inyecta una pequeña cantidad de la muestra a separar en una corriente de un gas inerte a elevada temperatura; esta corriente de gas, atraviesa una columna cromatográfica que separará los componentes de la mezcla por medio de un mecanismo de partición (cromatografía gas líquido), de adsorción (cromatografía gas sólido) o, en muchos casos, por medio de una mezcla de ambos. Los componentes separados, emergerán de la columna a intervalos discretos y pasarán a través de algún sistema de detección adecuado, o bien serán dirigidos hacia un dispositivo de recogida de muestras.

## 2.11 pH del alimento

Medida de la acidez o de la alcalinidad de una sustancia. Es el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno. Una escala numérica utilizada para medir la acidez y basicidad de una sustancia. Valor absoluto del logaritmo decimal de la concentración de ion hidrógeno (actividad). Usado como indicador de acidez ( $\text{pH} < 7$ ) o de alcalinidad ( $\text{pH} > 7$ ).

Los ácidos y las bases tienen una característica que nos deja poder medirlos, es la concentración de los iones de hidrógeno. Los ácidos fuertes tienen altas concentraciones de iones de hidrógeno y los ácidos débiles tienen concentraciones bajas. El pH entonces es un valor numérico que expresa la concentración de iones de hidrógeno.

Hay centenares de ácidos - ácidos fuertes como el ácido sulfúrico, que puede disolver los clavos de acero y ácidos débiles como el ácido bórico, que es bastante seguro de utilizar como lavado de ojos. Hay también muchas soluciones alcalinas, llamadas "bases", las soluciones alcalinas suaves como la Leche-De-Magnesia, que calman los trastornos del estómago y las soluciones alcalinas fuertes como la soda cáustica o hidróxido de sodio que puede disolver el cabello humano.

Los valores numéricos verdaderos para estas concentraciones de ion de hidrógeno son típicamente una fracción muy pequeña: Ej.  $1/10.000.000$ . Debido a que éste es un número incómodo con el que trabajar, una escala única fue ideada. La escala creada utiliza el logaritmo negativo de la concentración del ion de hidrógeno (o actividad) para las soluciones ácidas y básicas. Los valores leídos en esta escala se llaman las medidas del "pH". Su expresión matemática es  $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$ .

Los números a partir del 0 al 7 en la escala indican las soluciones ácidas, y 7 a 14 indican soluciones alcalinas. Cuanto más ácida es una sustancia, más cercano su pH estará a 0; cuanto más alcalina es una sustancia, más cercano su pH estará a 14. Algunas soluciones fotográficas no son ni altamente ácidas ni altamente alcalinas, sino que están más cercanas al punto neutro,  $\text{pH}=7$  que es el pH de la solución del agua de canilla. Las soluciones de revelador tienen valores en la porción alcalina de la escala del pH, extendiéndose típicamente de pH 9 a

12. Los baños de parada tienen valores en el extremo opuesto de la escala porque contienen cantidades grandes de ácido; tienen típicamente valores de pH de 1 a 3.

### Como se mide el pH

Una manera simple de determinarse si un material es un ácido o una base es utilizar papel de tornasol. El papel de tornasol es una tira de papel tratada que se vuelve color de rosa cuando está sumergida en una solución ácida, y azul cuando está sumergida en una solución alcalina. Aunque otros papeles de pH pueden ahora proporcionar una estimación más exacta del pH, no son bastante exactos para medir soluciones fotográficas, y no son muy útiles para medir el pH de líquidos coloreados o turbios.

Los papeles tornasol se venden con una gran variedad de escalas de pH. Para medir el pH, seleccione un papel que dé la indicación en la escala aproximada del pH que vaya a medir. Si no conoce la escala aproximada, tendrá que determinarla por ensayo y error, usando papeles que cubran varias escalas de sensibilidad al pH. Para medir el pH, sumerja varios segundos en la solución el papel tornasol, que cambiará de color según el pH de la solución. Los papeles tornasol no son adecuados para usarse con todas las soluciones. Las soluciones muy coloreadas o turbias pueden enmascarar el indicador de color. Ciertas soluciones, como los reveladores, pueden requerir mayor precisión que la que ofrecen los papeles tornasol.

El método más exacto y comúnmente más usado para medir el pH es usando un medidor de pH (o pHmetro). Es básicamente un voltímetro muy sensible, los electrodos conectados al mismo generarán una corriente eléctrica cuando se sumergen en soluciones. Un medidor de pH tiene electrodos que producen una corriente eléctrica; ésta varía de acuerdo con la concentración de iones hidrógeno en la solución. La principal herramienta para hacer las mediciones de pH es el electrodo de bombilla de vidrio. Tal vidrio tiene una composición especial, sensible a los iones hidrógeno. Un tipo de voltímetro conectado a los electrodos relaciona con el pH la corriente eléctrica producida en la membrana de vidrio. Para cerrar el circuito y brindar una referencia estable y reproducible, se requiere un segundo electrodo. El medidor debe estar calibrado con una solución de pH conocido, llamada "amortiguador" (también solución tampón o buffer)

Los amortiguadores resisten las variaciones de pH y tienen valores de pH específicos a temperaturas determinadas.

Dos tipos de electrodos se utilizan para medir el pH, y cada electrodo tiene un propósito específico. El electrodo " de cristal " tiene un bulbo hecho de composición de cristal especial, que es muy selectivo y sensible a los iones de hidrógeno. Cuando este bulbo de cristal se sumerge en una solución, el voltaje generado en la superficie de los bulbos se relaciona con el pH de la solución. La determinación del pH con el medidor es mucho más precisa que con los papeles tornasol. Sin embargo, debe usted dar mantenimiento y usar correctamente el medidor, así como hacer las mediciones conforme al procedimiento prescrito.

El otro electrodo se llama " electrodo de referencia " y proporciona un voltaje estable y reproducible cuando se sumerge en una solución. Cuando los dos electrodos están conectados con un medidor de pH, la diferencia de voltaje se amplifica y se visualiza en un indicador analógico o digital. Un electrodo que combine el bulbo de cristal sensible al pH y una celda de la referencia en un cuerpo de electrodo se llama " electrodo de combinación " y se utiliza de la misma manera que un par de electrodos.

Para obtener una exactitud y buena consistencia, usted debe estandarizar el pHmetro con soluciones de valores de pH conocidos llamados " búferes " (o buffer del inglés). Un buffer es una solución especialmente preparada con dos cualidades importantes; resiste cambios en el pH, y tiene un valor de pH específico en una temperatura específica. Para las lecturas exactas y confiables del pH, usted debe también mantener y calibrar el pHmetro y los electrodos a menudo. Usted debe también medir las soluciones en la temperatura correcta y utilizar la técnica apropiada.

### Medidor de pH o pHmetro

El metro de pH debe ser capaz de calibraciones en dos-puntos con un control ajustable de pendiente o ganancia o una lectura de los valores de la ganancia. Una legibilidad de hasta 0,01 unidades de pH y exactitud de hasta 0,02 unidades se requiere como mínimo.

### Electrodos

Calibre siempre el medidor con amortiguadores precisos. Use amortiguadores próximos al valor de pH de las soluciones que vaya a medir. Revise la pendiente y ajústela de ser necesario, para compensar la antigüedad de los electrodos. Para exactitud creciente, utilice un par separado de electrodos o por lo menos con un

electrodo de cristal separado para las medidas altas y bajas del pH. Almacene los electrodos en las soluciones recomendadas. Enjuague y llene los electrodos de referencia con 3,5 M en vez de una solución saturada de cloruro de potasio. La concentración más baja de sal produce menos cristalización dentro de los electrodos y en la junta de referencia. La composición compleja de las soluciones de proceso fotográfico puede producir efectos indeseados sobre las membranas de cristal de los electrodos de pH.

**Material adicional:**

<http://navarrof.orgfree.com/Docencia/FQaplicada/UT I/FINAL%20PARTE%20I.pdf>

### Unidad III

## BIOENERGETICOS DE LOS ALIMENTOS.

### Objetivo de la unidad:

Comprender la importancia de la bioenergética en los procesos metabólicos.

La bioenergética describe el flujo de energía y nutrientes dentro de un sistema biológico y en nuestro caso tomaremos como ejemplo peces o camarones. La bioenergía describe el proceso biológico de la transformación y utilización de los nutrientes absorbidos para generar energía y la síntesis de su propio cuerpo. El alimento que se consume se transforma en el cuerpo y los compuestos químicos complejos se descomponen en componentes más simples – proteínas en aminoácidos, carbohidratos en glucosa, lípidos en ácidos grasos y con todo este proceso se libera energía -que se utiliza para el mantenimiento, la renovación de los tejidos desgastados y la creación de nuevos tejidos – para el crecimiento. Los principales compuestos orgánicos en los alimentos, como los lípidos, las proteínas y los carbohidratos son las fuentes de energía, que al mismo tiempo suministran el material necesario para el crecimiento.

Existen diferentes tipos de energía, energía química, energía eléctrica, energía mecánica y el calor. Estas diferentes formas de energía se pueden transformar entre ellas, pero sólo tiene un pequeño problema, la transformación no es 100 por ciento eficiente. Lo que se pierde es principalmente en forma de calor, aunque el calor es la única forma de energía, en la que todas las demás se pueden transformar y medir. La energía química almacenada en el alimento y en los tejidos de los animales se mide utilizando un calorímetro de bomba. La cantidad de calor producido por la oxidación de los piensos o tejidos que se conoce como el calor de combustión o energía bruta (GE). La energía térmica se expresa generalmente en kilocalorías (kcal) o kilojoule (kJ). Una kcal equivale a la energía necesaria para elevar la temperatura de un kilogramo de agua en un grado Celsius ( $^{\circ}$  C). Una kcal equivale a 4.184 joules.

Para el modelo bioenergético se pueden aplicar las dos leyes de la termodinámica.

1. La energía no se puede crear ni destruir dentro de un sistema, pero se puede en diferentes formas (lo que entra debe salir)
2. En un sistema donde la energía se transforma (desde los piensos a la carne) hay una degradación y pérdida de energía en forma de calor (nada es 100 por ciento de eficiente).

No toda la energía de un alimento se digiere; las sustancias como la fibra y la celulosa de ingredientes vegetales pasan a través del sistema digestivo y nos están disponibles para los peces. La GE consumida menos las pérdidas fecales de energía (FE) se denomina energía digestible (DE), la cual queda disponible para los procesos metabólicos de un animal.

Las principales pérdidas se producen cuando los compuestos que contienen energía (en base DE) son transformadas por el pez, desglosadas en unidades más pequeñas y luego utilizadas para construir sus propias reservas de energía, o para depositar proteína para el crecimiento. Como mencionamos anteriormente, este proceso de transformación no es 100 por ciento eficiente, siempre hay pérdidas y son en su mayoría en forma de calor. En los poiquiloterms como el pescado, este calor se pierde en el agua circundante, y en los homeoterms se utiliza en parte para mantener constante la temperatura corporal. Sólo la energía neta (EN) está disponible para el mantenimiento y el crecimiento. Los requisitos de mantenimiento representan la energía que se necesita para los movimientos, la osmo-regulación y la circulación sanguínea; esta energía debe ser suministrada antes de que el resto se canalice en crecimiento – el principal producto en el cultivo de peces.

### 3.1 Conceptos de Bioenergética: Energía, Trabajo, Termodinámica, Caloría, Joule.

**Energía.** Proviene de los vocablos “en”: dentro y ergon : trabajo.

- Capacidad de realizar trabajo (capacidad de producir cambio de calor)

En nutrición, la energía es expresado en términos de kilocalorías (Kcal) donde 1 Kcal es definido como la cantidad de calor requerido para elevar la T° de 1 kg de agua en 1 °C.

**Trabajo.** Cuando hablamos de trabajo, entendemos que tenemos que utilizar nuestros músculos gastando una cantidad de energía o hacer un cierto esfuerzo

para realizar una tarea. Pero esto es el concepto más bien biológico del trabajo.

**Termodinámica.** Es la rama que estudia de forma macroscópica fenómenos químicos y físicos que ocurren con las sustancias de nuestro mundo material. El estudio de la termodinámica se centra sobre un sistema en estudio separado de su entorno o medio ambiente por fronteras reales o imaginarias. sistema + medio ambiente = universo.

**Caloría.** Es habitual el uso de la caloría como término para expresar el poder energético de los alimentos. La definición técnica de caloría corresponde a una unidad de energía basada en el calor específico del agua. Así, se define caloría como la cantidad de energía calorífica necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua pura, desde 14,5 °C a 15,5 °C, a una presión normal de una atmósfera.

Los seres vivos, necesitan energía para poder vivir. La alimentación es la principal fuente de energía en los seres vivos. La energía que los seres vivos necesitan se obtiene de los macronutrientes aportados por los alimentos que consume. Los hidratos de carbono aportan 4 calorías, los lípidos 9 calorías y las proteínas 4 calorías. Diferentes alimentos aportan diferentes cantidades de energía, desde los alimentos más bajos en calorías, hasta los más densos energéticamente.

Las calorías (o energía) que se necesitan a lo largo del día se utilizan para el metabolismo basal, para el efecto termogénico de los mismos alimentos, para el trabajo muscular y el factor de injuria o factor de estrés. Se considera el consumo calórico mínimo que necesita un organismo vivo para completar sus actividades vitales básicas.

### **3.2 Calorimetría, Distribución de energía y proteína de un organismo**

El método tradicional para expresar el valor energético es el que emplea calorías tanto para denotar el contenido energético de un ingrediente (que se expresa como kilocalorías por gramos (Kcal/g) o como mega calorías por quilogramos (Mcal/Kg), como para expresar los requerimientos por parte de los animales (Kilocalorías o megacalorías por animal por día). La unidad básica que se expresa para determinar los

métodos energéticos es la caloría (cal) y se define como la unidad de calor que es necesaria para incrementar la temperatura de un gramo de agua, de 14.5 a 15.5 grados centígrados.

Una Kcal equivalente a 1000 calorías y la Mcal equivale a 1000 Kcal o a un millón de calorías. En el sistema métrico decimal se utiliza el joule, el kilojoule, y el megajoule. (J, KJ, MJ respectivamente) como unidades energéticas. Un joule equivale a 0.239 calorías o una caloría es igual a 4.184 Jules.

