

**TESIS CON  
FALLAS DE ORIGEN**

60  
lej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN**

**MANUAL DE PRACTICAS DE LABORATORIO DE  
NUTRICION ANIMAL**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**P R E S E N T A :**

**PEDRO HUITRON CAZARES**

**ASESOR: MVZ ENRIQUE ARISTA PUIGFERRAT**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX. 1986**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **C O N T E N I D O**

- I. LISTA DE FIGURAS Y TABLAS**
- II. RESUMEN**
- III. INTRODUCCION**
- IV. OBJETIVO**
- V. DESARROLLO DE TEMA**
- VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

**I. LISTA DE FIGURAS Y  
TABLAS**

## LISTADO DE FIGURAS

- Figura No. 1**  
**Organigrama de la División de Ciencias Agropecuarias**
- Figura No. 2**  
**Algunos Tipos de Herramientas para Realizar Muestreo**
- Figura No. 3**  
**Muestreador para Líquidos**
- Figura No. 4**  
**Muestreador Eléctrico**
- Figura No. 5**  
**Muestreador Cilíndrico**
- Figura No. 6**  
**Método de Cuarteo**
- Figura No. 7**  
**Método de Comparación por un Grupo**
- Figura No. 8**  
**Diseño de Bloque al Azar**
- Figura No. 9**  
**Diseño Cuadrado Latino**
- Figura No. 10**  
**Método de Comparación por Periodos**
- Figura No. 11**  
**Método de Comparación por Grupos Periodos**
- Figura No. 12**  
**Diseño de Doble Cuadrado Latino**
- Figura No. 13**  
**Pasos en el Proceso de Investigación**
- Figura No. 14**  
**Resumen del Experimento**

- Figura No. 15**  
**Datos Correspondientes al Peso Vivo de los Animales a las nueve Semanas de Vida**
- Figura No. 16**  
**Análisis de Varianza y la Significación de la Hipótesis Estadística de la Diferencia de F Calculada - con F Tabulada.**
- Figura No. 17**  
**Tabla de ANOVA para el Diseño Completamente al Azar**
- Figura No. 18**  
**Tabla de ANOVA para el Diseño Completamente al Azar (Caso Desbalanceado)**
- Figura No. 19**  
**Diagrama Esquemático de los Hechos y Suposiciones - que se Tienen en Cuenta en el Cálculo de la Digestibilidad de un Alimento**
- Figura No. 20**  
**Jaula Metabólica**
- Figura No. 21**  
**Arneses y Sacos para Bovinos**
- Figura No. 22**  
**Distribución de la Energía del Alimento en el Animal**

#### LISTADO DE TABLAS

- Tabla No. I**  
**Plan de muestreo**
- Tabla No. II**  
**Valores Críticos de la Distribución F ( $\alpha = 5\%$ )**
- Tabla No. III**  
**Valores Críticos de la Distribución Q.**

**Tabla No. IV**

**Constantes para la Evaluación de Materias Primas**

**Tabla No. V**

**Factores de Conversión de Unidades de Peso**

**Tabla No. VI**

**Tabla de Equivalencias.**

## II. RESUMEN

## R E S U M E N

El motivo por el cual se realizó este manual, es crear un texto que reúna varios aspectos de interés en el laboratorio, los cuales pretenden dar apoyo para el desarrollo de las prácticas, ya que actualmente la cátedra es impartida sobre una base eminentemente teórica y de ahí la importancia de crear un Manual de Prácticas.

El manual consta de 16 prácticas, las que a continuación describimos:

### 1.- Visita a las Instalaciones del Centro de Producción -- Agropecuaria (CPA).

Esta tiene como objetivo que el alumno al final de la práctica sea capaz de manifestar la organización que existe dentro del Centro así como manifestará un conocimiento general del sistema de alimentación que se lleva a cabo en el mismo.

### 2.- Técnicas de Muestras, Conservación y Envío de Muestras

En el campo de la Nutrición Animal es de capital importancia conocer los nutrientes que ingiere, metaboliza y excreta el organismo. En la Alimentación Animal para evaluar en el laboratorio un alimento es necesario previamente obtener una muestra correcta, la cual es una porción o unidad de el total del material que se va a analizar.

### 3.- Elementos de Experimentación Agropecuaria

En esta práctica se pretende familiarizar al alumno con el método científico y que aprenda a comunicar sus hallazgos en forma escrita.

### 4.- Evaluación de Materias Primas (Método Petersen) y Tabla de Equivalencias en Unidades. Unidad de Pesos y Medidas.

Conocerá un método complementario para llevar a cabo la evaluación del valor nutritivo de las materias primas - utilizadas en la alimentación animal y recordará algunas de las unidades de pesos y medidas relacionadas con la Nutrición Animal. Además se proporcionara una Tabla de Conversiones.

- 5.- Determinación de la Digestibilidad In Vivo y Balance - de Nutrientes (Demostrativa).
- 6.- Determinación de la Digestibilidad In Situ.
- 7.- Determinación de la Digestibilidad In Vitro (Método de Tilley y Terry Modificado).

El valor potencial de un alimento para suministrar un determinado nutriente puede conocerse mediante análisis químicos, pero el valor real que tiene para el animal es siempre inferior, ya que durante la digestión, absorción y metabolismo se producen pérdidas. Para conocer este valor lo primero que hay que considerar es la porción del alimento que no es absorbida y que se excreta en las heces.

Entre las pruebas que se han desarrollado para determinar la calidad nutritiva de alimentos para animales se encuentran:

- Digestibilidad In Vivo.
- Digestibilidad In Situ.
- Digestibilidad In Vitro.

Las técnicas in situ se realizan dentro del animal, en el que se colocan bolsas de nylon en el rumen conteniendo la muestra del alimento a evaluar; en cambio -- las técnicas in vitro aunque sin ser llevadas a cabo totalmente en el animal involucran procesos semejantes a los que ocurren dentro del mismo, se realiza con líquido ruminal y pepsina.

Las pruebas de digestibilidad in vivo se realizan con animales a los que se les mide el consumo de alimento que esta a prueba y las cantidades de heces que excre-

taren provenientes de ese alimento, la diferencia que se obtenga será el resultado de la prueba.

- 8.- Formulación de Raciones para el Ganado (una necesidad)
- 9.- Formulación de Raciones para el Ganado (dos necesidades)
- 10.- Formulación de Raciones para el Ganado (tres necesidades)
- 11.- Formulación de Fraccionelas (minerales y vitaminas)
- 12.- Formulación de Raciones a Mínimo Coste por el Método de Graficación.
- 13.- Formulación de Raciones a Mínimo Coste y Análisis de Nutrientes. Resolución Gráfica por el Método de Programación Lineal.

El objetivo de las prácticas 8 a 13, es el diseñar un apartado, dentro del manual, específico para la formulación de raciones para el ganado que pueda ser utilizada como base primordial por los alumnos de la materia de Nutrición Animal de la PES - Cuautitlán.

La alimentación adecuada de las diferentes especies animales presentan al técnico una serie de problemas a resolver, principiando por la especie animal y el tipo de alimentos disponibles y el conocimiento nutritivo de estos alimentos.

El siguiente paso es el formular una dieta de acuerdo a los datos obtenidos, como son:

- Requerimientos nutricionales de la especie, considerando la edad, peso y función zotécnica.
- Coste de los diferentes alimentos en relación al aporte de valores nutricionales que poseen.

Una vez recabados los datos necesarios se procederá a balancear la ración, es decir, a determinar la proporción adecuada de las diferentes materias primas para satisfacer los requerimientos nutricionales del animal de que se trate.

Para poder calcular esta relación existen varios sistemas de formulación matemática, como son: Cuadrado de

Pearson, Método de Kaldman y Trujillo, Ecuaciones con una Incógnita, Método de Eliminación para Resolver --- Ecuaciones de una Incógnita, Técnica de Sustitución -- (las anteriores son para formulación con una necesi -- dad).

Para dos necesidades tenemos el Doble Cuadrado de Pearson, Ecuaciones Simultáneas y el Método de Determinantes (Regla de Cramer). Cuando las necesidades son tres usaremos el Método de Determinantes, Ecuaciones Simultáneas y la Técnica de Tanteo.

Las premezclas ocupan una parte mínima de la mezcla total y dentro de esta premezcla muchos ingredientes son adicionados en pocas gramos o miligramos. La evaluación y desificación de estos compuestos es de extrema importancia ya que son requeridos en mínimas cantidades, algunos de ellos son tóxicos si son sobredesificados, otros condicionan su absorción a la presencia y cantidad de un tercero, pero todos se deben encontrar perfectamente mezclados en la ración si se quiere realmente satisfacer al fin para el cual fueron preparadas.

En el curso normal de la formulación de dietas, el costo de los ingredientes usados es un factor muy importante, el cual puede ser considerado uno de los factores prioritarios al formular dietas para ganado. En algunas situaciones existe una lista pequeña de alimentos a utilizar y la selección se hace a partir del ingrediente que resulta ser más económico por unidad de energía o proteína sin ningún problema.

Las computadoras permiten una rápida formulación de raciones que cubren las especificaciones nutritivas para una fórmula dada de mínimo costo. A causa de la posible precisión en el uso de la computadora, cabe la tentación de olvidar que solamente la fórmula producida es válida, en tanto lo sean los datos suministrados a la computadora.

14:- 16.- Diseño, Desarrollo e Interpretación de un Experimento en Nutrición Animal, Mediante el Uso del Método Científico, que Será Propuesto por el --- Alumno.

Los hechos, datos, técnicas y métodos de las partes precedentes se integran en nuestro objetivo-final; el diseño, desarrollo e interpretación de un experimento en nutrición animal.

## ABREVIATURAS USADAS

CPA; Centro de Producción Agropecuaria.  
SC ; Suma de Cuadrados.  
gl ; Grados de Libertad.  
CM ; Cuadrado Medio.  
MDS; Menor Diferencia Significativa.  
ANOVA; Análisis de Varianza.  
DMSH; Diferencia Mínima Significativa Honesta.  
TND; Total de Nutrientes Digestibles.  
PC ; Proteína Cruda.  
PD ; Proteína Digestible.  
NNP; Nitrógeno No Proteico.  
EM ; Energía Metabolizable.  
ED ; Energía Digestible.  
EN ; Energía Meta.  
PV ; Peso Vivo.  
NRC; National Research Council.

**NOTA ACLARATORIA:**

**AL REALIZAR ESTE MANUAL SE PENSÓ QUE EN DETERMINADO MOMENTO NO SE PODRÍA SEGUIR EL ORDEN PROPUESTO DE LAS PRACTICAS, ES POR ESTO QUE DE ACUERDO A LAS NECESIDADES Y A LOS RECURSOS MATERIALES DEL LABORATORIO SE PODRÍA VARIAR EN SU SEGUIMIENTO.**

### **III. INTRODUCCION**

## I N T R O D U C C I O N

La Universidad Nacional Autónoma de México, conciente de la problemática del país, especialmente en lo que se refiere a la concentración de la población y de la actividad económica administrativa, en la megalópolis en que vivimos, inició con éxito un proceso de descentralización académica, construyendo la primera Escuela Nacional de Estudios Profesionales en Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Esta Escuela Universitaria de Estudios Profesionales, al ubicarse en una zona donde se encuentran representados algunos de los sectores de la economía, tales como: agricultura, ganadería y un porcentaje de la industria de la transformación, logra que el estudiante esté en contacto directo con cada uno de los sectores de la economía nacional desde los primeros años de su formación profesional.

La Escuela Nacional de Estudios Profesionales Cuautitlán, fue inaugurada el 22 de Abril de 1974 por el Dr. Guillermo Soberón Acevedo, Rector de la UNAM. Elevada al rango de Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán el día 22 de Julio de 1980 por aprobación del H. Consejo Universitario.

La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán concibe la necesidad de infraestructura productiva vinculada tanto a la docencia como a la investigación, que no sólo deben verse con criterio de rentabilidad, sino como modelos productivos por especie, en las cuales se enseña, se aprende y se generan nuevos conocimientos, socialmente necesarios, puesto que esta infraestructura corresponde a modelos de la realidad y por otra parte, dado que en la explicación de un problema de la realidad se hace uso de los conocimientos de diversas ciencias, la enseñanza aprendizaje debe tener un enfoque interdisciplinario y el proceso de investigación es siempre una explicación multi-causal.

Por lo tanto la separación de la investigación de la docencia, constituye un serio obstaculo para el establecimiento de las relaciones creativas entre las ciencias, la investigación, la enseñanza y la aplicación de conocimientos.

La importancia que tiene la educación dentro del desarrollo en nuestra sociedad, lleva a que la Universidad tenga dentro de sus objetivos prioritarios el de la docencia. Este objetivo se cumple de nuestra Institución, ya que en ella se imparten nueve carreras dentro de las cuales incluimos a la de Médico Veterinario Zootecnista, la cual incluye una formación teórica práctica. De aquí que la combinación ideal entre la teoría y la práctica deberá ser uno de los principales motivos de preocupación tanto del alumno como del sector académico de la Facultad.

Dentro de la formación de los Médicos Veterinarios Zootecnistas se incluye la asignatura zootécnica de Nutrición y Alimentación de los Animales, la cual es altamente trascendental, ya que dentro de la actividad profesional y productiva influye en una forma determinante sobre los costos de producción de alimentos de origen animal para consumo humano y la posibilidad de fuentes de empleo.

La asignatura de Nutrición Animal se encuentra dividida en una formación teórica (6 horas) apoyada en una formación práctica (4 horas).

Actualmente la cátedra es impartida sobre una base eminentemente teórica ya que no existe un Manual de Prácticas, de ahí la importancia de elaborar un manual que apoye los conocimientos adquiridos dentro de la formación teórica. Además --- dentro de éste manual se pretende que el alumno se familiarice con el Método Científico y aprenda a comunicar sus hallazgos en forma escrita.

#### **IV. O B J E T I V O**

**EL OBJETIVO ES PROPORCIONAR AL ALUMNO DE LA CARRERA DE MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA EN LA MATERIA DE NUTRICION Y ALIMENTACION ANIMAL, EN EL LABORATORIO, EL APOYO PARA EL DESARROLLO DE LAS PRACTICAS MAS APROPIADAS PARA SU CURSO TEORICO PRACTICO.**

V. DESARROLLO  
DE TEMA

## PRACTICA No. 1

### Visita a las Instalaciones del Centro de Producción Agropecuaria (CPA)

- **Objetivo General:** Al finalizar esta práctica el alumno será capaz de manifestar la organización del CPA y asimismo manifestará un conocimiento general del sistema de alimentación que se lleva a cabo en la misma.

#### INTRODUCCION

Con motivo de las necesidades que presentó el Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia para implementar las prácticas profesionales de sus alumnos, la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán adquirió un predio de 117 hectáreas para el desarrollo de los aspectos agropecuarios.

Asimismo, de diversas fuentes se adquirieron maquinaria y equipos para su desarrollo.

Posteriormente, la Universidad Nacional Autónoma de México creó la Carrera de Ingeniería Agrícola, la cual también requería de espacios físicos, de maquinaria y equipos agropecuarios para implementar las prácticas profesionales de sus alumnos. Como consecuencia de ello, el Departamento de Ingeniería Agrícola también, por diversas fuentes obtuvo recursos, lo que creó a su vez, la necesidad de desarrollar un Departamento que administrara los recursos existentes y además gestionara la obtención de los necesarios.

Consecuentemente, la Dirección de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Cuautitlán, el 4 de Mayo de 1979 creó el Departamento de Producción Agropecuaria. El cual tiene la responsabilidad de administrar los recursos agrícolas y pecuarios con que cuenta el CPA, el que se encuentra a su vez formado por subunidades denominadas Módulos y Talleres, que son los siguientes; y de los cuales, posteriormente daremos una breve explicación de sus funciones y objetivos:

- 1.- Módulo de Cunicultura y Bioterio.
- 2.- Módulo de Aves de Postura.
- 3.- Módulo de Aves de Engorda.
- 4.- Módulo de Adiestramiento de Ecuinos.

- 5.- Módulo de Ovinos.
- 6.- Módulo de Caprinos.
- 7.- Módulo de Bovinos Productores de Carne.
- 8.- Módulo de Bovinos Productores de Leche.
- 9.- Taller de Lácteos.
- 10.- Taller de Carnes.
- 11.- Taller de Producción de Forrajes.
- 12.- Taller de Alimentos Balanceados.

Para conocer la organización del CPA y sus relaciones, ésta se representa en la figura... número 1.

La finalidad de las Unidades Productivas de la Facultad, es la de proporcionar facilidades y hacer accesible al alumno un lugar para la aplicación de sus conocimientos teóricos.

### OBJETIVOS

- Coadyuvar a la formación de los alumnos de las diversas carreras que se interrelacionan con la producción agropecuaria.
- Identificar nuevos programas de producción en el área agropecuaria, cuya realización coadyuve al desarrollo del CPA.
- Operar en condiciones tales que le permitan obtener beneficios que coadyuven a su autosuficiencia financiera.

Se busca impulsar activamente una metodología de enseñanza aprendizaje, tendiente a desarrollar en el estudiante una actitud crítica y una concepción interdisciplinaria y el diseño de programas educativos para la realización de las prácticas flexibles y constantemente actualizadas, con el fin de garantizar su vigencia y calidad.

Las Carreras de Médico Veterinario Zootecnista e Ingeniería Agrícola son en un gran porcentaje teóricas prácticas, requieren del desarrollo de ciertas actividades que el alumno debe ejecutar para adquirir la habilidad necesaria o para confirmar las hipótesis planteadas en la parte teórica.

El CPA tiene como actividad rectora el desarrollo de cinco planes:

- Plan Educativo.