### Distribución de la energía en el organismo

Satisfacer las necesidades energéticas de los animales es el mayor coste ligado a la alimentación de los animales. Incluso en las fases no productivas, los animales necesitan energía para mantener las funciones fisiológicas, conservar la T<sup>a</sup> corporal estable y mantener la actividad muscular. Adicionalmente, los animales necesitan energía para sus producciones: crecimiento y engorde, reproducción, lactación y trabajo.

### 3.2.2 Distribución de la proteína en el organismo

La función primordial de la proteína es producir tejido corporal y sintetizar enzimas, algunas hormonas como la insulina, que regulan la comunicación entre órganos y células, y otras sustancias complejas, que rigen los procesos corporales. Las proteínas animales y vegetales no se utilizan en la misma forma en que son ingeridas, sino que las enzimas digestivas (proteasas) deben descomponerlas en aminoácidos que contienen nitrógeno. Las proteasas rompen los enlaces de péptidos que ligan los aminoácidos ingeridos para que éstos puedan ser absorbidos por el intestino hasta la sangre y reconvertidos en el tejido concreto que se necesita.

Es fácil disponer de proteínas de origen animal o vegetal. De los 20 aminoácidos que componen las proteínas, ocho se consideran esenciales, es decir: como el cuerpo no puede sintetizarlos, deben ser tomados ya listos a través de los alimentos. Si estos aminoácidos esenciales no están presentes al mismo tiempo y en proporciones específicas, los otros aminoácidos, todos o en parte, no pueden utilizarse para construir las proteínas humanas. Por tanto, para mantener la salud y el crecimiento es muy importante una dieta que contenga estos aminoácidos esenciales. Cuando hay

una carencia de alguno de ellos, los demás aminoácidos se convierten en compuestos productores de energía, y se excreta su nitrógeno. Cuando se ingieren proteínas en exceso, lo cual es frecuente en países con dietas ricas en carne, la proteína extra se descompone en compuestos productores de energía. Dado que las proteínas escasean bastante más que los hidratos de carbono, aunque producen también 4 calorías por gramo, la ingestión de carne en exceso, cuando no hay demanda de reconstrucción de tejidos en el cuerpo, resulta una forma ineficaz de procurar energía. Los alimentos de origen animal contienen proteínas completas porque incluyen todos los aminoácidos esenciales. En la mayoría de las dietas se recomienda combinar proteínas de origen animal con proteínas vegetales. Se estima que 0,8 gramos por kilo de peso es la dosis diaria saludable para adultos normales.

Muchas enfermedades e infecciones producen una pérdida continuada de nitrógeno en el cuerpo. Este problema debe ser compensado con un mayor consumo de proteína dietética. Asimismo, los niños también precisan más proteína por kilogramo de peso corporal. Una deficiencia de proteínas acompañada de falta de energía da origen a una forma de malnutrición proteico-energética conocida con el nombre de marasmo, que se caracteriza por pérdida de grasa corporal y desgaste de músculos.

### Proteína Cruda

Es una medida común en la ciencia de los alimentos y la cría de animales, pues evalúa cuánto hay del elemento químico en determinado producto. Estas mediciones incluyen nitrógeno de proteínas, así como fuentes de nitrógeno no proteico (NNP) que se originan de moléculas tales como creatina y urea.

La PC se diferencia de una proteína verdadera medición de la proteína que cuantifica el contenido real del nutriente y excluye el NNP. En el caso de los rumiantes, estos adquieren nitrógeno de diversas fuentes, como ácidos nucleicos, nitratos, nitritos, amoníaco y urea.

## Proteína Verdadera

Es una medida únicamente para las proteínas en leche. Un equipo de prueba de leche mide cadenas de péptidos, una medida directa de proteína verdadera.

A la PC hay que restarle la proteína digestible, y da como resultado la proteína verdadera. Sin embargo, esta medida ha sido reemplazada por el sistema Cornell Net Carbohidratos y Proteína.

## Proteína degradable en rumen

Las proteínas microbianas son sintetizadas a partir de la fracción degradable de nitrógeno y los glúcidos degradados en el rumen.

Las proteínas microbianas y la fracción no degradable abastecen al organismo de la proteína metabolizable.

Estos últimos años, nos hemos centrado en la proteína By-pass y los aminoácidos, pero la fracción proteína degradable ha sido descuidada.

## Aporte de proteína degradable al rumen

El papel de la fracción degradable es simple en algunos aspectos y complejo en otros.

Es Hoover (1987) el primero en definir esta fracción como la cantidad de nitrógeno suministrada a los microorganismos del rumen en la forma correcta y momento adecuado para alimentar su crecimiento y su función clave.

La fracción de nitrógeno degradable:

- Estimula la digestión de los glúcidos
- Favorece el desarrollo de la síntesis microbiana
- Sostiene el funcionamiento del rumen.

Una carencia en proteína degradable puede limitar la digestión de los hidratos de carbono estructurales (celulosa) y no estructurales (almidón).

La conversión de la proteína degradable en proteínas microbianas crea una proteína cuyo pero en aminoácidos es ideal.

Las proteínas microbianas pueden abastecer del 60 al 80 % de las necesidades de proteínas para las vacas lecheras.

### 3.4 Proteína microbiana

La proteína metabolizable se define como el total de proteína verdadera digestible (aminoácidos) utilizable por el ganado lechero para su metabolismo, después de la digestión y absorción del alimento en el tracto digestivo. Posee dos componentes: proteína verdadera microbiana digestible (sintetizada por los microorganismos del rumen) y proteína del alimento que no fue degradada a nivel ruminal pero sí es digestible en el intestino delgado. La síntesis de proteína microbiana en el rumen se ve afectada por numerosos factores de los alimentos y de los animales. Es conocido que el tipo y cantidad de nutrientes utilizables de la ración, así como la sincronización de la liberación de dichos nutrientes en el rumen, afectan a la magnitud de la síntesis microbiana. Actualmente es muy difícil o imposible poder cuantificar a cabalidad todos estos efectos, pero sí se pueden considerar algunos factores relevantes:

- (a) el aporte de energía a los microorganismos
- (b) el aporte de nitrógeno a los microorganismos
- (c) el nivel de alimentación de los animales
- (d) el ritmo de paso del alimento por el rumen, determinado por el nivel de alimentación.

La proteína microbiana se genera de la actividad de los microorganismos ruminales, los cuales la sintetizan utilizando la energía fermentable que se encuentra presente en los alimentos consumidos, junto con los aminoácidos y/o nitrógeno no proteico, producto de la degradación de las proteínas dietarias. Representa la fuente proteica más importante para el metabolismo de la vaca lechera.

## Nitrógeno No Proteico

Se denomina Nitrógeno no proteico a los compuestos de nitrógeno que pueden ser convertidos en proteínas por algunos organismos vivos. Muchos organismos superiores sólo pueden obtener aminoácidos absorbiéndolos de la dieta. Una vez incorporados, pueden convertir algunos aminoácidos en otros diferentes.

Los compuestos que forman el NNP son los que contienen amoníaco, nitritos y nitratos y otros como la urea, el biuret o el ácido úrico.

Los organismos que pueden utilizar el NNP son los hongos, las plantas y algas, bacterias y organismos que viven en simbiosis con ellos.

En la ganadería de rumiantes es de gran importancia ya que las grandes colonias de bacterias que contienen en el rumen pueden convertir alimento con un bajo nivel de proteína en uno suficientemente nutritivo gracias a la adición de NNP, normalmente en forma de urea. O el aprovechamiento de productos de muy poco valor como alimento, como estiércol de animales monogástricos como gallinas o cerdos.

### 3.5 Proteína Metabolizable

Desde entonces el término Proteína Absorbida se ha considerado sinónimo de Proteína Metabolizable (PM), sistema que tiene en cuenta la degradación ruminal de la proteína y separa los requerimientos entre necesidades de los microorganismos ruminales y del animal. La PM se define como la proteína verdadera absorbida en el intestino provista por la Proteína Microbiana (PMo) y la Proteína No Degradable en Rumen (PND).

### 3.6 Total de Nutrientes Digestibles (TND)

Es un método matemático para el cálculo aproximado de la energía liberada por un ingrediente dado. Este método además de valorar energéticamente a un alimento partiendo de ensayos de digestibilidad, puede valorar la energía existente en % o en Kg. El método consiste en tomar los valores de los componentes orgánicos del análisis proximal, o sea las proteínas crudas, el extracto etéreo, la fibra cruda y el extracto libre de nitrógeno (pero no la materia mineral por ser considerada como inorgánica) y multiplicados por su digestibilidad. El producto de la multiplicación del extracto etéreo por su digestibilidad se multiplica a la vez, por 2.25, pues se

considera que las grasas liberan 2.25 veces más energía que las proteínas y que los carbohidratos. Los resultados parciales se suman y el total se divide entre 100 con el objeto de expresar el TND como porcentaje del ingrediente analizado.

1 Kg NDT = 4400 Kcal Energía Digestible

1 Kg NDT = 3560 Kcal Energía Metabolizable

NDT = Proteína cruda digestible + Extracto libre de nitrógeno digestible + Fibra cruda digestible + (Grasa cruda digestible \* 2.25)

NDT = Materia orgánica digestible + 1.25 \* Extracto etéreo digestible

Desventajas de este método:

Es un método indirecto.

No expresa unidades energéticas sino %

Se realiza a través de Wende y éste no registra proteínas sino Nitrógeno \* 6.25 No determina fibra cruda

No determina valores exactos de las grasas.

Ventajas de este método:

Es de fácil aplicación por qué no necesita de análisis sofisticados.

Todos los valores se pueden obtener para cualquier muestra y el margen de error es el mismo.

### 3.7 Conceptos de digestibilidad

Digestibilidad de los alimentos

La digestibilidad varía de acuerdo con factores propios del alimento y por efecto de los animales que lo consumen. En general, la digestibilidad de los granos de cereales y otras fuentes de azúcares o almidones es elevada para todas las especies de animales de granja. Las fuentes proteicas de origen vegetal y las harinas de carne y pescado son también altamente digestibles para todas las especies, no así las harinas de

sangre y de pluma.

Los alimentos que más varían en digestibilidad son los forrajes, siendo el estado de madurez el principal causante de dicha variabilidad. En general, a medida que aumenta la madurez, de la planta disminuye su contenido de proteínas, y de azúcares solubles, y se eleva el contenido de fibra (principalmente celulosa y lignina), lo que causa una disminución gradual en la digestibilidad.

### 3.8 Digestibilidad verdadera y aparente

Con el fin de obtener información más aproximada al verdadero aprovechamiento de los nutrientes por parte del animal, se establece el concepto de digestibilidad verdadera en el cual se tiene en cuenta en los cálculos los valores endógenos, ya que se reconoció que parte de los nutrientes que se encuentran en las heces se derivan del animal y no son residuos del alimento (Maynard, 1986). Se puede calcular la digestibilidad verdadera de los alimentos teniendo en cuenta los aportes endógenos con la siguiente fórmula; se deben reemplazar con valores en base seca.

$$CDV = \frac{AC \times NC - ((CH \times NE) - PE)}{AC \times NC} \times 100$$

CDV: Coeficiente de digestibilidad verdadera. AC: Cantidad de alimento consumido.

CH: Cantidad de heces.

NC: Concentración del nutriente consumido. NE: Concentración nutriente excretado.

PE: Pérdida endógena del nutriente.

## Coefficiente de digestibilidad

Es la cantidad ingerida y la eliminada por heces. De este modo, se considera que todo aquello que no se ha eliminado por el colon, ha sido digerido y absorbido.

Para calcular la digestibilidad de un alimento, es necesario tener en cuenta varios aspectos que pueden afectar los resultados, como, por ejemplo, la especie vegetal o animal a la que pertenece el ingrediente, el procesamiento, la interacción entre los nutrientes de la dieta o ingrediente, el método analítico utilizado para determinar los valores de digestibilidad, así como también los factores ambientales y propios del individuo. Al no considerar los aspectos anteriormente citados se puede subvalorar o sobrevalorar el valor nutritivo de un ingrediente y así cometer errores al balancear la dieta, con efecto directo sobre la salud y el desempeño de los animales que la consumen. Algunos ingredientes con baja digestibilidad afectan el consumo de alimento, principalmente si se usan de manera inadecuada, comprometen el rendimiento de los animales por desequilibrio en el aprovechamiento de nutrientes contenidos en el alimento, pero usados de manera adecuada, como las dietas ricas en fibra, favorecen la pérdida de peso de animales obesos o con problemas de saciedad, sin afectar negativamente la digestibilidad de los demás nutrientes.

### 3.9 Digestibilidad biológica de los alimentos

La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de una alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. Comprende dos procesos, la digestión que corresponde a la hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos, y la absorción de pequeñas moléculas (aminoácidos, ácidos grasos) en el intestino.

La digestibilidad constituye un indicador de la calidad de la materia prima que a veces varía notablemente, de una especie a otra; a priori se deberían esperar valores muy distintos en las especies carnívoras, herbívoras u omnívoras. La experiencia muestra sin embargo, que en los peces se observan a menudo, valores muy similares en especies, incluso zoológicamente diferentes; es así como un salmónido, un robalo y un turbot digerirán casi de la misma forma las proteínas de harina de pescado. Así mismo, si se estudia en una especie dada, la influencia de la edad del animal, su estado fisiológico, e incluso la salinidad y la temperatura, a menudo se encuentran diferencias, insignificantes. Por ejemplo, aunque el tiempo de tránsito del bolo digestivo sea mucho más breve en los animales pequeños que en los grandes, la digestibilidad es la misma en los dos casos. La temperatura acelera el tránsito sin afectar la utilización de las

proteínas. Esta constancia se explica por dos condiciones:

- i. Los dos procesos (hidrólisis y absorción) son rápidos.
- ii. Casi nunca llegan a ser “limitantes” ya que los potenciales de hidrólisis y de absorción sobrepasan siempre las necesidades del animal.