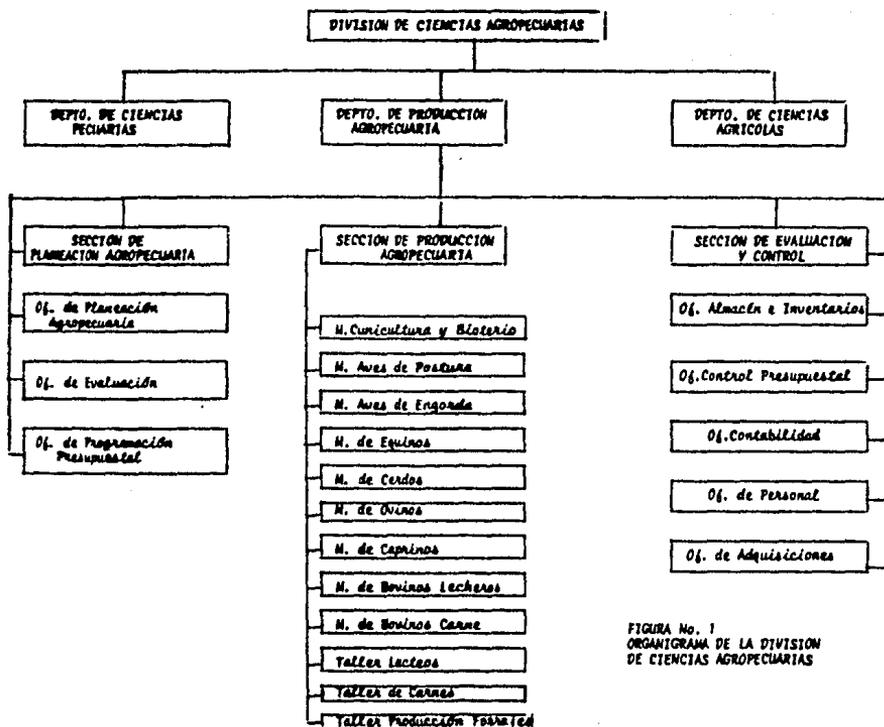


FIGURA No. 1  
ORGANIGRAMA DE LA DIVISION  
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

- Plan de Investigación.
- Plan de Difusión.
- Plan de Formación de Recursos Humanos.
- Plan de Servicio.
- Plan Educativo; Principalmente va a facilitar la formación de profesionales que apliquen sus conocimientos adquiridos en función de los problemas de la producción -- agropecuaria y agroindustrial.
- Plan de Investigación; Dará especial impulso a la investigación formativa, ésta es la que realizan alumnos (Licenciatura y Posgrado) y maestros. Fundamentalmente la investigación es orientada a la solución científica y tecnológica de problemas relacionados principalmente con la alimentación.
- Plan de Difusión; Por medio de este Plan se extienden -- los conocimientos producidos y generados en nuestra Unidad, hacia las comunidades ubicadas en el área de influencia escolar por medio de los módulos, talleres, asesoría a productores, laboratorios de diferentes especialidades, diagnóstico, etcétera.
- Plan de Formación de Recursos Humanos; El CPA contribuirá a la formación de profesores e investigadores así como a profesionistas que promuevan el cambio educativo y superación de las funciones universitarias, lo que es muy necesario para no ser tan dependientes técnicamente.
- Plan de Servicio; Mecanismos para llevar a cabo este Plan, serán el Servicio Social, el Semestre de Campo y el Servicio de Voluntariado Agropecuario; lo que llevará al alumno a que contraste sus conocimientos teóricos con aspectos de la práctica profesional y la variación de la misma.

Por otra parte, los Módulos y Talleres se encargan del alojamiento, conservación y mantenimiento de las diversas especies animales y agrícolas, así como algunos de sus subproductos, con

que cuenta el Centro. Los responsables de Módulos y Talleres se encargan de las funciones operativas como; alimentación, sanidad, manejo y reproducción de las especies existentes. Se --leccion, producción, control de calidad, mercadeo y comerciali-zación de los productos y subproductos agrícolas y pecuarios.

La atención que se debe dar a los módulos es de 24 hrs. --diarias durante los 365 días del año, ya que tanto los anima -les como las plantas son seres biológicos que tienen necesida-des fundamentales y vitales que no se pueden interrumpir aun -cuando sea periodo de vacaciones o en otros casos tales como -paros o huelgas.

Para hablar de los objetivos y funciones de los diferentes Módulos y Talleres los englobaremos en uno solo, exento el Mó-dulo de Cunicultura y Bioterio ya que no se imparten Clínicas--ni Terapéutica; en lo que respecta a los Talleres, éstos van -dirigidos en sus objetivos hacia todas aquellas Carreras exis--tentes en nuestra Facultad que se relacionen con la Nutrición--animal.

- **Objetivos:** Contribuir a la formación de los alumnos, fa-cilitando los elementos que la práctica profesional re -quiere para las materias de Exterior y Manejo, Zootecnia General, Zootecnia de Cada Especie, Nutrición y Alimenta-ción Animal, Reproducción e Inseminación Artificial, Clí-nicas, Técnicas Quirúrgicas y Terapéutica Veterinaria.
- **Funciones:**
- Captar las necesidades de recursos para la realización -de los objetivos enunciados.
- Gestionar la obtención de los recursos ante la jefatura--de sección.
- Formular y desarrollar los programas conjuntamente con -la Sección de Planeación Agropecuaria para llevar a cabo las funciones de alimentación, reproducción, manejo y sanidad.
- Determinar las funciones operativas que llevará a cabo -

el personal administrativo para con ello cumplir con los programas señalados.

- Realizar las actividades del programa.
- Elaborar un informe diario de las actividades realizadas, avances, problemas, necesidades y resultados logrados; así como el apoyo académico aportado en cuanto a número de prácticas, grupos, profesores, etcétera.
- Asignar y supervisar las labores del personal a su cargo
- Elaborar informes administrativos contables que permitan evaluar la eficiencia productiva del Módulo.
- Participar en la elaboración del anteproyecto presupuestal del Módulo conjuntamente con las secciones de Planeación Agropecuaria y Evaluación y Control.
- Informar a la jefatura de Sección acerca de faltas, vacaciones, permisos, incapacidades, retardos del personal a su cargo.
- Administrar con eficiencia su Módulo a fin de cumplir con los objetivos del programa.
- Presentar semestralmente y por escrito un proyecto que norme las actividades a realizar en las diferentes áreas del trabajo del Módulo.

Una vez adquirido el conocimiento de como trabaja y se organiza el CPA pasaremos a los objetivos específicos, que son las instrucciones a realizar para la comprensión de la práctica.

- **Objetivo Especifico No. 1:** El alumno recibirá una copia-fotostática del Manual de organización del CPA que analizará con anticipación de siete días.
- **Objetivo Especifico No. 2:** El alumno asistirá al CPA a una explicación del organigrama del mismo, presentada por los responsables de este Centro.
- **Objetivo Especifico No. 3:** El alumno asistirá a cada uno

de los Módulos -una visita por semestre- para partici -  
par en el programa de éstos.

**Objetivo Específico No. 4:** El alumno elaborará un repor-  
te de actividades de cada uno de estos Módulos y entrega  
rá un original al profesor de la asignatura y otro al je  
fe del CPA.

## PRACTICA No. 2

### Técnicas de Muestreo, Conservación y Envío de Muestras

- **Objetivo General:** Al finalizar la práctica el alumno estará capacitado para obtener, conservar así como enviar muestras de las cuales se tengan que realizar análisis para evaluar su valor nutritivo.

#### INTRODUCCIÓN

En el campo de la nutrición es de capital importancia conocer los nutrientes que ingiere, metaboliza y excreta el organismo (Morrison, 1977; Maynard, 1981).

Para evaluar en el laboratorio un alimento es necesario -- previamente obtener una muestra correcta, la cual es una porción o unidad de el total del material que se va a analizar.

El primer paso de cualquier método analítico es el procedimiento de muestreo, seguido de la preparación de la muestra.

En los análisis aplicados a alimentación animal, es frecuente partir de una muestra grande y la determinación final implicará cantidades más pequeñas. La muestra debe ser homogénea y representativa de la población; sin embargo, aún el experto utilizando la técnica más precisa y exacta, no obtendrá resultados verdaderos si la muestra no es representativa. En la actualidad se han desarrollado técnicas y métodos específicos, exactos y precisos para analizar los diferentes compuestos que intervienen en la bioquímica de la nutrición (Aguirre, 1979; Sosa, 1981 Boada, \_\_\_\_).

El muestreo adecuado dependerá del objetivo del análisis; -- cuando el muestreo se realiza para el control de calidad en la producción, existen métodos basados en distribuciones estadísticas específicas en las cuales el número de muestras que se deben tomar se basa en ecuaciones que correlacionan ciertos parámetros. En el caso de análisis en nutrición animal, -- para fines de investigación, es más práctico y útil un muestreo al -- azar; selección al azar no implica literalmente casualidad, -- sino un procedimiento definido y riguroso que asegura que cada-

muestra de una población tiene igual probabilidad de ser seleccionada o escogida (Martin, 1976; Cochran, 1985).

El objetivo principal de los procedimientos de muestreo, - conservación y envío de muestras es el de obtener una muestra - de tamaño adecuado para ser trabajada en el laboratorio, que - represente a la totalidad de la masa del espécimen de que fue - tomada.

- Objetivo Específico No. 1; El alumno reconocerá el material y equipo necesario para realizar las diferentes técnicas - de muestreo.

En el muestreo de cualquier tipo y clase de material alimen - ticio para animales es necesario utilizar instrumentos diseña - dos para esta tarea, los cuales deben estar limpios y libres - de contaminación; sin embargo si no se dispone de ellos, se - puede ingeniar una forma de obtener las muestras y si se hace - con cuidado se obtendrán resultados similares aunque se tomara más tiempo el muestreo. A continuación enlistaremos los más co - munes (figuras 2, 3, 4 y 5):

- a) Lanza muestreadora (probador abierto)
- b) Cucharon de mano
- c) Lanza muestreadora dividida.
- d) Muestreador cilíndrico dividido
- e) Boquilla vertedora (probador de sacos)
- f) Muestreador para flujos continuos
- g) Moldes o cuadrantes para cuartear
- h) Muestreador para líquidos
- i) Muestreador eléctrico

Si el producto esta envasado en bolsas o sacos cerrados usa - remos la lanza abierta o la boquilla vertedora, si el material se encuentra a granel utilizaremos el muestreador cilíndrico - dividido. El muestreo de pacas, forrajes henificados, forrajes ensilados usaremos el muestreador eléctrico, el cual al mismo - tiempo que horada el material a muestrear lo arroja al exterior. Cuando se realiza el muestreo de craderas es necesario contar -

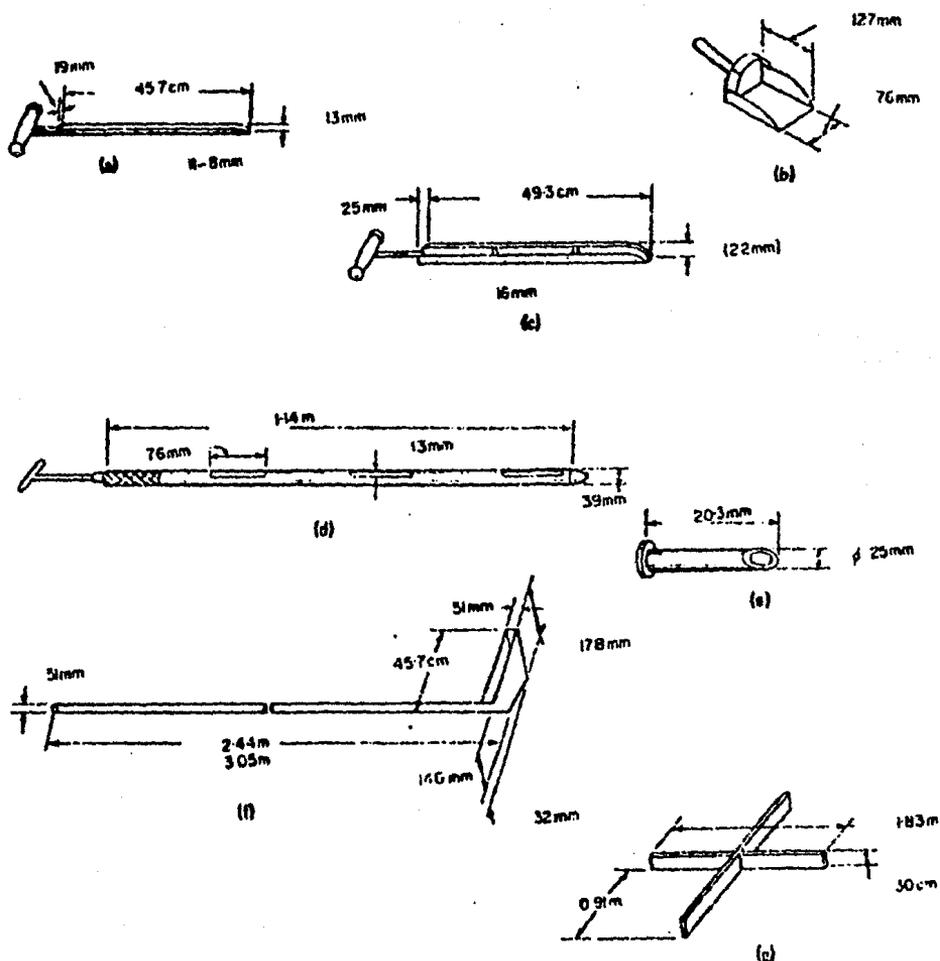
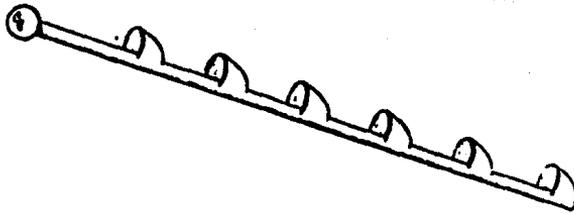
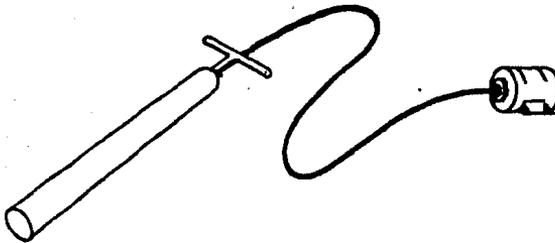


Figura No. 2. Algunos tipos de herramientas para realizar muestreos; a) Lanza muestreadora (probador abierto), b) Cucharon de mano, c) Lanza muestreadora dividida, d) Muestreador cilíndrico dividido, e) Borquilla vertedora (probador de sacos), f)-Muestreador para flujos continuos, g) Moldes o cuadrantes para cuartear.



**Figura No. 3. Muestreador para líquidos**



**Figura No. 4. Muestreador eléctrico**



**Figura No. 5. Muestreador cilíndrico**

con un marco metálico o de madera de un metro de lado (Boada, \_\_\_\_; Sosa, 1981). En el caso de que sean heces u orina para pruebas de digestibilidad emplearemos jaulas metabólicas que tendrán un compartimento para cada uno de estos, también podemos usar bolsas de manta ahuladas (Schneider, 1975; Harseign, 1980; Cullison, 1983).

Cuando la muestra es líquido ruminal, se obtendrá con una sonda esofágica de 100 a 120 cm. de longitud para ovinos y 220 a 250 cm. para bovinos, bomba de succión o una jeringa de 50 ml. además de un matraz para la recolección.

Es importante que el recipiente en el cual se envíe o almacene la muestra sea hermético, resistente al manejo y a prueba de humedad. Si se emplean bolsas de polietileno deberán utilizarse dos o tres bolsas juntas dependiendo del espesor del plástico y cerrarse de manera que se garantice su hermeticidad; se pueden también emplear latas con tapa (ensilado), recipientes de plástico con tapón de rosca, bolsas de papel reforzado e impermeabilizado y envases de vidrio, los que son algo peligrosos (Boada, \_\_\_\_; Aguirre, 1979; Sosa, 1981).

En los casos de muestras de forraje verde y pastos deben anotarse los datos meteorológicos referentes al día de la toma de la muestra, hora, nombre del muestreador, nombre del alimento, atenciones culturales brindadas recientemente y anotar el tipo de análisis que se deben realizar, así como la dirección del centro y lugar donde se tomó la misma.

- **Objetivo Específico No. 2:** El alumno reconocerá la metodología necesaria para llevar a cabo un muestreo adecuado, tanto de material inerte como material vivo.

El primer punto que ha de considerarse al preparar un plan de muestreo, consiste en definir clara y detalladamente la finalidad que se persigue con el experimento que se va a realizar. El número de sitios y la parte donde se tomara cada muestra deben arreglarse conforme a las condiciones experimentales y puede ser necesario revisar varias veces el método de

muestreo para obtener resultados satisfactorios.

Para introducirnos a la metodología es necesario antes dar algunas definiciones:

- Un núcleo es la porción de material obtenido por la herramienta de muestreo.
- Una muestra general es el conjunto de todos los núcleos extraídos de la unidad de muestreo.
- Una muestra duplicada es una muestra adicional y separada. (Aguirre, 1979).

La manipulación de la muestra debe ser lo más rápido posible para evitar que pierda o absorba humedad, sobre todo en lugares en condiciones atmosféricas extremas.

Las muestras deben contener el mismo material, del mismo carácter general, en las mismas condiciones y del mismo lugar de origen.

TABLA No. 1: Plan de Muestreo

Número total de sacos, pacas o barriles.	Número de sacos, pacas o barriles que deben ser muestreados.	Número total de tomas.
1 a 4	Todos	No menos de 5
5 a 10	Todos	No menos de 10
más de 10 y - menos de 100	10	No menos de 10

(Tomado de Sosa, 1981)

Quando el material éste almacenado en tanques, pipas (líquidos) o en carros de ferrocarril (granos), el muestreo se llevará a cabo durante el llenado o vaciado de estos y se tomarán veinte muestras a intervalos de tiempo.

La situación y dirección de las perforaciones debe hacerse contra las capas del material y no en sentido de las capas, el sitio de perforación debe elegirse al azar.

En el caso de líquidos el muestreo debe realizarse a di --



**Figura 6. Material per muestrear formando un cono.  
 El cono anterior se divide en cuatro partes.  
 1 y 4 se eliminarán.  
 Formación de un nuevo cono con 2 y 3.**

ferentes niveles.

Una vez obtenidos los núcleos que constituyen la muestra debe ser homogeneizada, ya sea en recipientes o sobre un papel extendido; después por medio de cuarteo se reducirá hasta obtener el tamaño adecuado para ser enviada al laboratorio.

Las muestras deben ser guardadas en recipientes herméticos a prueba de humedad y etiquetarse debidamente.

La identificación de la muestra es muy importante que sea la adecuada, ya que la etiqueta aparte de contener toda la información pertinente, debe tener un riesgo mínimo de extravío o de borrarse. Una forma práctica y segura de identificación, consiste en atar con alambre o hilo grueso etiquetas de cartoncillo a los recipientes que contienen las muestras.

Dependiendo del tipo de material se recomiendan diferentes tipos de conservación de la muestra; como son congelación, refrigeración, uso de antioxidantes, secado, etc..

Pasto y forraje se conservarán a 4°C durante 72 horas.

Ensilaje, se puede guardar añadiendo cloroformo o formol en solución al 2% para evitar crecimiento bacteriano, pudiendo almacenarse hasta tres días a una temperatura de 4°C, debiendo pesarse las muestras antes de ser preservadas.

El resto de los alimentos se pueden conservar en estado natural o en refrigeración (Boada, \_\_\_\_).