### 3.10 Concentrados proteicos de origen animal

La proteína animal ha sido considerada superior a la de origen vegetal, principalmente debido a su alto contenido de aminoácidos esenciales y a que algunas proteínas vegetales necesitan procesarse adecuadamente para mejorar su valor nutritivo. Sin embargo, si se suplementan adecuadamente con aminoácidos, las proteínas vegetales son similares a las proteínas de origen animal.

#### Harinas animales

- Harina de pescado

En un estudio con pollos machos de engorda, se empleó anchoveta peruana a niveles de 0, 2, 4, 6 y 8%, en lugar de proteína de soya, de una dieta a base de maíz y soya. La energía y la proteína se mantuvieron iguales; el cálculo de energía metabolizable fue de 3130 kilocalorías por kilogramo y 20.2% de proteína (49). Aun cuando parece haber un ligero incremento en los pesos cuando se sustituye el pescado por la soya a niveles de 4, 6 y 8%, las diferencias no fueron significativas, y tampoco hubo diferencias en la conversión alimenticia.

La proteína de origen animal como la de pescado, carne o harina de sangre son excelentes; pero son caras o bien no se encuentran disponibles en cantidades suficientes.

En América Latina, Perú tiene una industria pesquera con una producción que le permite exportar grandes cantidades, pero desgraciadamente ha habido algunos problemas con la disponibilidad de anchoveta para la pesca. Chile también tiene harina de pescado para su uso propio y para exportación. En México la cantidad de harina de pescado producida es muy limitada y con una gran variación en su contenido de proteína.

Se han realizado una serie de experimentos con guajolotes y cerdos en crecimiento con el objeto de determinar la calidad nutritiva de las harinas de pescado que se destinan en México para la alimentación animal (50). Los datos más relevantes del estudio indicaron un Contenido promedio de lisina disponible de 7.53% como porcentaje de la proteína en las 5 harinas de pescado utilizadas, Cuando las harinas de pescado fueron probada, como única fuente de proteína suplementaria en ensayos con cerdos y guajolotes, se encontraron diferencias nutritivas.

En otros estudios se determinó la disponibilidad biológica para el pollo, de la lisina, de 4 harinas de pescado de diferentes partes de México y se obtuvo también la misma cantidad de lisina disponible en todas las harinas.

Los resultados obtenidos por Aguilera y cols sugieren que existe una tendencia positiva, entre el contenido de proteína y su valor nutritivo, es decir, a mayor porcentaje de proteína mayor fue el crecimiento. Los datos de estos estudios, son bastante significativos ya que el uso principal de las harinas de pescado en las dietas para aves, es como fuente de lisina debido a que este aminoácido es frecuentemente el primer aminoácido limitante en las dietas. Por otra parte, estas investigaciones pueden servir de guía en México al nutriólogo, dada la composición tan heterogénea de las harinas de pescado que se fabrican.

A pesar de su alto valor nutritivo, su uso en raciones para aves debe limitarse debido al olor y sabor a pescado que se transmite a la carne y al huevo, si ésta se usa en grandes cantidades. Se han conducido experimentos con pollos de engorda, con objeto de estudiar los efectos de varios niveles de anchoveta sobre el crecimiento y el sabor a pescado de la carne. Los resultados obtenidos no indicaron diferencias en el peso de las aves cuando varios niveles de pasta de Soya fueron reemplazados por la harina de pescado. La anchoveta en niveles hasta de 8% no produjo olor o sabor a pescado a la carne; en cambio la harina de pescado a niveles de 10, 15 Y 20% y contribuyendo a la dieta con 0.88, 1.32 y 1.76% respectivamente de aceite, estuvo asociada con olor y sabor a pescado en la carne. La condimentación de la carne anuló el sabor a pescado al nivel de 10% de anchoveta y lo disminuyó a los niveles de 15 y 20%.

- Harina de pluma

La harina de pluma hidrolizada contiene un alto nivel de proteína [(85%) y su precio en el mercado es bajo en relación con otras fuentes de nitrógeno.

Su contenido de metionina, lisina, histidina y triptófano es reducido, factor que limita su uso en raciones para aves. Las recomendaciones generales son las de utilizada en

proporción de 3 a 4% como máximo en dietas para aves.

- Harina de sangre

Ockerman (2000) manifiesta que la harina de sangre es un producto granular de color marrón oscuro y seco (5 – 8 %) de humedad obtenido de la desecación de la sangre entera o de los componentes unos pesados después de recoger el suero o el plasma, el rendimiento de harina de sangre a partir de la sangre entera es aproximadamente del 20%.

De acuerdo a Fedna (2004) la harina de sangre es un producto obtenido por desecación de sangre de animales terrestres de sangre caliente que debe estar exento de sustancias extrañas. La sangre está formada por plasma, fracción celular y fracción fibrilar. El plasma contiene en solución de diversas sustancias como lipoproteínas, ácidos grasos no esterificados, azúcares, proteínas solubles (albúminas y globulinas) y sales minerales. La fracción celular (eritrocitos, leucocitos y plaquetas) es rica en hemoglobina. Las proteínas de la fracción sérica y la fibrina son de mejor calidad que la hemoglobina. La sangre debe obtenerse en condiciones asépticas (preferiblemente por extracción directa).

Según Azoosubol (2004), la harina de sangre es un subproducto de la industria de carnes, obtenida por la desecación de la sangre con un rendimiento de 2.8 Kg por animal sacrificado, esta harina se caracteriza por el alto contenido de proteína, la cual es de baja degradación ruminal. La harina de sangre es un alimento proteico valioso, así como también puede ser de baja calidad dependiendo del procesamiento por el cual se obtenga, sobre todo la temperatura. Cuando se obtiene con bajas temperaturas contiene alto tenor de proteína no degradable en el rumen y buena degradación intestinal.

De acuerdo a Ockerman, H (2000), la sangre con sus características nutricionales tiene mayor utilización en monogástricos y en ruminantes su mayor importancia esta representada como un controlador de consumo en casos de suplementos ofrecidos a voluntad de los cuales se desea un consumo determinado.

Después del drenaje, los residuos se comprimen para extraer lo más posible la humedad que queda después de la coagulación y finalmente se mete a pala en el secador y se seca hasta convertirse en un polvo. Otro método consiste en colocar la sangre cruda directamente en el secador y secarla en una sola operación, aunque el tiempo de tratamiento es más largo.

El polvo producido tiene la forma de harina. En un matadero de tamaño mediano el producto se puede vender sin molerlo a condición de que se separe el pequeño porcentaje de material de tamaño excesivo. Esto se puede efectuar a mano. Otra posibilidad consiste en mezclar la sangre con los demás desechos y materiales decomisados, siendo el producto resultante de este tratamiento conjunto una harina de carne y sangre de alto contenido proteínico.

Según La FAO (2005), los métodos modernos de producción de harina de sangre comprenden la desecación de la sangre en capas fluidificadas, desecación por rociado a baja temperatura o desecación de la sangre en un transportador poroso por corriente de aire caliente.

Estos procedimientos de desecación producen una harina de sangre soluble en agua (que con frecuencia se denomina en inglés "blood flour") para distinguirla de la harina corriente de sangre ("blood meal"), que es menos soluble en agua. En escala semicomercial, la harina de sangre se fabrica coagulando la sangre al vapor, o hirviéndola durante 20 minutos, recogiendo luego el coagulado para secarlo y molerlo.

Hay que tomar precauciones para no dejar que la temperatura exceda de 120 °C en cualquiera de las fases del proceso, ya que, de lo contrario, la harina tendrá calidad inferior. Con cantidades más pequeñas de sangre, ésta se recoge en grandes vasijas y se hierve a fuego vivo, hasta que se coagule y el agua se haya evaporado, la sangre debe hervir muy despacio y agitarse continuamente, seguidamente, la harina de sangre puede esparcirse sobre un piso de hormigón, en un cobertizo bien ventilado, para enfriarla y secarla por completo.

La sangre puede también coagularse añadiendo un 1% de cal viva, o 3% de cal muerta. Sin embargo, se pierde un 10-15% de la materia seca y gran parte de los minerales, cuando para la producción de harina de sangre se emplea el coagulado en vez de la sangre entera. La harina de sangre obtenida de sangre entera contendrá más isoleucina, que es uno de los aminoácidos esenciales. Todos los procedimientos de tratamiento, en particular de la sangre, producen vapores de condensación de fuertes olores que especialmente en las zonas urbanas se deben eliminar o reducir considerablemente mediante un equipo de condensación adecuado. La harina de sangre obtenida por deshidratación se utiliza principalmente como ingrediente en la fabricación de raciones para cerdos, aves y peces. Desde el punto de vista nutricional, es una fuente muy concentrada en proteínas, conteniendo valores superiores al 80%. Si bien la calidad de la proteína es alta, existen dos características en la harina de sangre que son determinantes de esa calidad. Por un lado, contiene un alto contenido en lisina (superior al 7.5%), aminoácido que constituye el principal interés nutricional de esta materia prima, pero que tiene el inconveniente de ser destruido si se aplican altas

temperaturas por largo tiempo durante el proceso de fabricación, disminuyendo de esta forma el valor nutritivo y el crecimiento de los animales.

Por otro lado, tiene un alto contenido en leucina, aminoácido que al hallarse en exceso impide el uso, por parte del animal, de los demás aminoácidos ocasionando una disminución en la ganancia del peso de los animales, especialmente en las aves. Las calidades de conservación de la harina de sangre son buenas únicamente cuando la humedad es de 10-12% aproximadamente. Cuando el contenido de humedad es mayor, la sangre se recalienta y coagula, e incluso fermenta, durante el almacenamiento; si es muy inferior, la falta de humedad produce una harina de sangre negra, debido a que el color rojo se destruye.

## Excretas

En años recientes, los desechos sólidos o excretas de los animales en confinamiento se han convertido en un problema de difícil solución, debido a los grandes volúmenes de excretas en las áreas concentradas, la disponibilidad de poca tierra cercana a las instalaciones productivas para las excretas, y al bajo costo relativo de los fertilizantes inorgánicos hacen que el uso de las excretas como fertilizante no sea muy atractivo. Además, el aumento de la conciencia pública sobre la contaminación ambiental hace que la eliminación de esos desechos sea cada día más compleja, difícil y costosa.

Por esta razón, además del aumento en la demanda de materias primas para animales, la posibilidad de reciclar los nutrientes contenidos en las excretas para la alimentación animal, parece ser una excelente alternativa. Bajo esta perspectiva, los rumiantes van a jugar un papel importante en el uso de esos materiales, debido a que ellos utilizan el nitrógeno no proteico y la celulosa.

- Excreta de Pollo (pollinaza)

La pollinaza son los desechos sólidos de la producción de pollos de engorde, compuestos de la base o cama de los galpones, la excreta y los residuos

de alimentos y plumas que quedan en la cama.

Como se observa, el tipo de cama no afecta mucho la composición del material; sin embargo, la pollinaza con cama de borucha o cascarilla de arroz, contienen más cenizas y más fibra cruda que las otras; esto, se traduce en un menor contenido de energía digestible, en este caso fue de 2000 Kcal/kg. Brugman et al 1964, reportó 2000

Kcal/kg para pollinaza en camas de borucha. La pollinaza con cama de cascarilla de coquito de palma o olote de maíz, moslró ser de mejor calidad y con un contenido de energía cercano a los 2400 Kcal/kg, Fontenot, reportó un valor de 2440 Kcal/kg de energía digestible y un 59.8% de TND.

En cuanto al contenido de proteína ésta varió de 17.2% en la pollinaza de borucha hasta 22,7% y en la de coquito con un promedio de 19.8%. Estos valores son relativamente bajos con relación a los reportados en la literatura del orden de 30%. Se ha indicado que del 45 al 50% del nitrógeno presente en la pollinaza es proteína verdadera, la cual es alta en glicina y un poco bajo en arginina, lisina, metionina y cistina. El ácido úrico constituye el 50% del total del nitrógeno no proteico de la pollinaza.

La digestibilidad aparente de la proteína presente en la pollinaza en promedio es del orden de 75% con variación de 65 a 82%.

Un aspecto que la mayoría de los autores resaltan en la composición de la pollinaza es su variabilidad, la cual se atribuye al tipo de cama, piso y comedero utilizado, el número de camadas, la relación volumen de cama y número de animales, el envejecimiento de la pollinaza, la humedad, etc. Las pollinazas de gallineros con piso de tierra contiene más cenizas y por ende menos energía que aquellas provenientes de galpones con piso de cemento.

En cuanto al calcio y fósforo, se observa valores del orden de 3% de calcio y 1.5% de fósforo, lo cual concuerda con los valores que describe la literatura. Probablemente este nivel alto de calcio, constituye la principal limitante nutricional de la pollinaza. Se conoce que el valor máximo de calcio en la dieta no debe ser mayor de 2%, (NRC 1980), en condiciones prácticas esto no debe ser mayor que 1.5%. Esto significa, que un novillo de 300 Kg que consume diariamente 6.5 Kg de materia seca, no debe consumir más de 1009 de calcio por día, lo cual se lo suministraría 3 Kg de pollinaza. Es decir, al animal indicado se le debe suministrar como máximo 3 Kg de pollinaza y para efectos prácticos se recomienda entre 2-3 Kg por día como máximo. Con esto se evita toda la problemática de toxicidad causada por el calcio, lo cual no es objeto de esta revisión.

- Excretas de ponedora (gallinaza)

Gallinaza son los desechos sólidos de la producción de gallina ponedora compuesta por la cama o sin ésta (gallinaza de jaula), la excreta y los residuos de alimentos, huevos rotos y plumas que queden en el piso. En el caso de gallinaza sin cama, ésta debe ser deshidratada antes de su utilización. Como se observa, la composición de la gallinaza es altamente variable (Cullison 1976, Bhattacharya 1975). Uno de los

nutrientes más variables es la proteína cruda y ésta es afectada por el tiempo de almacenamiento húmedo. Las bacterias presentes en el material desdoblan el ácido úrico y lo convierten en amoníaco, el cual se evapora.

Este subproducto contiene en promedio un 17% de proteína y en el caso de la gallinaza con cama de borucha bajo a 14.5% de proteína cruda un aspecto característico de la gallinaza, es su alto contenido de cenizas, lo cual reduce su valor energético, que alcanzó un valor de 1750 Kcal/kg de energía digestible para bovinos. Bratlacharya 1975, cita un valor de 1875 Kcal/kg y un valor de cenizas de 28% en comparación con el 29.5 % de este trabajo. otros autores como Cullison 1976, Young 1972, citan valores en el orden de 21,6 a 36% de cenizas.