La forma correcta de cuartear una muestra, consiste en dividirla en cuatro partes iguales utilizando una lámina grande o bien los cuadrantes que para eso se fabrican. Una vez obtenidos los cuatro montículos, se descartan dos de ellos, los que están opuestos diagonalmente, los dos restantes se mezclan perfectamente y se vuelven a cuartear. Este procedimiento se repite -- cuantas veces sea necesario hasta obtener una muestra del tamaño adecuado para su envío al laboratorio, figura 6.

- Objetivo Específico No. 3: El alumno realizará el muestreo de granos apilados a granel y alimentos balanceados.

**Material:**

Muestreador cilíndrico dividido.

Bolsas de polietileno.

**Procedimiento:**

- 1.- Hacer un diagrama de la forma que presenta el material a muestrear.
- 2.- Indicar los lugares donde se muestreará.
- 3.- En cada punto introducir totalmente el muestreador, el cual estará cerrado.
- 4.- Abrirlo y golpear el mango para que el material pene - tre en las divisiones.
- 5.- Cerrarlo, sacarlo y vaciar su contenido en la bolsa de polietileno.
- 6.- Todos los núcleos tomados deberán ser no menos de vein - te y serán depositados en la misma bolsa -muestra gene - ral-.
- 7.- Si el material que se muestrea es homogéneo la muestra obtenida tendrá que ser reducida por el método de cuar - teo hasta obtener la cantidad requerida que por lo ge - neral es de 50 gr. aproximadamente.
- 8.- Si el material es heterogéneo o posee partículas gran - des, se molerá antes de efectuar el cuarteo o la homo - geneización.

Quando el material a muestrear se encuentra en sacos o cos - tales se realizará de la siguiente manera:

**Material:**

Lanza muestreadora, lanza muestreadora dividida o boquilla vertedora.

Bolsas de polietileno.

**Procedimiento:**

- 1.- En el lugar seleccionado para hacer la perforación se - corta la envoltura o capa superficial.
- 2.- La abertura debe ser lo suficientemente amplia para que el muestreador entre libremente sin que haya peligro - de contaminar la muestra con las fibras de la envoltura.

- 3.- Introducir el muestreador dentro del saco en forma diagonal.
- 4.- El número de núcleos se tomarán de acuerdo al plan de muestreo descrito antes.
- 5.- La muestra se reduce por el método de cuarteo.
- 6.- Homogeneizar la muestra y depositarla en una bolsa de polietileno, la muestra final debe ser aproximadamente de 50 gr.

- Objetivo Especifico No.4: El alumno realizará el muestreo de forraje ensilado.

**Material:**

Muestreador eléctrico.

Frascos de vidrio o botes con tapón de rosca.

**Procedimiento:**

La obtención de una muestra representativa del contenido total de un silo es sumamente difícil, ya que durante el llenado del silo hay partes que se compactaron mejor debido a mayor presión o mejor acomodo del material picado, provocando que la fermentación de una zona a otra sea diferente y por lo tanto su composición (Morrison, 1971; Serrano, 1983; Cullison, 1983).

- 1.- Extraer núcleos aislados de varios puntos.
- 2.- Si el muestreo se va realizando conforme se va destapando el silo, habra que tomar muestras de las diferentes capas eliminando unicamente la superior. De cada capa se debe tomar parte del centro y parte de la zona cercana a las paredes.
- 3.- Una vez tomada y homogeneizada la muestra debe colocarse rapidamente en un recipiente cerrado, ya que los ensilados contienen sustancias volátiles como alcoholes y acidos grasos.
- 4.- La muestra debe compactarse lo más que se pueda para conservar las condiciones de anaerobiosis y evitar cambios en el patron de fermentación y por ende en su composición (McDonald, 1979; DeAlba, 1983).
- 5.- Una vez empacadas las muestras de ensilado, deben con -

gelarse y permanecer en ese estado durante su transporte y hasta su análisis.

- **Objetivo Especifico No. 5:** El alumno realizará el muestreo de forraje seco (heno, paja, rastrojo).

**Material:**

Muestreador eléctrico.

Bolsas de polietileno.

**Procedimiento:**

- 1.- Indicar los lugares donde se muestreara.
- 2.- Introducir el muestreador en cada uno de los puntos -- prefijados.
- 3.- El número de núcleos por lo menos debe ser veinte.
- 4.- Si las partes de la planta son muy grandes, deberán -- cortarse con unas tijeras, de manera que no midan más de tres centímetros de longitud.
- 5.- Homogenizar la muestra y proceder a reducirla por el -- método de cuarteo.
- 6.- Introducir la muestra en una bolsa de polietileno hasta que se vaya a procesar en el laboratorio.

En caso de encontrarse el forraje seco en pacas el procedimiento será el siguiente:

- 1.- El número de núcleos deberá determinarse con el plan -- de muestreo descrito en la tabla No. I.
- 2.- Extraer una muestra general de cada paca.
- 3.- Depositar la porción extraída dentro de la bolsa de -- plástico.
- 4.- La muestra deberá molerse.
- 5.- Homogenizar y reducir a 50 gr. aproximadamente por el -- método de cuarteo.

- **Objetivo Especifico No. 6:** El alumno realizará el muestreo de forraje verde en el campo (pradera).

### **Material:**

Tijeras para pasto o guadaña.

Marco de metal o de madera de un metro de lado.

Bolsas de polietileno.

### **Procedimiento:**

- 1.- Hacer un diagrama con las dimensiones del terreno y dividirlo en cuadros del tamaño del marco.
- 2.- Se tomarán veinte núcleos como mínimo.
- 3.- La manera ideal de muestrear un potrero es en forma radial partiendo del centro, ya que muchas veces la formación geológica o la morfología de un terreno siguen patrones de bandas y la composición del suelo o su declive influyen para que haya diferencias en el desarrollo del forraje.
- 4.- El marco se arroja al azar en las direcciones radiales del potrero o se numeran las divisiones y se toman números aleatorios, registrando la cantidad de forraje que se obtuvo de cada núcleo para conocer el rendimiento por hectárea.
- 5.- Las plantas seleccionadas al azar deben cortarse de preferencia a la altura que son arrancadas por los animales al pastorear, cinco cm. del suelo.
- 6.- Se debe evitar seleccionar las muestras por tamaño u otra característica.
- 7.- Las plantas deben cortarse a un tamaño de tres cm. de longitud.
- 8.- La homogenización y la reducción de la muestra se hace por cuarteo.
- 9.- Cuando la muestra se ha subdividido hasta tener un kg. de materia fresca, se guarda en una bolsa de polietileno para su traslado al laboratorio.
- 10.- Si la muestra no va a procesarse de inmediato, deberá conservarse en congelación.

- Objetivo Específico No. 7: El alumno realizará el muestreo de ingredientes líquidos.

**Material:**

Muestreador para líquidos o muestreador de flujo continuo.  
Frascos de vidrio.

**Procedimiento:**

- 1.- Antes de tomar las muestras se requiere de un buen mezclado por medio de agitación o rodado de los recipientes que lo contengan.
- 2.- Introducir el muestreador a diferentes profundidades.
- 3.- El número de núcleos se tomara de acuerdo al plan de muestreo descrito anteriormente.
- 4.- La muestra general deberá vaciarse en un frasco de vidrio.
- 5.- Mantenerse en refrigeración hasta su procesamiento.

- Objetivo Específico No. 8: El alumno realizará el muestreo de heces y orina.

**Material:**

Jaulas de metabolismo o bolsas ahuladas con arnes.  
Envases de plástico.  
Sonda de Polley en caso de que sean hembras, para la recolección de orina.  
Solución de HCl al 25%.

**Procedimiento:**

- 1.- Empezar la recolección 48 hrs. después de iniciarse el periodo de investigación.
- 2.- Recoger y pesar el total de heces y orina cada 24 hrs.
- 3.- Remover los colectores diariamente a la misma hora y substituirlos por otros limpios.
- 4.- Tomar una muestra de heces de 200 gr. aproximadamente para determinar materia seca y realizar los análisis de laboratorio.
- 5.- El núcleo de orina de la muestra general debe ser del 2.5% para bovinos y 20% para ovinos. A ésta se debe agregar 150 ml. de una solución 1:4 de HCl a cada muestra diaria como preservador. Con la muestra de orina se realizara el balance de nitrógeno.

- 6.- La homogeneización puede realizarse por medios mecánicos o manuales, pero en forma rápida para evitar pérdidas de humedad.
- 7.- Las muestras de heces y orina deben mantenerse en congelación, en recipientes de cierre hermético, de preferencia de material plástico. Una parte debe conservarse en congelación hasta que todos los análisis se hayan completado y la otra debe ser analizada inmediatamente.

- Objetivo Específico No. 9: El alumno realizará el muestreo de líquido ruminal.

**Material:**

Animal rumiante que tenga una fístula ruminal permanente o se puede obtener el líquido ruminal por medio de una sonda esofágica.

Bomba de succión o jeringa de 50 ml.

Matraces.

Envases de vidrio.

**Procedimiento:**

- 1.- La obtención de las muestras se hace destapando la fístula y tomando el líquido directamente del interior del rumen o introduciendo una sonda esofágica hacia el rumen, según sea el caso.
- 2.- Para succionar el contenido ruminal nos valdremos de una bomba de succión o de una jeringa de 50 ml.
- 3.- Las porciones tomadas se conservarán y procesarán según el tipo de estudio que vaya a realizarse; análisis químico, análisis biológico, muestreo de forrajes que han sido ingeridos por el animal, pruebas de digestibilidad in vitro.
- 4.- Después de tomar una muestra general representativa -- mezclarla y homogeneizarla para separar una muestra final para el análisis, ésto se hace generalmente por el método de cuarteo.
- 5.- La porción final deberá conservarse en refrigeración.