Otro aspecto importante en la gallinaza, es su alto contenido de calcio que alcanza valores de 6% en promedio; en algunos casos se observan valores del 10-12%. Como se indicó en el caso de la pollinaza, estos valores tan altos de calcio, limitan su utilización en la alimentación de bovinos, a niveles relativamente bajos. Los altos niveles de consumo de calcio provocan entre otros casos, bajos niveles de crecimiento y utilización del alimento, depósitos de ácido úrico y de calcio en las vísceras, glándulas paratiroides pequeñas, deficiente utilización de otros nutrientes como zinc, fósforo, etc. Debido a este problema, se considera que la gallinaza no debe usarse en la alimentación de rumiantes, es mejor utilizarla como fertilizante. En caso de utilizarse no debe darse más de 1 Kg por animal por día de este subproducto.

## Lácteos

- El suero de queso en la alimentación de los cerdos

La leche de vaca tiene una composición media, que es la siguiente:

Proteína	3,3-3,5 %
Grasa	3,5 %
Lactosa	5-5,3 %
Calcio	0,13 %
Fósforo	0,09 %

La leche puede considerarse una emulsión (grasas), una solución coloidal (proteínas), una suspensión (restos celulares de los acinos) y una solución verdadera (sales). Posee dos tipos de proteínas: la caseína, que es termoestable (no coagula con el calor) y lactoglobulinas y lacto albúminas, que son termolábiles.

En cuanto a los subproductos de la industria láctea utilizados en la alimentación de cerdos, figuran: suero de manteca, suero de queso y suero de ricota. El suero de manteca consiste en leche descremada, pero se utiliza muy poco para cerdos, ya que la industria lo puede seguir utilizando para generar productos para alimentación humana.

El suero de queso es el subproducto de la elaboración de quesos, y su composición será tan variable como lo es la gama de quesos producida. Básicamente, es el remanente de un proceso de descremado (dependiendo del queso que se quiera producir) y de un proceso de coagulación de la caseína.

El suero de ricota es el subproducto resultante de la coagulación de las proteínas residuales que le quedan al suero de queso (lactoalbúminas y lactoglobulinas) a 90-100°C. Contiene, como resultante, un 5,5 % de lactosa y algunas vitaminas y minerales. Puede utilizarse deshidratado, como polvo de lactosa, en la fabricación de raciones para lechones destetados precozmente.

El subproducto más usado en nuestro país es el suero de queso. Para las fábricas de quesos, representa un gran problema disponer la eliminación de grandes volúmenes de suero, por la polución ambiental que se genera y los fuertes olores que desprende su descomposición en superficies abiertas. De manera que una alternativa productiva y económicamente rentable es utilizar el suero de queso en la alimentación de los cerdos.

Composición del suero de queso:

Materia Seca	6,5 (6-7) %
Proteína	0,7-0,8 %
Lactosa	4,9 %
Grasa	0 (0,7-0,8 % si proviene de quesos grasos)
Cenizas	0,5-0,6 %

Como puede observarse, se trata de un alimento muy voluminoso, por su alta

proporción de agua (93-94 %), por lo que presenta una limitante muy importante para el consumo en lechones y cachorros livianos. El suero conserva el 90 % de la lactosa de la leche, el 20 % de la proteína, el 40 % del calcio y el 43 % del fósforo. Posee unas 3.500 Kcal de ED/kg de materia seca (MS), lo que, considerando una concentración normal de MS en el suero, significa una 240 Kcal de ED/litro.

La lactosa es la fuente principal de energía. La cantidad de lactasa por unidad de peso de intestino es alta en el lechón, pero disminuye con la edad. Sin embargo, hay que considerar que aumenta el volumen total de intestino, de manera que en terminación el cerdo está bien capacitado para digerir este disacárido.

Los sueros dulces son el subproducto de la elaboración de quesos naturales (con cuajo, por ejemplo, tipo Suizo, Cheddar, etc.) o de quesos procesados, y tienen un pH de 5 a 7.

Los sueros ácidos son producidos a partir del procesado ácido de la caseína (fermentación o agregado de ácidos), por ejemplo, en el queso cottage y tiene un pH entre 4 y 5. La excesiva acidez del suero puede provocar algunos problemas digestivos, como prolapsos rectales. Aún con una acidez no tan alta, el suero va deteriorando las instalaciones metálicas o de cemento. Parte de la lactosa puede fermentar para formar ácidos (principalmente, láctico), por lo que un almacenamiento corto (48 hrs. A temperatura ambiente) conlleva una progresiva disminución de pH y una pérdida del valor nutricional. Según algunos autores puede perderse el 14 % de la proteína, aunque la pérdida de lactosa (del 37 %) no es tan importante energéticamente ya que genera ácido láctico, que puede ser utilizado por el animal. En general, el suero recogido de las fábricas de queso no se almacena por más de 12 hs. y se proporciona a los cerdos en forma continua.

El contenido de sal es variable, y depende del procesamiento previo para producir el queso. Si el salado de la pasta es anterior al escurrido del suero, puede generar un suero con alto contenido de sal.

Las proteínas del suero de queso (lactoalbúminas y lactoglobulinas) son ricas en lisina, triptofano y aminoácidos azufrados (metionina y cistina), y con una alta digestibilidad de sus aminoácidos. De esta manera, puede considerarse al suero como una fuente excelente de proteínas, y, con altos consumos de suero, puede brindar más del 50 % de los requerimientos de proteína en terminación.

No posee prácticamente vitaminas liposolubles, pero tiene buenos valores de vitaminas hidrosolubles (posee más vitamina B12 que la leche, por el proceso de fermentación microbiana).

dos grandes esquemas de utilización:

- a) suero ad libitum y ración ad libitum.
- b) suero ad libitum y ración restringida

Si se da suero ad libitum (sin agua) y ración sólida ad libitum, el cerdo en crecimiento terminación come un 25-30 % del total MS en forma de suero, es decir unos 7-12 litros.

Este esquema es propio de países europeos, donde el suero de queso tiene un valor relativamente alto (opción "a").

En nuestro país, donde su valor es bajo, el criterio es maximizar la utilización de un recurso barato, restringiendo la ración diaria para estimular al cerdo a consumir suero (opción "b").

Si el cerdo es obligado a un máximo consumo (sin agua y con un mínimo de ración), tomará:

25 kg de peso	2-4 litros de suero
30 kg de peso	6 litros de suero
40 kg de peso	10 litros de suero

De todas maneras, las categorías livianas no tienen consumos tan interesantes como las categorías más pesadas. En general, los invernaderos adquieren cachorros de 40 a 60 kg y los llevan a 110-120 kg. En estas categorías de cachorros y capones se considera un consumo de 20 a 25 litros/día.

Una receta bastante extendida es utilizar, de 50 a 80 kg de peso, 1,3 kg de una ración completa con un 13 % de proteína y de 80 a 120 kg de peso 1,3 kg de una ración a base de maíz, núcleo mineral- vitamínico y 1 % de conchilla.

Seguidamente, se presentan datos de composición de la materia seca del suero. Se trata de datos promedio hallados en Estados Unidos. Para comprobar la excelente calidad del suero de queso como suplemento proteico, se compara también la composición de la proteína del mismo con la composición de la proteína de la harina de soja y de la harina de pescado.

### 3.12 Digestibilidad in situ y digestibilidad in vitro

Las técnicas in vitro prometen en el futuro ser una herramienta importante para la evaluación de alimentos para el rumiante.

Los primeros estudios de estequiometría de fermentación ruminal citados por Mende et al. (1980). Ellos observaron que el grado de producción de gas era constante ( $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$ ) con el mismo sustrato y la misma cantidad. Menke et al., 1980 estimaron a través de modelos de regresiones la relación existente entre medidas in vivo e in vitro. Todas las comparaciones fueron hechas en base a materia Seca. En donde la producción de gas (Gb) es definida como el aumento total del volumen ( $v_{24} - v_0$ ) menos el volumen inicial (GbO), multiplicado por la media de los factores Fh y Fhs (ml/24Hs).

#### Digestibilidad in situ

Un método alternativo, dentro de los que se realizan bajo condiciones in vivo, es el método de la bolsa de nylon o in situ que tiene la ventaja, que la muestra es fermentada dentro del rumen del animal.

Los valores obtenidos debieran ser cercanos a la digestibilidad aparente (DAP). Además, es una técnica simple que no requiere infraestructura especial y que permite el estudio de un mayor número de muestras que la (DAP). Este método ha sido utilizado en diversos países para determinar el grado y tasa de degradación de forrajes, alimentos toscos, suplementos proteicos y sus constituyentes.

Tiene la ventaja de permitir el estudio de la evolución de la degradabilidad en función del tiempo de permanencia en el rumen, y de medir los efectos de diferentes factores ruminales sobre la tasa de digestibilidad de los distintos nutrientes.

Esta técnica ha sido estudiada por diversos investigadores, tanto para determinar su

valor de estimación de la digestibilidad o para estudiar la tasa de degradación de los forraje y de sus componentes nutritivos de los alimentos en el rumen (Orskov et al., 1980).

El éxito de la técnica in situ va estar determinado por diversos factores como: el material

de la bolsa, tratamiento, preparación y tamaño de la muestra, posición del rumen, tiempo de incubación, repeticiones, número de bolsas incubadas, dieta del animal, y lavado de la bolsa.

Este método está afectado por diversos factores que es necesario estudiar para obtener su adecuada validación del método y seguridad en su valor predictivo.

Se ha utilizado diferentes materiales indigestibles en la confección de las bolsas. Se utilizaron bolsas de tela de nylon sencilla utilizaron material de dacrón obtenido de un paracaídas viejo.

### **3.13 Digestibilidad in vivo**

La digestibilidad, o el contenido de energía digestible o metabolizable, se determina generalmente mediante ensayos de balance nutritivo, utilizando animales vivos.

El método in vivo descrito por es sin duda, el que da la mejor estimación de la digestibilidad de un alimento.

Este método denominado también, de digestibilidad aparente por colección total de heces fecales es el que mide más exactamente la digestibilidad <leun alimento, aunque presenta un leve sesgo respecto de la digestibilidad real debido al material endógeno que se elimina a través de las heces.

En los estudios convencionales acerca de la digestión, los animales se confinan en un box o establo con el fin de facilitar la recolección de heces y orina.

Existen diversos métodos para recoger las heces, dependiendo de la especie, del tipo de animal, y en las condiciones que se encuentra (estabulado o pastoreo).

En estos tipos de ensayos realizados con mamíferos se usan machos con preferencia a las hembras, porque con ellos es más fácil recoger la orina y las heces por separado.

Lascano et al, (1990), señalan que tanto en ovinos como con bovinos se pueden utilizar jaulas individuales de madera o metálicas, que permitan la colección de heces, ya sea por medio de separadores o con el uso de bolsas colectoras.

### 3.15 Manejo de animales fistulados

La fistula ruminal es un método en el cual en una primera instancia es necesario realizar una cirugía la cual se hace mediante el uso de sedación, anestesia y analgesia, luego de esto, en la etapa de muestreo el animal no siente dolor alguno (Cornell University, 2006), a diferencia

de métodos como la ruminocentesis o sonda oro-ruminal que además de producir una molestia al animal al momento de muestreo puede significar una alteración de la muestra, pudiendo aumentar el pH, concentración de Na<sup>+</sup> y disminución de K<sup>+</sup> (Geishauser y Gitzel. 1996). El objetivo del presente trabajo fue modificar quirúrgicamente 3 vacas lecheras para ser utilizadas en un proyecto en el cual se van a utilizar diferentes fuentes de lípidos en la dieta y por lo tanto es necesario tomar muestras de fluido y contenido ruminal para analizar los cambios que ocurren durante el proceso de biohidrogenación (generación de isómeros C18:1 trans) y fermentación ruminal (pH, NH<sub>3</sub>-N y ácidos grasos volátiles).

#### **Material adicional:**

<http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/anuavet/n1999a16tobal.pdf>

## UNIDAD IV RECURSOS FORRAJEROS DE PASTO.

### Objetivo de la unidad:

El objetivo principal de esta unidad es que el alumno aprenda la optimización de la producción y conservación de los recursos forrajeros enfocados hacia un manejo más sostenible, acorde con las necesidades nutricionales de los sistemas agroganaderos.

### 4.1 Generalidades de los forrajes

Las plantas forrajeras constituyen comúnmente el principal recurso utilizado en la alimentación de ruminantes (bovinos, ovinos y caprinos), ya que poseen el aparato digestivo adecuado para su completo uso.

Estos recursos forrajeros se obtienen de praderas, las que se pueden clasificar en los siguientes tipos:

#### I.- Praderas naturales

Son tierras que se ocupan para pastoreo directo, aprovechando la vegetación espontánea sin que se haya efectuado ningún tipo de labor cultural o de manejo. En estas praderas existe una gran variedad de especies.

#### II.- Praderas mejoradas

Se incluyen las praderas naturales sometidas a algún tipo de labor o manejo, tales como desmalezamiento, fertilización, regeneración, apotramiento, etc. También se incluyen dentro de este grupo las praderas artificiales con más de diez años.

#### III.- Praderas artificiales

Son todas las tierras que se utilizan con cultivos forrajeros permanentes no mayores a diez años. Son praderas en las que existe poca variedad de especies e incluso sólo una

(monocultivo).

Se dividen en:

-Rotación corta: son aquellas que duran no más de dos años. (ejemplo: trébol rosado, ballicas bianuales).

-Rotación larga: son aquellas praderas que duran más de dos años. (por ejemplo: alfalfa, trébol subterráneo, trébol blanco, ballica inglesa, pasto oவில், festuca, falaris).

#### IV.- Cultivos forrajeros suplementarios

son especies y variedades anuales que se caracterizan por tener un alto valor nutritivo y una gran producción en un período relativamente corto. Estos cultivos pueden ser utilizados en verde (trebol alejandrino, sorgo, avena) o bien conservado en forma de heno (avena, ballica italiana) o ensilaje (maíz, sorgo) que permiten enfrentar los períodos de escasés de forraje.