## PRACTICA No. 3

### Elementos de Experimentación Agropecuaria.

- **Objetivo General:** Al finalizar la práctica el alumno comprenderá la importancia que tienen los métodos, diseño, planificación y técnica de la experimentación en producción pecuaria.

#### INTRODUCCION

Esta práctica se ha realizado con la idea de que sirva a -- quien, por tener tareas de investigación requiera, en un momento dado, de una guía para ese objeto, especialmente en el área pecuaria.

La investigación científica es el estudio y explicación de de las leyes en cada rama de la ciencia y esta puede ser teórica o experimental.

La experimentación comprueba en la práctica una hipótesis formulada sobre cualquier aspecto que interviene en la producción agropecuaria. Mediante la realización de experimentos de producción en el campo pecuario se lleva a cabo un enlace directo de la ciencia con la práctica y de este modo la ciencia influye y fecunda directamente en la producción. (Serrano, 1983)

La experimentación utiliza como instrumento fundamental la estadística, y mediante un criterio estadístico el experimentador prefija el índice de precisión con que trabajará. No basta con establecer el índice de precisión si los datos y resultados obtenidos no son veraces; por ello tendremos que tener en cuenta la veracidad en esencia y la verdad matemática (Méndez, 1978).

El diseño de experimentos y la teoría estadística facilitan los fundamentos para hacer las diferentes investigaciones que dan como resultado una mayor capacidad para comprender los diversos factores que influyen en la producción.

Los estadísticos llaman diseños experimentales a los experimentos de alimentación que se preparan de tal manera que permitan un análisis estadístico. Este término se aplica a métodos-

qué en esta práctica mencionaremos, existen ciertos diseños específicos con los cuales el estudiante debe estar familiarizado.

### **1.- Método para el Montaje de Experimentos de Campo Pecuarios**

Todo experimento consta de dos fases o periodos generales, con sus particularidades y objetivos específicos:

- A) Periodo Preliminar**
- B) Periodo Experimental**

**A) Periodo Preliminar:** Durante el periodo preliminar se -- mantienen los animales en igualdad de condiciones, ya que dicho periodo tiene objetivos específicos que son:

- Conocer las características del material experimental -- (los animales), su salud, el peso, comportamiento, producción, estado reproductivo, etcétera.
- Hacer una selección adecuada de los animales después de conocidas sus características, por lo que en este periodo se incluye un número mayor de animales que los necesarios para el experimento.
- Adaptar a los animales a las nuevas condiciones experimentales, para evitar estados de estrés que alteren los resultados del experimento.

**B) Periodo Experimental:** De acuerdo con las características del trabajo en el periodo experimental, los métodos para desarrollar la investigación en la rama pecuaria se agrupan como sigue:

- a) Método de Comparación por Grupos
- b) Método de Comparación por Periodos
- c) Método de Comparación por Grupos - Periodos

**a) Método de Comparación por Grupos.**

El método consiste en mantener los animales en un periodo preliminar, donde se seleccionan estos y se forman los grupos;

posteriormente, en el periodo experimental se somete a cada -- grupo de animales a una variante hasta la conclusión del experimento, uno de los grupos puede servir de control.

Este método puede emplearse en cualquier especie animal, -- además de facilitar la adaptación. Al someterse simultáneamente los diferentes grupos de animales a las variantes, las diferencias que existen en el orden individual por animal se manifiestan y pueden alterar los resultados en la comparación de -- las distintas variantes del experimento. Para disminuir ese -- efecto indeseable se aplican diferentes medidas:

- Selección de animales de la forma más homogénea.
- Aumentar el tamaño de la unidad experimental.
- Selección del diseño más indicado. (Méndez, 1983).

Grupo	Periodo Preliminar	Periodo Experimental
I	Condiciones Uniformes	Variante A
II	Condiciones Uniformes	Variante B
III	Condiciones Uniformes	Variante C
IV	Condiciones Uniformes	Variante D

**Figura 7. Método de Comparación por un Grupo**

Este método se aplica fundamentalmente en los diseños con Agrupamiento Totalmente al Azar, en el Bloque al Azar y en el Cuadrado Latino.

**i) Agrupamiento Totalmente al Azar.**

La utilización de este diseño se hace cuando los animales son suficientemente homogéneos, de modo que asegure una comparación válida entre las variantes o tratamientos; es decir, se agrupan los animales en las diferentes unidades experimentales **totalmente** al azar sin ningún criterio previo. Este tipo de -- agrupamiento tiene mucha aplicación en experimentos de laboratorio.

**ii) Bloque al Azar.**

Quando no existe la suficiente homogeneidad entre los animales que se someterán a las diferentes variantes, por presentar

diferencias en una característica individual, se utiliza el di seño bloque al azar.

Por ejemplo, si se trabaja con animales en producción de - leche siempre encontramos diferencias en cuanto a la producción y por tanto se requiere un tipo de agrupamiento de animales -- que garantice el máximo de homogeneidad entre los diferentes - grupos experimentales.

En el periodo preliminar, al estudiar a los animales se de tecta la característica que varía entre ellos, al formar los - grupos, primero se señalan los animales que presentan homoge - neidad con relación a esa característica, que varía entre to - dos.

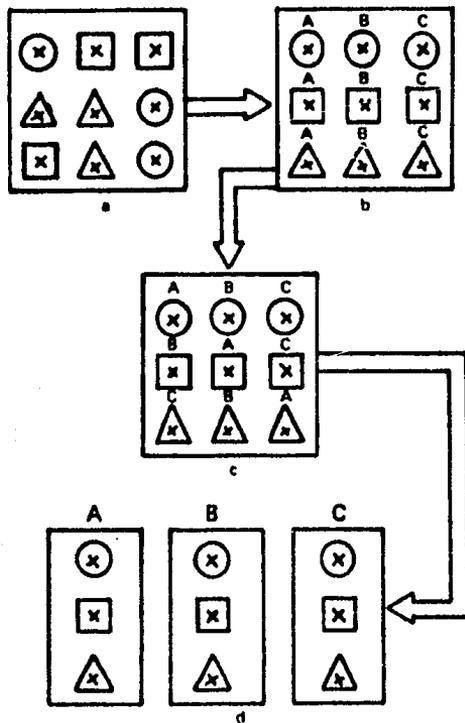
Posteriormente se forman los grupos de forma tal que cada - uno de ellos, esté constituido por animales que aunque posean - una característica que varía, garantiza que existe homogenei - dad entre los grupos (Martin, 1976; Méndez, 197<sup>o</sup>), figura 8.

### iii) Cuadrado Latino.

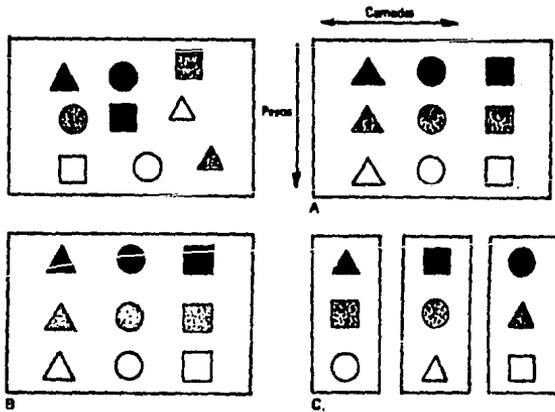
Este diseño se utiliza fundamentalmente cuando existen dos características que hacen que el material experimental no sea - homogéneo, por ejemplo: en un experimento con cabras, donde hay variaciones en cuanto a la producción de leche y el tiempo de - lactancia en los distintos animales.

Durante el periodo preliminar se estudian los animales y - se determina cual es la diferencia o variación de las caracte - rísticas individuales. Posteriormente se realiza una agrupa -- ción teniendo en cuenta las características que varían y, a -- partir de este agrupamiento, se hace una distribución aleatoria de las variantes y se forman los bloques siguiendo el princi - pio bidireccional de la distribución del cuadrado, el cual per - mitirá alcanzar un grado de homogeneidad entre los grupos de - animales que serán sometidos a las diferentes variantes.

Observe en la **figura 9** donde se representan los pasos a se guir para el agrupamiento de los animales en un experimento, -- donde se seleccionarán animales recién nacidos de diferentes - madres y peso corporal. En este caso hay dos características - diferentes, el peso de los animales y la camada de procedencia, (Martin, 1976; Maynard, 1981; Becerril, 1985).



**Figura 8. Diseño de Bloque al Azar**  
 En la figura se representan los animales con una cruz, y la característica que varía entre ellos, con una figura geométrica, que puede ser la producción de leche, el peso de los animales o cualquier otra. (Tomado de Serrano, 1983).



**Figura 9. Diseño Cuadrado Latino**

A. primer agrupamiento donde en una dirección (horizontal) aparecen los animales de una misma camada, y en la otra (vertical), los animales de peso semejante; B. se distribuyen las variantes tal que no se repitan en ninguna de las direcciones (animales de igual peso y de igual camada); C. en cada unidad experimental -- quedarán animales de diferentes camadas y diferentes pesos, pero lográndose homogeneidad entre ellas (Tomado de Serrano, 1983).

### b) Método de Comparación por Periodos.

Desde el punto de vista metodológico también se desarrollarán dos periodos; el preliminar y el experimental, con la diferencia de que se forma un solo grupo de animales. Acorde con la cantidad de variantes o tratamientos que se estudien, el periodo experimental estará dividido en varios subperiodos.

Se inicia sometiendo a los animales a las condiciones habituales de vida y posteriormente, en el periodo experimental, - el grupo de animales irá pasando bajo los efectos de las variantes del factor estudiado. Finalmente, los animales vuelven a las condiciones habituales de vida.

Tanto el periodo preliminar como el final, donde los animales se encuentran en condiciones ordinarias, constituyen una variante, la que se considera en la evaluación de los resultados.

Periodo Preliminar	Periodo Experimental	Periodo Final
El grupo de animales bajo condiciones habituales de vida	El grupo de animales bajo el efecto del factor estudiado	El grupo de animales bajo condiciones habituales de vida

Figura 10. Método de Comparación por Periodos

Este método se utiliza fundamentalmente en experimentos de poca duración y es recomendable y más conveniente para trabajar con animales adultos.

Mediante la formación de un solo grupo que pasa por todas las variantes, se elimina la influencia resultante de las diferencias entre las características individuales de los animales. Al pasar un solo grupo de animales en momentos diferentes por cada una de las variantes, el factor ambiente ejerce una influencia sobre el resultado de los experimentos, ya que si hay variaciones ambientales, de alimentación o a causa de la propia idiosincrasia animal, nos puede enmascarar el efecto del factor estudiado. Pueden existir efectos residuales de las variantes los que se contrarrestan dividiendo el periodo experimental

en dos subperiodos. No se pueden utilizar animales de desarrollo muy vertiginoso por las limitantes de pasar la unidad experimental por varios tratamientos y ser recomendado para experimentos de poca duración.

**c) Método de Comparación por Grupos Periodos.**

El método de comparación por grupos periodos no es más que la conjugación de los métodos anteriores, el cual surge como vía para eliminar las limitantes que se le señalan a ambos.

Durante el periodo preliminar se realiza el estudio de los animales y se seleccionan los que formarán parte del periodo experimental. El periodo experimental se subdivide en subperiodos, a través de los cuales los diferentes grupos de animales van pasando en secuencia por todas las variantes. Por ejemplo, si en un experimento quisiéramos estudiar el efecto de un factor con tres variantes (A, B, C), donde primeramente los grupos de animales formados se someten durante el periodo preliminar a condiciones ordinarias de vida, y posteriormente, cada grupo pasa bajo la influencia de cada variante, a la vez que en cada tiempo o periodo tienen lugar las tres variantes.

Grupo de Animales	Periodo Preliminar	Periodo Experimental		
		Subperiodo I	Subperiodo II	Subperiodo III
		I	Condiciones Ordinarias.	A
II	Condiciones Ordinarias.	B	C	A
III	Condiciones Ordinarias.	C	A	B

**Figura 11. Método de Comparación por Grupos Periodos.**

Este método tiene como ventaja el permitir eliminar la influencia de las características individuales de los animales, al pasar cada grupo por todas las variantes y también las motivadas por el factor ambiente, pues todas las variantes se encuentran en un mismo periodo simultáneamente. Otra ventaja del método es que se puede reducir el número de animales, ya que permite obtener más precisión al pasar cada grupo por todas --

las variantes. Como desventaja podemos encontrar efectos residuales, para reducir este efecto, se sugiere dividir los periodos en dos subperiodos: uno para adaptación y otro para el cálculo.

### 1) Diseño de Doble Cuadrado Latino.

Entre los diseños de método de comparación por grupos periodos tenemos el doble cuadrado latino. El esquema de este diseño se observa en la figura 12, correspondiente a un experimento donde se persigue determinar el efecto de mezclas de vitaminas y se estudian tres proporciones diferentes (A, B, C).

Animales	Periodo Preliminar	Periodo Experimental		
		Subperiodo I	Subperiodo II	Subperiodo III
			I	II
1	Condiciones Ordinarias.	A	B	C
2	Condiciones Ordinarias.	B	C	A
3	Condiciones Ordinarias.	C	A	B
4	Condiciones Ordinarias.	A	C	B
5	Condiciones Ordinarias.	B	A	C
6	Condiciones Ordinarias.	C	B	A

Figura 12. Diseño de Doble Cuadrado Latino

Durante el periodo de experimentación se someten los animales a un periodo para asegurar la máxima homogeneidad. El periodo experimental se divide en subperiodos.

Este método permite trabajar con un número de animales relativamente menor, sin afectar la precisión. Se elimina la influencia del factor ambiental con los resultados.

En los métodos estudiados para la experimentación con animales hay que tener en cuenta que los métodos de comparación por periodos y de grupos periodos, al hacerse en corto tiempo, no se puede aplicar cabalmente la exigencia de tipicidad (condiciones climáticas, zootécnicas; manejo, alimentación, animales representativos de su raza y de la categoría de desarrollo o producción, efecto del comportamiento de estos como resultado

de la asociación), lo que hace que no se adapten a todos los objetivos y que en circunstancias determinadas sus resultados no pueden aplicarse en la producción. Esta problemática obliga más bien a realizar estos métodos en las etapas primarias de una investigación, teniendo más aplicación en línea general el método de comparación por grupos en los experimentos de campo.

## **2.- Organización y Planificación de los Experimentos**

### **A.- Fases en el Proceso de Investigación**

La producción en su desarrollo constante genera interrogantes y pone de manifiesto diferentes y numerosas limitantes para este desarrollo, de donde surgen los problemas de investigación (figura 13).

Definidos los problemas, al llegar a los investigadores, el primer paso es la **revisión bibliográfica**, que permite actualizar los conocimientos acumulados al respecto del problema y definir cuales son las cuestiones que han de investigarse.

Como segundo paso se entra en la fase de **planificación del trabajo**, en la que se determinan los restantes pasos de la investigación y se elabora el **protocolo o proyecto**, además se selecciona el material experimental, el lugar y se crean las condiciones necesarias.

A continuación, como tercer paso se llega a la **ejecución experimental**. El cuarto paso consiste en la **organización de la información, ordenamiento de los datos y procesamiento estadístico** de estos. Realizado el análisis matemático, se hace el **análisis de los resultados**, desde diferentes puntos de vista, es decir, biológico, agronómico o zootécnico y económico, constituyendo este el quinto paso.

En el sexto paso se elaboran las **conclusiones y el informe final** correspondiente. En este informe se hacen las recomendaciones pertinentes, ya sea para nuevos experimentos o para la aplicación de los resultados.

Por último, en el **séptimo paso**, se realiza el **experimento**-

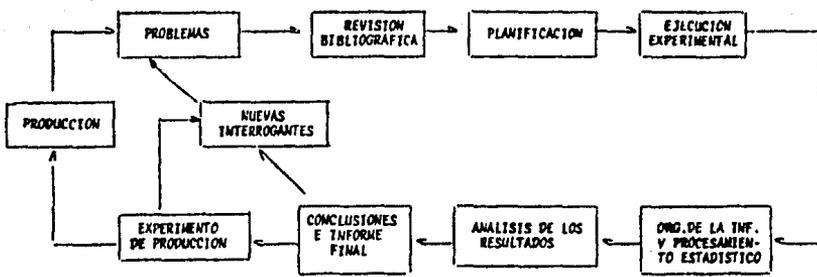


FIGURA 13  
PASOS EN EL PROCESO DE INVESTIGACION

de producción, donde en condiciones semejantes y típicas se -- aplican los resultados obtenidos y se estudia el comportamiento de lo investigado, con el objetivo de completar o reafirmar las conclusiones para la aplicación en las condiciones concretas de producción (Méndez, 1975; Esquivel, 1981; Gutiérrez, -- 1983; García, 1984).

Durante el periodo de planificación, fundamentalmente se -- hacen las siguientes tareas:

- 1) Elaboración del proyecto experimental o protocolo
- ii) Selección del material experimental y de las condiciones adecuadas para el desarrollo del experimento.
- iii) Elaboración del plan de trabajo
- iv) Elaboración del libro de registro.

**1) Elaboración del protocolo o proyecto experimental**

El protocolo o proyecto experimental no es más que un plan general, donde se recogen las principales actividades que constituyen el experimento, con sus respectivos argumentos e razones y por el cual se realiza el trabajo experimental. Los aspectos que deben aparecer en todo proyecto son los que a continuación se relacionan.

- **Título:** Debe expresar claramente la esencia de la investigación.

- **Responsable de la Ejecución:** Con este título se señala -- el nombre del responsable de la ejecución del experimento.

**Unidad responsable:** El centro o dependencia donde se realiza el experimento y el organismo o institución que responde por el trabajo experimental.

- **Argumentos:** Es la descripción breve que se hace de los -- estudios realizados y relacionados con el tema de la investigación, los resultados obtenidos y las conclusiones a las que se ha llegado.

- **Bibliografía:** Se relacionara toda la literatura revisada.

- **Objetivos:** Son aquellas metas que se pretenden alcanzarlos que deben quedar bien definidos y expuestos con claridad.
- **Diseño experimental;** En este aspecto se señala el diseño por el cual se realizará el experimento y los elementos que lo constituyen.
- **Plan de trabajo:** Incluire el método de trabajo, las actividades principales enmarcadas en fecha de cumplimiento, las mediciones que tendrán lugar, así como las características del material experimental.
- **Recursos necesarios:** Se relacionarán los medios indispensables con sus costos respectivos, así como los recursos humanos para la ejecución del experimento.
- **Localización:** Se hará referencia al lugar de ubicación de la unidad o centro donde se desarrollará el experimento.