Las principales especies forrajeras pueden ser divididas en dos familias, Gramíneas y Leguminosas, ambas pertenecientes a la clase Angiosperma. Presentan algunas similitudes como la polinización, fertilización y estructura de sus flores (poseen cáliz con dos sépalos, corola formada por pétalos, además de estambres y pistilos) y el hecho de que sus semillas se encuentran cubiertas por algunas estructuras.

El éxito de la productividad ganadera (bovino, equino, caprino y ovino) dependen de cuatro factores fundamentales que son: el manejo pecuario (tipo de pasto y carga animal), las características físicas y nutricionales de los suelos (textura, estructura, densidad real, profundidad, pH, porcentaje de materia orgánica y nutrientes) las condiciones del clima (precipitación, humedad relativa y temperatura) y la alimentación; esta última está relacionada al tipo de alimento con que cuenta el productor en cantidades suficientes por unidad animal y debe ser de buena calidad.

Para facilitar el aprendizaje sobre pastos y forrajes es importante que el alumno se apropie de algunos conceptos fundamentales que se detallan a continuación:

- Pasto: son plantas gramíneas y leguminosas que se desarrollan en el potrero y sirven para la alimentación del ganado.

- Pastura: son biomásas forrajeras donde pastorea el ganado, puede ser natural; (ejemplo: los ecosistemas de sabanas) o establecidos (potreros con distintos tipos de pastos de porte baja).
- Forraje: son gramíneas o leguminosas cosechadas para ser suministradas como alimento a los animales, sea verde, seco o procesado (heno, ensilaje, rastrojo, sacarina, amonificación).

#### 4.2 Conservación de los recursos forrajeros de corte

Es perfectamente claro que ningún método de conservación de forrajes aumenta la calidad del alimento. Si acaso se encuentran beneficios a nivel del consumo de materia seca como ocurre con los productos henificados. Sin embargo, en base al conocimiento de la relación inversa existente entre la edad de la planta y la calidad del forraje, hay ventajas muy importantes al cosechar el forraje cuando abunda y sobre todo cuando mantiene altos niveles de nutrientes digestibles que se reducirían si la planta sigue madurando.

Los objetivos básicos de la conservación de forrajes son:

1. Asegurar la disponibilidad de alimento para el ganado en las épocas críticas donde no hay condiciones favorables para el crecimiento vegetal.
2. Mantener al máximo la calidad de forraje producido.
3. Facilitar el almacenamiento y/o transporte del forraje.

La conservación de forrajes, se basa en los principios que rigen la conservación de alimentos básicos. Dichos principios tienen relación con la inhibición del desarrollo de los microorganismos descomponedores, mediante el establecimiento de condiciones adversas como:

- Aplicación de sal. Método utilizado en la conservación de carnes y pescados, importante en las regiones cálido-secas de México. Utilizado también en forrajes verdes para producir henos salados con niveles altos de humedad, aplicando 3 - 4% de sal al forraje fresco.

- Refrigeración. La aplicación de frío tiene efecto detrimental sobre el desarrollo de la mayoría de las formas de vida y en microorganismos reduce el desarrollo de las poblaciones. Es un método eficiente pero de muy alto costo.
- Acidificación. También los microorganismos son sensibles a las condiciones ácidas. En alimentos este método se usa muchas verduras, siendo común el uso de ácido acético en bajas concentraciones.
- Deshidratación. La eliminación del agua de los alimentos elimina también las condiciones favorables para el desarrollo de microorganismos, asegurando la conservación de los productos. En las diversas semillas, harinas y alimentos se usa éste principio. Es el más ampliamente utilizado porque es relativamente barato, sencillo, práctico y fácil de adoptar utilizando la radiación solar.

### Forrajes de corte secos

El uso de forrajes de corte, es una opción que permite desarrollar la ganadería con una alimentación natural en su propia finca y haciéndola menos dependiente de insumos externos comprados.

Según el tamaño de la finca y del hato, la alimentación de los animales puede ser una combinación de forrajes de corte, que se ofrece picado en comederos, más lo que el animal pastorea en los potreros. Si es una finca relativamente pequeña, se podrá alimentar el hato exclusivamente con forrajes de corte, con especies como las que se mencionan más adelante y algún suplemento elaborado con subproductos agropecuarios, que sean fáciles de adquirir y a precios relativamente bajos en las cercanías de la finca, como harina de coquito de palma,

semolina de arroz, melaza y otras especies.

Entre las especies de pastos de corte que pueden ser utilizadas para el suministro de energía se tienen: King Grass, Camerún, Taiwán, Maralfalfa, Sorgo Forrajero; además, se pueden incluir la caña de azúcar y otras especies que suministren energía. Otras especies forrajeras que se pueden utilizar son: Morera, Girasol Silvestre o Botón de Oro, Cratylia, Poro, Madero Negro, Kudzú o Maní Forrajero entre otros que son fuente de proteína.

### 4.3 Ensilados, Ensilaje

#### 4.3.1 Ensilados

Entre los distintos procedimientos utilizados para la conservación del forraje, el ensilaje es, en la actualidad, el de mayor interés por las siguientes razones:

- 1.° Cosechando los forrajes en el momento óptimo se obtiene la máxima producción y calidad por unidad de superficie.
- 2.° Se reducen las pérdidas (por la lluvia, por caída de hojas; por respiración, etc.) en comparación con el henificado.
- 3.° Deja el terreno libre pronto para otro cultivo.
- 4.° Asegura la disponibilidad de alimentos para el ganado durante una larga temporada en la que frecuentemente las condiciones climatológicas son adversas.

Otra ventaja del ensilado es que a igualdad de espacio, un silo almacena más materia seca que un henil. Un m<sup>3</sup> de silo, lleno de forraje bien apisonado, contiene 2,5 veces más materia seca que un m<sup>3</sup> de henil, en el que el heno se encuentre, igualmente, bien prensado.

El ensilado consiste en conservar los forrajes por medio de fermentaciones que los mantienen en un estado muy semejante al que poseen cuando están frescos. Los elementos nutritivos encerrados en las células vegetales y liberados parcialmente en el momento de su muerte, son empleados por las bacterias lácticas y transformados en ácido láctico. Esto produce un descenso de pH e impide el desarrollo de otras especies perjudiciales.

#### 4.3.2 Ensilaje

El ensilaje es un método de preservación para el forraje húmedo y su objetivo es la conservación del valor nutritivo del alimento durante el almacenamiento. En las ganaderías modernas los forrajes son segados en la fase donde el rendimiento y el valor nutritivo están al máximo y se ensilan para asegurar un suministro continuo de alimento durante el año. El ensilaje es un proceso principalmente empleado en países desarrollados; se estima que 200 millones de toneladas de materia seca son ensilados en el mundo anualmente, a un costo de la producción entre US \$100-150 por tonelada. Este costo comprende: la tierra y el cultivo (aproximadamente 50%), segado y polietileno (30%), silo (13%) y aditivos (7%). En Europa, los agricultores de países

como Holanda, Alemania y Dinamarca almacenan más del 90 por ciento de sus forrajes como ensilaje. Aún en países con buenas condiciones climáticas para la henificación, como Francia e Italia, cerca de la mitad del forraje es ensilado. Las cosechas más importantes para el ensilaje a nivel mundial son las de maíz, alfalfa y pastos, aunque también se ensilan trigo, sorgo y algunas legumbres. El ensilaje se logra por medio de una fermentación láctica espontánea en condiciones anaerobias. Las bacterias epífíticas de ácido láctico (BAC) fermentan los carbohidratos hidrosolubles (CHS) del forraje produciendo ácido láctico y en menor cantidad, ácido acético. Al generarse estos ácidos el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción. El proceso del ensilaje se puede dividir en cuatro etapas:

#### Fase I - Fase Aeróbica.

Esta fase dura pocas horas. El oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los microorganismos aerobios y aerobios facultativos como las levaduras y enterobacterias. Además, hay actividad de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6,5-6,0). Las levaduras son microorganismos anaerobios facultativos y heterótrofos; cuya presencia en el ensilaje es indeseable porque bajo condiciones anaerobias fermentan los azúcares produciendo etanol y CO<sub>2</sub>. La producción de etanol disminuye el azúcar disponible para producir ácido láctico y produce un mal gusto en la leche l0 cuando se emplea para alimentar vacas lecheras. Además, en condiciones aerobias muchas especies de levaduras degradan el ácido láctico en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> O, lo que eleva el valor del pH del ensilaje, permitiendo el desarrollo de otros organismos indeseables.

Las enterobacterias son organismos anaerobios facultativos y la mayoría de las que se encuentran en el ensilaje no son patógenas. Su desarrollo en el ensilaje es perjudicial porque compiten con las BAC por los azúcares disponibles y porque degradan las proteínas. La degradación proteica causa una reducción del valor nutritivo del ensilaje y genera compuestos tóxicos como aminos biogénicas y ácidos grasos de cadena múltiple.

## Fase 2. Fase de Fermentación

Se inicia al producirse un ambiente anaerobio. Puede durar de días a semanas dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones ambientales en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad BAC proliferará y se convertirá en la población predominante. Debido a la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3,8 a 5,0. Las bacterias que producen ácido láctico (BAC) pertenecen a la microflora epifítica de los vegetales. Los componentes BAC que se asocian con el proceso de ensilaje pertenecen a los géneros: Lactobacillus, Pediococcus, Leuconostoc, Enterococcus, Lactococcus y Streptococcus. La mayoría de ellos son mesófilos, o sea que pueden crecer en un rango de temperaturas que oscila entre 5° y 50 °C, con un óptimo entre 25° y 40 °C. Son capaces de bajar el pH del ensilaje a valores entre 4 y 5, dependiendo de las especies y del tipo de forraje.

Todos los miembros del BAC son aeróbicos facultativos, pero muestran cierta preferencia por la condición anaerobia. Las características del cultivo como contenido de azúcares, contenido de materia seca y composición de los azúcares, combinados con las propiedades del grupo BAC, así como su tolerancia a condiciones ácidas o de presión osmótica y el uso del substrato influirán sobre la capacidad de competencia de la flora BAC con las enterobacterias durante la fermentación del ensilaje.

## Fase 3. Fase Estable

La mayoría de los microorganismos de la fase 2 lentamente reducen su presencia. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo; otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. Sólo algunas proteasas y carbohidrasas, y microorganismos especializados, como Lactobacillus buchneri que toleran ambientes ácidos, continúan activos pero a menor ritmo. Si el ambiente se mantiene sin aire ocurren pocos cambios. Algunas bacterias indeseables en la fase 3 son las bacterias acidófilas, ácido tolerantes y aerobias. Por ejemplo Acetobacter spp. es perniciosa en el ensilaje porque puede iniciar una deterioración aeróbica, ya que puede oxidar el lactato y el acetato produciendo CO<sub>2</sub> y agua. El género Clostridium es anaerobio, forma endosporas y puede fermentar carbohidratos y proteínas, por lo cual disminuyen el valor nutritivo del ensilaje, crea problemas al producir aminas biogénicas. La presencia de Clostridium en el ensilaje altera la calidad de la leche ya que sus esporas sobreviven después de transitar por el tracto digestivo y se encuentran en las heces; además puede

contaminar la leche.

Los *Bacillus* spp son bacterias aerobias facultativas que forman esporas. Fermentan un amplio rango de carbohidratos produciendo ácidos orgánicos (p. ej.: acetatos, lactatos y butiratos) o etanol, 2,3-butanodiol o glicerol. Algunas especies de *Bacillus* producen sustancias fungicidas y se los ha utilizado para inhibir el proceso de deterioro aeróbico en ensilajes, pero con excepción de estas especies, el desarrollo de los bacilos en el ensilaje es considerado como indeseable. Lo anterior, porque son menos eficaces como productores de ácido láctico y acético comparado con el grupo **BAC7** y que en la etapa final incrementan el deterioro aerobio.

#### Fase 4. Fase de Deterioro Aerobio

Ocurre en todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire para su empleo, pero puede ocurrir antes por daño de la cobertura del silo (p. ej. roedores o pájaros). El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. Esto aumenta el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, los bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aerobios, también facultativos, como mohos y enterobacterias.

Los mohos son organismos aerobios cuya presencia en el ensilaje se detecta por la aparición de filamentos de diversos colores, de acuerdo a las especies presentes. Se desarrollan en cualquier sitio del ensilaje donde encuentren oxígeno, inclusive trazas. En un buen ensilaje eso ocurre sólo al inicio del almacenamiento y se restringe a la capa exterior de la masa ensilada, pero durante la fase del deterioro aerobio todo el ensilaje puede ser invadido por mohos. Las especies que se presentan frecuentemente pertenecen a los géneros *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Byssochlamys*, *Absidia*, *Arthrinium*, *Geotrichum*, *Monascus*, *Scopulariopsis* y *Trichoderma*. Los mohos disminuyen el valor nutritivo, la palatabilidad de ensilaje y son un riesgo para la salud de los animales y las personas.

#### Fermentación

La fermentación ácida es una reacción de oxidación-reducción balanceada internamente, en la cual algunos átomos de la fuente de energía quedan reducidos y otros quedan oxidados. Solamente una pequeña cantidad de energía se libera durante la fermentación de la glucosa, la mayor parte de la energía permanece en el producto de fermentación reducido.

Catabolismo de la glucosa por una bacteria del ácido láctico:

La energía liberada en la fermentación de la glucosa a ácido láctico se conserva por fosforilaciones a nivel de sustrato en forma de enlaces fosfato de alta energía en el ATP, con una producción neta de dos de esos enlaces en cada caso.

### Aditivos

Se pueden emplear diferentes aditivos para acelerar el proceso como melaza, pulpa de cítricos y maíz triturado. Estos proveen una fuente de azúcares solubles que la bacteria utiliza para producir ácido láctico. Si el forraje ensilado posee niveles de humedad superiores al 70%, los aditivos aseguran que el nivel de azúcares solubles sea suficiente para realizar el proceso. Ensilajes de maíz y de sorgo contienen suficiente cantidad de azúcares solubles y normalmente no requieren aditivos. Los forrajes que contienen pocos azúcares solubles para fermentar o un bajo contenido de materia seca no producen un ensilaje de buena calidad; por lo tanto, para inducir una buena fermentación es preciso aumentar el contenido de azúcares, ya sea agregándolos directamente (p. ej. usando melaza) o introduciendo enzimas que puedan liberar otro tipo de azúcares presentes en el forraje.

Otro tipo de aditivos son los inóculos que son bacterias vivas disponibles comercialmente y que agregando ciertos BAC pueden acelerar y mejorar el proceso del ensilaje. En casos de ensilajes con alto contenido de materia seca y poca disponibilidad de agua, la presencia de un BAC que sea tolerante a la alta presión osmótica pasa a ser el factor crítico para una buena fermentación.

Se debe tener en cuenta que este tipo de bacterias representan una porción muy pequeña de la microflora natural de los cultivos forrajeros. Forrajes con más del 50% de materia seca se consideran muy difíciles de ensilar.

## 4.4 Tipos de ensilado

El ensilaje es guardado en una estructura llamada silo. La capacidad del silo se determina de acuerdo a las necesidades (el tamaño de la manada y número de raciones). Varios tipos de silo se pueden usar para almacenar el ensilaje como:

- Silos horizontales: Se construyen sobre el nivel del suelo. Necesitan piso firme, plástico para proteger la masa forrajera del contacto con el suelo, aire, sol y agua, también deben protegerse de la entrada de animales.
- Silos bunker: con paredes y piso de concreto o materiales de la región.
- Silos de montón o de pila: no tienen paredes, el forraje picado se amontona y se tapa. Es económico, pero presenta altos porcentajes de pérdidas.
- Silo trinchera (silos de foso o pozo, silos de zanja): Se construye bajo el nivel del suelo (pueden presentar pérdidas por filtración), se abre en el suelo un hueco largo, no muy profundo, con paredes inclinadas y lisas. Se pueden localizar en terrenos de relieve inclinado, no son aconsejables en terrenos arenosos y pedregosos.

Silos en tambores y tanques: Son aquellos donde se utilizan tambores plásticos con capacidad para 200 l. y tanques de 500 y 1000 l., son económicos (una sola inversión) y facilita el llenado y apisonado del forraje. Puede resultar una alternativa para el pequeño productor.

- Silos de bolsa: Se les conoce también como microsilos, presentan pérdidas reducidas y facilitan las labores de alimentación, almacenamiento y transporte; pueden utilizarse bolsas con capacidad para 50 o 60 kg., el calibre del plástico de estas bolsas debe ser de 200µ. Es una práctica muy utilizada para el pequeño productor.

### Concentrados energéticos

Es todo ingrediente o mezcla de ingredientes, en el cual los sustratos energéticos o proteicos se encuentran en alta proporción, y que deberá ser adicionado a otros, a los fines de obtener un alimento balanceado o una ración.

- Alimento energético:  $< 20 \% \text{ PB}$  y  $< 18 \% \text{ FB} = \text{Concentrado Energético}$

Clasificación de Harris.

- Alimento proteico:  $20 \% \text{ o más PB} = \text{Concentrado proteico clasificación de Harris.}$

## Alimentos energéticos de origen vegetal

Son aquellos alimentos que contienen menos de 18 % de fibra bruta y también menos del 20 % de proteína.

Comprende los granos de cereales y los subproductos de la molinería, las raíces y tubérculos, como la yuca y otros. Subdividir este grupo en alimentos amiláceos, como los anteriores, los cuales se degradan a una velocidad moderada del orden del 20-40 %/hora y por otra parte, los alimentos azucarados, como las melazas, con una velocidad de degradación del orden de 200-300 %/hora.

### 4.5 Granos de cereales

#### 4.5.1 Maiz en grano

El grano de maíz entero es prácticamente indigestible en rumen, y en el intestino, por lo tanto, si se suministra entero la única manera de exponer el almidón al ataque microbiano y a las enzimas digestivas es a través del procesamiento por la masticación que el animal realice durante la ingestión y la rumia.

Si bien el grano de maíz entero puede ser suficientemente dañado durante la masticación, el grado de ruptura que sufre el grano durante dicha masticación, dependería de la edad de los animales.

Los animales jóvenes muestran una mayor digestibilidad del almidón y menor cantidad de granos enteros en las heces con respecto a los adultos, indicando que la masticación es más eficiente.

Ventajas:

- El tiempo de permanencia de los granos en el rumen es mayor en las dietas con bajo nivel de forraje, incrementando las posibilidades de regurgitación y masticación de los granos y aumentando el tiempo de exposición de las partículas de granos a los microorganismos ruminales.
- El maíz es el grano de cereal de mayor valor energético, debido a su alto contenido en almidón y grasa, y su bajo nivel de fibra.

- Tiene un contenido apreciable de grasa, siendo una buena fuente de ácido linoleico (1,8%).
- La fracción fibrosa (8-9% FND) está concentrada en el salvado (82-92%) e incluye principalmente celulosa y pentosanas.

Desventajas:

- Además de la edad de los animales, el nivel de fibra en la dieta es otro factor que puede afectar el sitio y magnitud de la digestión del grano de maíz entero.
- Su grado de lignificación es muy bajo. Como consecuencia, el coeficiente de digestibilidad de la fibra es superior al de otros cereales (cebada, trigo).

Sistema De Almacenamiento:

El maíz se cosecha con alrededor de un 28% de humedad. A menos que se deseque rápidamente existe un riesgo de infección con hongos. La humedad crítica para almacenar el maíz sin riesgos aumenta con la temperatura (16% a 0°C y 13% a 30°C).

## TRIGO

Cereales Familia graminácea cultiva Semillas Carbohidratos 85 – 90 %  
compuestos nitrogenados. En forma de proteína. MS 800 a 900 g/Kg Depende

Método: • Recolección • Almacenamiento.

El trigo, grano que tradicionalmente tiene como destino los molinos, obviamente por un aspecto de precio, hoy podría ser destinado a la generación de concentrado para bovinos, entregando con ello una materia prima de importante valor nutritivo.

Además, destaca por su alto contenido de energía metabolizable y proteína, parámetros muchos mayores que la avena, la cual es utilizada con mayor frecuencia en alimentación de vacas, terneros y novillos.

En tanto el maíz, presenta un valor inferior en proteína y similar en energía”.

Este cereal constituye una buena alternativa energética, pero se debe tener presente que la cantidad a utilizar no debe superar los 4 kilos, entregándolo aplastado o triturado para reducir la velocidad de fermentación y así evitar problemas de acidosis.

Sobrealimentación Trastornos digestivos Acidosis ruminal. Harinas Pollos  
Presencia de tyroglyphus farinae (acaró). Inadecuada para alimentación. Es tóxica en aves.

- **SALVADO DE TRIGO**

Producto que queda al refinar el grano de trigo. El salvado corresponde a lo que serían las capas externas al grano y más concretamente al pericarpio, con sus 3 capas: epicarpio, mesocarpio, endocarpio (rica en proteínas y grasas).

La eliminación de estas capas supone la privación de toda una serie de nutrientes que son muy importantes para la salud.

Propiedades Del Salvado:

**Una elevada cantidad de proteína:** Las proteínas son necesarias para la construcción y regeneración del organismo. Su importancia en el proceso de formación de enzimas y otros procesos químicos es vital. El salvado de trigo es rico en proteínas.

**Riqueza en minerales:** Es rico en minerales, especialmente calcio, potasio y fósforo, hierro, magnesio y manganeso.

El salvado de trigo es el tipo de salvado que contiene más cobre y más zinc.

A pesar de su riqueza real en minerales, hay que considerar que el salvado es rico en fitatos. Estos componentes inhiben la absorción de otros minerales procedentes de otros alimentos. **Riqueza en fibras no solubles:** Los cereales integrales son los alimentos que más ricos en fibras solubles en forma de celulosa, hemicelulosa y lignina. Esta fibra es la que tiene la capacidad de absorber agua, aunque no se disuelve en ella, tal como lo hace la fibra soluble.

- **AVENA**

Es un grano esencialmente forrajero y en la actualidad esos verdeos constituyen la base de los pastoreos de invierno en nuestro país. Una diferencia de la avena con los demás cereales es su alto contenido en fibra, por lo que presenta menos riesgo de ocasionar acidosis. El mayor contenido de fibra se debe a su envoltura que representa alrededor del 30% del peso del grano. Su valor energético es inferior a otros cereales en un 15 a 30%, pero su contenido en materiales nitrogenados y aceites es elevado y es el cereal mejor equilibrado en aminoácidos.

Debe tenerse en cuenta el peso específico de la avena al momento de evaluar la calidad de la misma, por lo tanto adquiere importancia el concepto de volumen y peso hectolítrico ya que esto se correlaciona con la energía digestible. El gránulo de almidón de la avena contenido en el endosperma, es digerido casi en su totalidad en el

rumen. El contenido mineral es desequilibrado ya que la relación Calcio/Fósforo varía de 0,1 a 0,25.

## Contenido Ruminal

En los últimos años, ha tomado auge la utilización del contenido ruminal en la preparación de diferentes formulaciones y presentaciones para la alimentación animal, ya sea utilizándolo en forma directa o procesándolo para obtener diversos productos comerciales. Dentro de estos productos, podemos mencionar, en forma especial, la Harina Forrajera (HF) y los bloques nutricionales. Sin dejar de mencionar que, en algunos mataderos, el contenido ruminal es utilizado en lumbricultura. Composición promedio para la harina de contenido ruminal de 17,11% de cenizas, 8,72% humedad, 21,29% de fibra y 677% de proteínas.

En la actualidad, la demanda de rubros utilizados como ingredientes para la elaboración de alimentos balanceados para animales, como el sorgo es cubierta hasta más allá del 60% con importación, así mismo la soya en 95%. Debido a que, por una parte, la producción interna de sorgo abastece solo el 20% de la demanda de la industria de alimentos concentrados en México, y por otra, la producción de maíz es mayoritariamente orientada al consumo humano. Por lo tanto, la industria de alimentos concentrados tiene que importar aproximadamente el 80% de sus requerimientos en materia prima para la elaboración de dietas alimenticias para animales.

En los países en desarrollo, en general, se pierden y desperdician muchos subproductos de los frigoríficos mataderos o salas de matanza de animales a nivel rural, que pueden ser valiosos para la alimentación animal, por falta de conocimiento acerca de su utilización para dicho fin.

En los últimos años, ha tomado auge la utilización del contenido ruminal en la preparación de diferentes formulaciones y presentaciones para la alimentación animal, ya sea utilizándolo en forma directa o procesándolo para obtener diversos productos comerciales. Dentro de estos productos, podemos mencionar, en forma especial, la Harina Forrajera (HF) y los bloques.

. Sin dejar de mencionar que, en algunos mataderos, el contenido ruminal es utilizado en lumbricultura (Mestre, 2010).

De acuerdo a resultados obtenidos en estudios recientes y a experiencias logradas por investigadores de otros países, el uso potencial del contenido ruminal como

fuerza energética en la alimentación animal, contribuye con un aporte significativo de nutrientes, permitiendo así el desarrollo de una investigación prospectiva para su industrialización.

Los continuos incrementos de precios en las materias primas agrícolas y la indisponibilidad de algunos de estos rubros para la fabricación de alimentos concentrados, ha ocasionado un aumento desproporcionado, haciéndose difícil mantener una producción animal económicamente sostenible (Bravo et al., 2000). En animales, el aspecto nutricional es determinante en la productividad, por lo que es importante el uso de recursos locales para la reducción de los costos, en la preparación de raciones dirigidas a bovinos productores de leche y de carne.

En la actualidad resulta cuesta arriba hacerle competencia a las materias primas que contribuyen directamente con la alimentación humana, por lo cual el uso del contenido ruminal se convierte en una nueva fuente alimenticia no convencional para los animales participando de la reutilización de elementos en la cadena alimenticia. Por otra parte, el manejo del efluente en la agroindustria rural acarrea problemas para el medio ambiente por las descargas orgánicas provenientes de la actividad de las salas de beneficio de animales (mataderos) los cuales generan altos niveles de contaminación en las fuentes de agua. Esta situación es especialmente difícil en los municipios pequeños, donde coexisten limitaciones técnicas y económicas que impiden, poner en funcionamiento medidas de manejo ambiental complejas que solucionen el problema de forma definitiva. Sin embargo, la implementación de medidas preventivas con aportes tecnológicos sencillos y poco costosos como el manejo ambientalmente sano de los residuos orgánicos, hace viable abordar el problema de forma eficiente en cuanto a requerimientos y resultados, al exigir pocos recursos y generar valor agregado a los residuos manejados.

Estas argumentaciones justifican la necesidad de generar alternativas viables y efectivas de actuación integral, que orienten perspectivas de gestión ambiental que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores de las zonas de producción agropecuaria, mediante la disminución de los factores aportantes de altos niveles de contaminación sobre los recursos naturales de los que estos deben disfrutar, disponibles y al alcance de las administraciones municipales encargadas de su implementación.

El contenido ruminal es el producto obtenido del beneficio de bovinos en mataderos, representado por el alimento ingerido por los animales poligástricos, que es desechado al momento del sacrificio. Es una mezcla de material no digerido que tiene la consistencia de una papilla, de color amarillo verdoso, olor característico muy intenso cuando está fresco, además posee gran cantidad de flora y fauna microbiana, así como también productos de la fermentación ruminal.

El contenido del rumen de bovinos, es uno de los subproductos que puede ser utilizado como ingrediente en las raciones de los mismos, el cual es desechado en la actualidad. Es importante destacar que aun teniendo 24 horas de ayuno los bovinos, al momento del sacrificio, pueden obtenerse por lo menos 30 Kg de contenido ruminal, en virtud de que el paso del alimento por el tracto gastrointestinal de los rumiantes es lento, representando varias toneladas del producto que debe forzosamente eliminarse. Existe una variedad muy grande en los subproductos de matadero en cuanto a calidad y cantidad; ya que estos dependen del tipo de alimentación que reciben los bovinos, a su vez también se encontrarán diferencias entre regiones y países.

#### Procesamiento del contenido ruminal

El contenido ruminal, es generado en grandes cantidades en los centros de matanza y por sus características físico-químicas, es una de las mayores fuentes de contaminación ambiental, dependiendo de su disposición final o descarga; así como es una alternativa alimenticia importante para los animales. En la actualidad Colombia, (Falla 2011, Mestre, 2010) posee experiencias importantes en la implementación de procesos para la utilización del contenido ruminal en la alimentación animal, uno industrial para la obtención de un producto final denominado Harina Forrajera (HF) y otro semiindustrial para la fabricación de los denominados bloques nutricionales.

#### Suplementos Vitamínicos y mineral

### Suplementos Minerales

Hasta 45 elementos minerales se han detectado presentes en concentraciones variables en los organismos vivos. De ellos solamente 22 se reconocen como esenciales para la vida animal. Los 23 minerales restantes están presentes pero sus requerimientos y funciones están por demostrar.

Aunque, al igual que las vitaminas no aportan energía al organismo, los minerales suponen de un 4 a un 5% del peso corporal total y son componentes necesarios para el crecimiento y mantenimiento fisiológico del animal.

Aquellos minerales que se requieren en cantidades superiores a los 70 mg/kg de peso vivo son denominados macrominerales principales son: calcio (Ca), Fósforo (P),

Potasio (K), Sodio (Na).

Y los que se precisan en muy pequeñas cantidades (menos de 70 mg/kg de peso vivo) son los microminerales, oligoelementos o elementos traza (8, principales) : Cobalto (Co), Cobre (Cu), Yodo (I), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Molibdeno (Mo), Selenio (Se) y Zinc (Zn), aunque también debemos citar Cromo, Fluor estaño, Vanadio, Silicio, Níquel, Arsénico.

Los minerales en el organismo tienen tres funciones principales:

-Estructural proporcionan rigidez, dureza y estabilidad a los tejidos como hueso, cartílago y dientes.

-Reguladora, regulan la transmisión neuromuscular, la permeabilidad de las membranas celulares, el balance hidroelectrolítico y el equilibrio ácido-base.

-Actividad catalítica como integrantes de enzimas y compuestos biológicos activos.

Como componentes de sistemas enzimáticos regulan el metabolismo, contracción muscular, sistema nervioso, coagulación de la sangre, etc. Por todo ello, el mantenimiento de una concentración normal de minerales en los líquidos corporales es vital para el organismo.

Los minerales desempeñan un importante papel en el buen funcionamiento del organismo. Las necesidades diarias de minerales son muy pequeñas, sin embargo, su deficiencia puede ser el principio de un sinnúmero de enfermedades. El consumo de cantidades suficientes de minerales hace a los organismos más resistentes a enfermedades ordinarias.

Contenido mineral del organismo

Los minerales están en el organismo en muy pequeñas cantidades, pero además se desenvuelven en unos márgenes muy estrechos. Algunos minerales se mantienen en niveles constantes durante toda la vida del animal, otros en cambio están escasos al principio y su tasa va aumentando con la vida del animal como el caso del Ca y P (50% en juventud). Los niveles en el medio interno están regulados por homeostasis, por el contrario, hay otros cuyos niveles dependen de la cantidad

ingerida.

Los minerales que ingresan en el organismo dependen del aporte de:

-Concentrados y forrajes, a su vez la cantidad que contienen depende de múltiples factores: especie, suelo, estado vegetativo, climatología, abonado.

-Suplementos vitamínico-minerales

-Agua de bebida.

La absorción se realiza en forma de iones en el intestino delgado o en los primeros tramos del intestino grueso. En rumiantes también existe la posibilidad de que se absorban a través de las paredes del rumen.

La excreción se realiza según la especie animal preferentemente por heces u orina. Por ejemplo los rumiantes tienden a excretar Ca y P por las heces mientras que los monogástricos lo hacen por la orina.

### Suplementos Vitamínicos

Cada día se nota más y más la importancia del contenido de vitaminas en la alimentación animal. Numerosos y modernos estudios demuestran el papel trascendental de las avitaminosis o enfermedades de carencia en todos los climas, por cuanto la alimentación a que son sometidos los animales, está íntimamente ligada a las producciones del suelo y a las condiciones económicas locales.

El término vitamina fue acuñado por el investigador polaco Casimir Funk, quien en 1911 publicó la "Teoría de las Vitaminas", el nombre viene del latín vita (Vida) y animal, ha perdurado en el tiempo y se ha aceptado la palabra vitamina para todo el

grupo a pesar de que hoy sabemos que no todas las vitaminas son aminadas y sólo algunas contienen nitrógeno amínico.

Son compuestos orgánicos necesarios en pequeñas cantidades, para el normal crecimiento y mantenimiento de la vida animal, el organismo animal no las sintetiza o lo hace en cantidades insuficientes.

En general, la función de las vitaminas es mantener el adecuado funcionamiento metabólico y la activación de enzimas. Intervienen prácticamente en todos los procesos metabólicos y fisiológicos del organismo lo que incluye el metabolismo de grasas, proteínas y carbohidratos, la formación, crecimiento y mantenimiento de hueso, cartílago y ligamentos, el transporte de oxígeno, el funcionamiento general del sistema inmune, la producción, el funcionamiento y las interacciones hormonales el funcionamiento y mantenimiento del sistema nervioso y el crecimiento y mantenimiento de piel, casco, lana y pelo. Las vitaminas también actúan como antioxidantes, interactúan con los minerales permitiendo su absorción y fijación, intervienen en el proceso de coagulación sanguínea y en el proceso de respiración celular.

Se clasifican en:

- Vitaminas liposolubles

#### Vitamina A

Descubierta por Elmer Verner Macollum y Maguerite Davis de la Universidad de Wisconsin en 1913, la llamaron "Factor A" porque la consideraron el primer factor en la prevención del raquitismo.

Conocida químicamente como retinol, alcohol monohídrico insaturado, sus formas activas son retinol, retinal (retinaldehído y ácido retinoico).

Es una sustancia sólida, cristalina, de color amarillo claro, insoluble en agua, soluble en grasas y sus solventes, se destruye al ser expuesta a la luz y el aire y se acumula en el hígado que por lo tanto se constituye en una buena fuente de vitamina A. En los vegetales no está presente como vitamina A, pero sí como sus precursores los carotenoides.

Sus funciones más conocidas son:

- Permite la visión nocturna.
- Participa en la regulación de la diferenciación celular.
- Interviene en formación y protección de tejidos epiteliales y membranas mucosas.

## Vitamina A. Visión Nocturna

Su deficiencia puede causar una serie de trastornos diferenciados por especies:

**Ganado vacuno:** Ceguera nocturna, infertilidad, abortos, acortamiento de gestación, retención de placenta, nacimiento de crías muertas, débiles o ciegas.

**Cerdos:** Trastornos oculares (xeroftalmia, ceguera).

**En hembras gestantes:** Lechones débiles, ciegos, muertos o deformes, mortalidad embrionaria.

**Aves:** Elevada mortalidad, retraso en crecimiento, debilidad, plumas encrespadas, paso vacilante.

## Vitamina D

Las presentaciones químicas más importantes son Ergocalciferol (D2) y Colecalciferol (D3). Son insolubles en agua y solubles en grasas y sus solventes. D2 y D3 son más resistentes a la oxidación que la vitamina A, D3 es más estable que D2, por lo que es la forma usada en los suplementos vitamínicos. Las provitaminas de la vitamina D son Ergosterol y 7- dehidrocolesterol, carecen de valor por sí mismas hasta su conversión a calciferoles. El coilecalciferol (D3) se produce en la piel por irradiación ultravioleta del 7-dehidrocolesterol.

### Metabolismo de la vitamina D

1,25 dihidroxicolecalciferol regula transcripción de DNA en microvellosidades intestinales, induce síntesis de ARNm para la producción de calbindeno (absorción de calcio en intestino), actúa en conjunto con hormona paratiroidea (PTH) en un escenario de niveles bajos de calcio sérico.

La deficiencia prolongada de vitamina D ocasiona:

**En animales jóvenes:** Raquitismo (huesos frágiles y huesos de extremidades arqueados).

**En animales de más edad:** Osteomalacia definida como la reabsorción del hueso ya formado. **En cerdos:** Articulaciones engrosadas, fracturas de huesos, rigidez de articulaciones, parálisis, menor ritmo de crecimiento.

**En aves:** Huesos y picos blandos y flexibles, retraso en el crecimiento, menor producción de huevos, pobre calidad de cáscara.

La vitamina E cumple múltiples funciones en el organismo:

- Protege los ácidos grasos insaturados de reacciones de peroxidación.
- Cumple un papel en el proceso de respiración celular.
- Interviene en el transporte de electrones a ubiquinona.
- Facilita síntesis del grupo hemo.
- Interviene en el desarrollo y actividad del sistema inmune.
- Participa en el metabolismo celular (respiración celular, metabolismo de ácidos nucleicos).
- 

- Además controla el metabolismo de carbohidratos, creatina y balance de glucógeno; regula el desarrollo y funcionamiento de gónadas, prepara y protege la gestación y regula el metabolismo hormonal.

Por tener tan variada intervención en el metabolismo su deficiencia prolongada ocasiona trastornos múltiples:

Cerdos: Degeneración muscular, incoordinación, insuficiencia cardíaca repentina. Pollos: Degeneración muscular, encefalomalacia, diátesis exudativa.

## Vitamina K

La vitamina K fue descubierta por el bioquímico danés Carl Meter Henrik Dam, quien en 1929 experimentando con pollos descubrió que la falta de ciertos nutrientes producía hemorragias y coagulación lenta, en 1939 consigue aislar el nutriente de alfalfa y lo llamó factor K (Koagulations o coagulación en danés). Henrik incluso ganó el Premio Nobel de 1943 por este descubrimiento.

En los vegetales se encuentra bajo la forma de 2-metil-3-fitol, 4-naftoquinona, Vitamina K1 o filoquinona, mientras que la forma de vitamina K2 o Menaquinona se encuentra en organismos animales (Síntesis bacteriana).

La forma sintética que se emplea en los suplementos vitamínicos es la K3 o Menadiona que tras ser ingerida se transforma en la forma activa K2 o Menaquinona.

#### Funciones de la Vitamina K:

-Es necesaria para la síntesis de protrombina en el hígado, la protrombina es precursor de la trombina que convierte el fibrinógeno del plasma en fibrina, la que mantiene la conformación del coágulo, la protrombina debe unirse al calcio antes de activarse.

-La vitamina K además es cofactor de la carboxilasa, enzima esencial para convertir ácido glutámico en ácido gamma - carboxiglutámico ( GLA ), molécula que forma parte de la osteocalcina o proteína ósea que se considera un factor de salud ósea.

La deficiencia de vitamina K puede ocasionar:

Anemia, aumento tiempo de coagulación. Hay cierto nivel de síntesis por microorganismos de vitamina K en ciegos, pero la mayor parte no puede ser absorbida en aves y cerdos, porque la síntesis se encuentra demasiado lejos del punto de absorción.

#### Vitaminas hidrosolubles

Complejo B, el factor B, más tarde conocido como vitaminas del complejo B fue descubierto en 1915 por Elmer McCollum que lo llamó Factor B soluble en agua.

#### Vitamina B1 o Tiamina

Su forma principal en tejidos animales es el Pirofosfato de tiamina (TPP), muy soluble en agua y estable en soluciones ligeramente ácidas. Se descompone fácilmente en soluciones neutras. Como Pirofosfato de tiamina (TPP) interviene como coenzima en

diversas rutas metabólicas de mucha importancia:

- Descarboxilación oxidativa del piruvato para formar acetil CoA (piruvato deshidrogenasa).

- Descarboxilación oxidativa del  $\alpha$ -cetoglutarato y forma succinil CoA en ciclo Krebs ( $\alpha$ - cetoglutarato deshidrogenasa).

- Ruta de pentosas fosfato (transcetolasa) (única fuente de ribosa para síntesis de precursores de ácidos. nucleicos).

- Síntesis de aminoácidos ramificados (deshidrogenasa cetoácido de cadena ramificada).

- Además, cumple un papel importante en transmisión de impulsos nerviosos.

La deficiencia prolongada de tiamina puede ocasionar

Trastornos Generales: Pérdida de apetito, emaciación, debilidad muscular, disfunción progresiva del sistema nervioso.

En cerdos: Bajo consumo de alimento, pobre crecimiento, vómitos, trastornos respiratorios. En pollos: Bajo consumo de alimento, emaciación, polineuritis que cursa con retracción de la cabeza, degeneración nerviosa y parálisis.

### **Vitamina B2: Riboflavina**

Es una sustancia de color amarillo, cristalina, presenta fluorescencia amarillo verdosa en solución acuosa, es termo estable en soluciones ácidas o neutras e inestable en medio alcalino. Es afectada por la luz, especialmente la ultravioleta.

Cumple funciones metabólicas variadas:

- Forma parte importante de las flavoproteínas, su grupo prostético contiene B2 como fosfato, flavin mononucleótido (FMN) o como flavin adenin dinucleótido (FAD).

- Todas intervienen en reacciones de transporte de hidrógeno.

- FAD interviene en la fosforilación oxidativa, de succinato a fumarato. (Ciclo de Krebs) y además actúa como coenzima de Acil CoA deshidrogenasa.

La deficiencia prolongada de riboflavina puede ocasionar:

En cerdos: Pérdida de apetito, retraso del crecimiento, vómitos, erupciones de piel, trastornos oculares.

En marranas: Trastornos de celos, partos prematuros.

En pollos: Crecimiento lento, parálisis de dedos torcidos (por degeneración de nervios periféricos).

En gallinas reproductoras: Baja incubabilidad, anomalías en embriones.

### Vitamina B3: Niacina

Presente en todas las fuentes vegetales y animales, alto contenido en levaduras secas, afrecho de trigo, harina de girasol y solubles de pescado. Bajo contenido en lácteos, yuca, harina de soya, centeno, arroz y maíz. Sin embargo, la biodisponibilidad de ácido nicotínico de cereales y subproductos de molinería es muy pobre para aves y cerdos.

Los mamíferos sintetizan de manera limitada ácido nicotínico a partir de triptofano, y algunos intervienen en la transferencia de hidrógeno NAD y NADP. Ambas participan en numerosos procesos metabólicos de síntesis y catabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas.

### Funciones metabólicas:

- Interviene junto a otras vitaminas del complejo B en la obtención de energía a partir de los glúcidos o hidratos de Carbono.
- Mantiene el buen estado del sistema nervioso junto a otras vitaminas del mismo complejo, la piridoxina (B6) y la riboflavina (B2).
- Mejora el sistema circulatorio, permite el perfecto flujo sanguíneo, ya que relaja los vasos sanguíneos otorgándoles elasticidad a los mismos.
- Mantiene la piel sana, junto con otras vitaminas del complejo B, al igual que mantiene

sanas las mucosas digestivas.

- Estabiliza la glucosa en sangre.

La carencia prolongada de niacina puede producir: Alteraciones del sistema nervioso, trastornos digestivos, problemas de piel, úlceras en mucosas.

Es una amida del ácido pantoico con la B alanina. Entre sus funciones metabólicas se puede mencionar:

- Forma parte de la coenzima A y por lo tanto participa en oxidación de ácidos grasos, metabolismo del acetato, síntesis de colesterol, síntesis de esteroides.
- Además, forma parte del grupo prostético de la proteína transportadora del grupo acilo, y en consecuencia interviene en la síntesis de ácidos grasos.

#### Vitamina B5: Ácido Pantoténico

La deficiencia prolongada de ácido pantoténico ocasiona:

En cerdos: Pobre crecimiento, diarreas, pérdida de pelo, descamación de piel, incoordinación. En pollos: Retraso en crecimiento, dermatitis.

En gallinas: Baja incubabilidad.

#### Vitamina B6: Piridoxina

Existen 3 formas interconvertibles en el organismo:

- Piridoxina, piridoxal y piridoxamina.
- Piridoxal y piridoxamina son más estables que piridoxina y son termolábiles.
- La mayor actividad la tiene el piridoxal en forma de fosfato.

Funciones metabólicas principales:

- Luego de absorbida la piridoxina es captada por el hígado y fosforilada a la forma más

activa de piridoxal fosfato.

- Actúa como coenzima en el metabolismo de aminoácidos.
  - Interviene en reacciones de transaminación, el piridoxal fosfato acepta el grupo amino y lo transfiere a otro ceto-ácido.
- Participa en la síntesis de esfingolípidos (mielina).
- Participa en la síntesis del ácido  $\alpha$ - aminolevulínico (precursor del grupo hemo).
- Actúa como coenzima de la glucógeno fosforilasa (glicólisis).
- Participa en la biosíntesis de colina.

Ante una deficiencia prolongada de piridoxina podemos esperar:

Baja del ritmo de crecimiento en todas las especies por interrupción del metabolismo de los aminoácidos.

En cerdos: Baja en consumo de alimento, anemia. En pollos: Movimientos espasmódicos.

En gallinas: Baja en producción de huevos y baja incubabilidad.

### Vitamina B9: Ácido Fólico

Se encuentra en grandes cantidades en las hojas verdes, su nombre químico es Ácido pteroilmonoglutámico. Entre sus funciones metabólicas se puede mencionar:

Luego de absorbido es convertido a nivel celular en ácido tetrahidrofólico, el que participa en los siguientes procesos:

- Actúa como coenzima en el proceso de transferencia de grupos monocarbonados, Interviene en la síntesis de purinas y pirimidinas, por ello participa en el metabolismo del ADN, ARN y proteínas.
- Es necesario para la formación de células sanguíneas, más concretamente de glóbulos rojos.
- Reduce el riesgo de aparición de defectos del tubo neural del feto como lo son la espina bífida y la anencefalia.

- Disminuye la ocurrencia de enfermedades cardiovasculares.
- Previene algunos tipos de neoplasias.
- Permite aumentar el apetito.
- Estimula la formación de ácidos digestivos.

La deficiencia prolongada de ácido fólico ocasiona:

Anemia, diarrea (Por daño en pared intestinal)

En pollos: Crecimiento lento, mal desarrollo óseo, emplume incompleto. En gallinas: Baja incubabilidad.

En cerdos: Anemia, mortalidad embrionaria, menor número de lechones destetados, caída de pelo.

#### Vitamina B12: Cianocobalamina

Está presente sólo en alimentos de origen animal (harina de pescado, carne y hueso), puede ser sintetizada durante la digestión microbial, pero sólo una parte se absorbe. Para absorberse en intestino delgado, debe de unirse a una glicoproteína, segregada por la mucosa gástrica. Una vez absorbida, ya en las células se convierte en metilcobalamina o adenosilcobalamina.

Entre las funciones metabólicas de la vitamina B12 podemos mencionar:

- Actúa como cofactor de dos enzimas, la metiltransferasa y la metilmalonilCoA mutasa. La primera interviene en la mutación de homocisteína a metionina, y la segunda en el paso de metilmalonil CoA a Succinil CoA. Por lo tanto tiene intervención en el metabolismo de los aminoácidos

Ante una deficiencia prolongada de vitamina B12, pueden producirse los siguientes trastornos generales: pobre crecimiento, pobre utilización de alimentos, principalmente proteínas, anemia, inflamaciones en piel, mortalidad elevada.

En pollos: Baja tasa de ganancia de peso, emplume deficiente, lesiones renales. En gallinas: Sin sintomatología, pero baja incubabilidad.

En lechones: Retraso en el crecimiento, descoordinación de extremidades posteriores  
En cerdos adultos: Dermatitis, pelaje deficiente, pobre crecimiento.

#### Biotina

La biotina puede estar presente en alimentos en forma libre y ligada (no disponible), la mayor parte está en forma libre. No se conoce bien la forma de transporte en el caso de esta vitamina, pero las mayores concentraciones se dan en hígado y riñones.

Las funciones metabólicas principales de la biotina son:

- Participa en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas.
- Participa en la transferencia de CO<sub>2</sub> de unos sustratos a otros.
- Actúa como coenzima de las siguientes enzimas: Piruvato carboxilasa, Acetil CoA carboxilasa, Propionil CoA Carboxilasa.

Ante una deficiencia prolongada de biotina pueden presentarse los siguientes síntomas:

Cerdos: Lesiones podales, alopecia, piel escamosa y seca.

Cerdos en crecimiento: Baja tasa de ganancia de peso, pobre eficiencia alimenticia.

Marranas: Se afectan los parámetros reproductivos.

Aves: Retraso en crecimiento, dermatitis, anomalías en huesos de patas, mal emplume, síndrome del hígado y riñón graso.

## Colina

Las funciones metabólicas de la colina son un tanto diferentes a las de las otras vitaminas, ya que no actúa como un catalizador metabólico.

- Forma parte de componentes estructurales esenciales de los tejidos del organismo, por ejemplo es componente de las lecitinas.
- Participa en el metabolismo de lípidos en el hígado, ya que convierte la grasa en exceso en lecitina y evita acumulación de grasa.
- Forma parte de acetilcolina, la que está involucrada en la transmisión de impulsos nerviosos.
- Es donadora de grupos metilo para las reacciones de transmetilación, función que comparte con metionina y betaína.

Ante una deficiencia prolongada de colina podemos encontrar una serie de síntomas carenciales:

En aves: Perosis, retraso en crecimiento, degeneración grasa del hígado.

En gallinas en producción: Baja en el porcentaje de postura, menor peso del huevo, baja el porcentaje de eclosión en reproductoras.

En cerdos: Mala distribución grasa corporal, retraso en crecimiento, degeneración nerviosa, daño renal, baja fertilidad, lechones débiles, baja producción de leche.

### Vitamina C: Ácido Ascórbico

James Lind la descubrió el año 1747, realizando estudios sobre el escorbuto. En 1912 los noruegos Alex Holst y Theodor Bruun Frolich confirmaron su existencia.

La vitamina C es un polvo incoloro, cristalino, hidrosoluble, de carácter ácido, fuertemente reductor. Es termoestable en soluciones ácidas, se descompone en álcalis. La sintetizan la mayoría de mamíferos y aves, salvo cuyes y primates.

Funciones metabólicas de la vitamina C:

-Participa en mecanismos de oxidaciónreducción en la célula.

-Es necesaria para la formación de colágeno (cofactor de oxidasas).

-Participa en el transporte de hierro, específicamente en la conversión de transferrina a ferritina.

-Protege las células frente a lesiones oxidativas provocadas por radicales libres.

No es esencial en la mayoría de animales de granja, pero sus requerimientos se incrementan en situaciones específicas de estrés. Ante éstas situaciones podemos encontrar cuadros específicos:

En aves en general: Se requiere suplementación ante situaciones de estrés por calor (aumenta el requerimiento).

En gallinas en producción: En situaciones de estrés por calor disminuye la calidad de cáscara requiriéndose suplementación de vitamina C.

### Aditivos no nutricionales

Grupo de Trabajo para Sustancias Activas en Alimentación Animal (Bonn, 1985):

- Sustancias auxiliares:

Aditivos que mejoran el grado de asimilación o la calidad de los alimentos para animales, pudiendo lograr un mejoramiento de los productos obtenidos para consumo humano.

- Promotores de crecimiento
- Preventores de enfermedades

Sustancias auxiliares:

1. Pigmentantes: Sustancias que confieren o modifican el color de la yema de huevo o de la piel de las aves.
2. Enzimas: Hidrolizan factores antinutricionales, aumentan la disponibilidad de fósforo fítico e hidrolizan proteínas y lípidos.
3. Saborizantes y aromatizantes: Aditivos que normalizan o mejoran el sabor o el olor de los alimentos, facilitando así el consumo de los mismos
4. Conservadores: Son algunos Ácidos orgánicos y Absorbentes y degradadores de micotoxinas
5. Emulsionantes: Sustancias auxiliares utilizadas para la preparación y estabilización de emulsiones.

6. Fluidificantes: Sustancias auxiliares que mejoran la estabilidad de almacenamiento de productos que fluyen con dificultad debido a la humedad
7. Peletizantes.
8. Antioxidantes: Sustancias auxiliares que inhiben el enranciamiento de las grasas, evitando la formación de peróxidos (BHT, Etoxiquina)

#### 4.6 Balanceó de Raciones

##### ¿QUE ES UNA RACION BALANCEADA?

La mayoría de los alimentos que las vacas ingieren son típicamente forrajes, gramínea o leguminosa. Cuando las vacas reciben forrajes solamente, ellas no pueden ingerir lo suficiente para obtener la energía, proteína y minerales necesarios para producir grandes cantidades de leche. Así, normalmente es necesario incluir una fuente más concentrada de energía, proteína y minerales en las dietas de las vacas lecheras. Para suministrar todas las necesidades para el mantenimiento, el crecimiento, la reproducción y la lactancia, una vaca lechera debe recibir suficientes alimentos para darle la cantidad necesaria de energía, proteína, minerales, vitaminas y agua. Nutrientes suministrados por la dieta (kg/día) = Requisitos de la vaca (kg/día) La formulación de raciones consiste en combinar, en las cantidades necesarias, los alimentos que se ofrecerán para suministrar los requisitos diarios del animal. Una ración balanceada es la que le provee al animal las proporciones y cantidades correctas de todos los nutrientes requeridos para un período de 24 horas. A veces el ganadero tiene un control completo sobre los tipos y las proporciones de los varios alimentos que constituyen la ración. Este es el caso cuando las vacas están bajo techo en un sistema de confinamiento. Sin embargo, balancear la ración es a veces más difícil. Típicamente, las vacas que pastorean pueden escoger no solamente la cantidad de pasto que comen, sino también su composición. Las vacas pueden seleccionar varias partes de la planta y rechazar otras.

##### ¿Por que es importante balancear las raciones?

Cuando una ración no está balanceada, hay un exceso o una deficiencia de algunos nutrientes en la ración. Algunos desequilibrios o desequilibrios tienen consecuencias drásticas y si no se corrigen, pueden llevar rápidamente a la muerte del animal (por ejemplo, un desequilibrio de calcio alrededor del parto puede llevar a la fiebre de leche y la muerte del animal si no se lo trata inmediatamente). Algunos síntomas claros pueden ayudar a identificar desequilibrios (vea "Vitaminas y Minerales" en el Capítulo 2). Sin embargo, otros desequilibrios son difíciles de identificar porque resultan simplemente de algún grado de pérdida de rendimiento. Las vacas no rinden tanto como permitiría su potencial cuando hay algún desequilibrio en la ración. Los desequilibrios tienden a afectar más a aquellos animales que tienen un potencial genético alto. No todos los desequilibrios de alimentos son nutricionalmente

devastadores, pero cada desequilibrio nutricional es económicamente inaceptable, porque produce una pérdida de producción y una pérdida de nutrientes que se pudieron haber utilizados más eficazmente.

**Material adicional:**

<https://zoovetespasion.com/libros-zootecnia-veterinaria/descarga-libro-de-nutricion-y-alimentacion-de-animales-de-church/>

**Bibliografía básica:**

- Church DC, Pond WG, Pond KR. Fundamentos de nutrición y alimentación de los animales. 2 ed. México: Limusa, 2002.
- McDonald P, Edwards R, Greenhalg JED. *Nutrición Animal*. Editorial Acribia. 5ª Ed.
- National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle. 2000.
- Shimada AM. Nutrición animal. México: Trillas, 2009.

**Bibliografía complementaria:**

- Broster VWH, Swan H. *Estrategias de alimentación para vacas lecheras de alta producción*. AGT editor. 1ª ed. 1979.
- Bryant, T. C., Wanger, J. J., Tatum, J. D., Galyean, M. L., Anthony, R. V., Engle T. E. (2010). Effect of dietary supplemental vitamin A concentration on performance, carcass merit, serum metabolites, and lipogenic enzyme activity in yearling beef steers. *Journal of Animal Science*, 88: 1463-1478.
- Ramírez-Mella, M., Hernández-Mendo, O., Ramírez-Briebesca, E. F., Améndola-Massioti, R. D., Crosby-Galván, M.M., Burgueño-Ferreira, J. A. (2013). Effect of vitamin E on milk composition of grazing dairy cows supplemented with microencapsulated conjugated linoleic acid. *Tropical Animal Health and Production*, 45: 1783-1788.
- Pinos, R. J. M., González, M. S. (2000). Efectos biológicos y productivos de los ionóforos en rumiantes *Interciencia*, 25: 379-385.