**ii) Selección del material experimental y de las condiciones adecuadas para el desarrollo del experimento**

Entre otras cosas, hay que tener en cuenta fundamentalmente el objetivo del experimento y la exigencia de tipicidad. En los experimentos con animales, al seleccionar y agrupar a estos, se tendrá que garantizar, como primer aspecto, su homogeneidad, la que debe ser y estar en dependencia del método de montaje y objetivo del experimento. A veces es preciso seleccionar animales lo más similares posible unos de otros en cuanto a sus cualidades y características, ya que es importante lograr homogeneidad tanto entre grupos como dentro del grupo. Esto es aplicable generalmente en experimentos donde se estudie el efecto de factores externos, por ejemplo, en trabajos de nutrición.

En otras ocasiones lo más importante es lograr homogeneidad entre grupos, pues el tipo de experimento o su objetivo requiere fundamentalmente que entre los grupos o unidades experimentales se reúnan en su conjunto características iguales.

Además debe tenerse en cuenta que los animales que se seleccionaron reúnan las características de la especie, raza y categoría de aquellos en que se aplicarán los resultados del experimento.

La selección de los animales debe hacerse siguiendo criterios zootécnicos en cuanto al tipo y desarrollo del animal. Los animales seleccionados no se desviarán de la media de la raza en cuanto sus características, también deben gozar de buena salud y de constitución vigorosa y fuerte. Sus pesos y producciones serán representativos de la raza, categoría y edad.

### iii) Elaboración del Plan de Trabajo

Es necesario confeccionar un plan de trabajo detallado con todas las actividades que se realizarán durante el periodo en que tendrá lugar dicho experimento. Este plan deberá ser elaborado por el técnico responsable de la ejecución, revisado y aprobado por el investigador. Un requisito obligatorio para garantizar la calidad del trabajo, es el cumplimiento del plan sin alteraciones ni cambios en la programación establecida.

### iv) Preparación del Libro de Registro

El libro de registro es el cuaderno que se utiliza para hacer todas las anotaciones pertinentes que reflejen las principales observaciones y mediciones, así como cualquier alteración o variación que tenga lugar durante el desarrollo del experimento (García, 1984).

En todo libro de registro debe incluirse lo que a continuación se señala:

- Título del experimento
- Responsable del trabajo
- Diseño experimental
- Cumplimiento de las actividades planificadas en el plan de trabajo, enmarcándolas en fecha y realizando las anotaciones pertinentes si fuera necesario.
- Observaciones y mediciones que se realizan en el experimento
- Mediciones de los factores climáticos
- Observaciones

Con el objeto de aclarar mejor los aspectos tratados en -- cuando a la planificación de los experimentos, a continuación-- mostraremos ejemplos de protocolo y plan de trabajo.

**- Título.**

Estudio comparativo en rasgos de crecimiento y canales - de tres razas de carne en animales enteros y castrados.

**- Responsable de la Ejecución.**

Miguelina Fernández Bonilla

**- Unidad Responsable.**

Departamento de Genética, Instituto de Ciencia Animal.

**- Argumentos.**

Es práctica habitual, en la ceba de animales, la castra- ción de aquellos que no se requieren para la reproduc -- ción. Esto se hace sobre la base, fundamentalmente, de - que hay mayor deposición de grasa y una mayor calidad de la canal en lo que se refiere a textura y sabor.

También se argumenta que los animales castrados son más- dociles y además pueden mantenerse junto a las novillas, lo que facilita su manejo. Sin embargo, existen eviden - cias de que los toros presentan un crecimiento más rápi- do y una mejor eficiencia alimenticia que las novillas - (Nichols y colaboradores, 1964; Forbes y colaboradores,- 1966; Preston y colaboradores, 1968).

Además de estos aspectos de crecimiento, se ha reportado que las canales de los animales enteros son más magras - que las canales de los animales castrados y tienen mayor proporción de carne comestible de primera calidad (Mel - ton y colaboradores, 1967).

En lo que respecta al rendimiento de la canal, se ha re- portado un menor rendimiento en toros a causa de un mayor peso de la piel y menor adiposidad (Nichols y colaborado - res). Sin embargo, Preston y colaboradores (1968) no en- contraron diferencias en rendimiento cuando los animales se sacrificaron al mismo peso vivo, pero cuando el sa -- crificio se realizó a igual edad, hubo mayor

rendimiento en los animales enteros que tenían mayor peso. Bedart y colaboradores (1967) mostraron que los toros consumieron 4.57 Mcal. y los novillos 8.32 Mcal. de energía digestible por cada kilogramo de carne comestible, Riggs y colaboradores (1967) plantearon que los toros producen con mayor eficiencia económica que los novillos. Esto es lógico si consideramos que la deposición de grasa es mucho más temprana en los novillos que en los toros y esta es mucho más costosa de producir desde el punto de vista energético, lo que podría encarecer este tipo de producción. Estos resultados se han obtenido en países templados al utilizar dietas altas en energía.

Se desconoce información u otro tipo de dieta en condiciones tropicales y subtropicales.

Es práctica común la castración de los animales que son enviados a cebadero comercial. El estudio de la evaluación económica de este sistema de ceba es la fundamentación de la presente investigación.

#### - Bibliografía.

BIDAT et al, 1967: "Comparative energy use by bulls and steers", en J. Animal Sci. No. 26 1463 abs. Gran Bretaña.

FORBES et al, 1967: "Beef production from bulls and steers. The utilization of experimental high concentrate diets", en revista Review Agricultura Research. No. 15 - (2), p. 115, Gran Bretaña.

MELTON et al, 1967: "Beef bull performance and secondary sex characteristics", en J. Anim. Sci. No. 26, p. 244. - Gran Bretaña.

NICHOLS et al, 1964: "Production and carcass characteristics of Holstein Freisian bulls and steers slaughtered at 800 or 1000 lb.", en J. Dairy Sci. No. 47, p. 179, -- USA.

PRESTON et al, 1968: "The effect of castration on growth feed conversion and carcass quality of Freisian male cattle given all concentrate diets", en Cub. Cien. Agric.

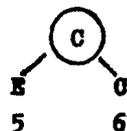
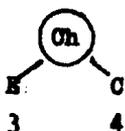
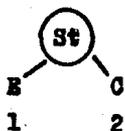
- **Objetivos.**

Estudiar la comparación de los rasgos de crecimiento, rendimiento, proporciones de la canal y eficiencia económica en la ceba de animales enteros y castrados de diferentes razas.

- **Diseño Experimental.**

A) **Variantes;** El experimento consistirá en un estudio multifactorial en el cual se analizan dos factores, tres y dos niveles respectivamente, y por tanto, seis variantes:

FACTOR	NIVELES
Raza	St: Santa Gertrudis Ch: Charolais C: Cebú
Tipo de Animal	E: Enteros G: Castrados



B) **Unidad Experimental;** Estará compuesta por diez elementos, los cuales se alojarán en cuartos de piso ranurado.

C) **Réplicas;** Cada variante estará representada en tres -- unidades experimentales, lo que hace que el total de animales sea treinta.

D) **Método;** Se utilizará el de comparación por grupos para su montaje; la formación de los grupos se llevará a cabo siguiendo un agrupamiento en Bloques al azar, acorde con el peso inicial de los animales.

- **Plan de Trabajo.**

Se hará una primera selección de 70 animales de cada una de las razas motivo de estudio, procedentes de plantas de

producción con un régimen de manejo similar y un peso -- aproximado de 120 Kg., periodo preliminar. Los animales-- serán alojados en cuartos y durante 15 días serán ali-- mentados a base de dieta de miel, 2% de urea y forraje - restringido con suplemento proteico.

En esta etapa se hará un control del estado de salud de-- los animales y al final se realizara un pesaje de cada-- uno. Utilizando como índices el peso de los animales y - el estado de salud, se seleccionarán de cada raza los de mayor homogeneidad para constituir los grupos experimen-- tales.

Una vez distribuidos los animales se procede a castrar - los. El periodo experimental se extenderá hasta el momen-- to en que el promedio de peso de cada unidad experimental alcance los 450 Kg.. Durante dicho periodo, los animales-- serán alimentados con forraje a libre acceso, un suplemen-- to proteico acorde con el peso en diferentes etapas. Ade-- más se le suministrará miel a razón de tres veces la can-- tidad del requerimiento proteico.

El suplemento proteico estará constituido por:

Componentes	%	% de proteína
H. de girasol	62.80	27.00
Miel final	16.00	0.46
Urea	10.40	29.90
Sulfato de amonio	1.80	2.40
Vitamina AD/1	1.00	0.02
Minerales M/6	1.00	0.02
Cáscara de arroz	7.00	0.20
	100.00	60.00

Evaluaciones o mediciones que se han de realizar:

<u>Medición</u>	<u>Periodicidad</u>	<u>Responsabilidad</u>
Peso Inicial	---	Dpto. Genética
Peso Individual	Mensual	Dpto. Genética
Consumo de Alimento	Semanal	Dpto. Genética
Sacrificio	Fin Experimento	Dpto. Genética y
Medidas de la Canal	Fin Experimento	el de Carne

**- Recursos Necesarios.**

1 NVZ		
1 Técnico medio		
1 Obrero calificado		
Animales	180	\$ 6200.00
Forraje	2600 t	\$ 13000.00
Salario	---	\$ 1692.00
Suplemento	69.5 t	\$ 6944.00
Miel	260 t	\$ 2106.00

(Kaldman, 1983)

**- Localización.**

Cebadero "Aguirre", Instituto de Ciencia Animal, Municipal San José, Provincia la Habana.

**PLAN DE TRABAJO DEL EXPERIMENTO CON ANIMALES**

A continuación se muestra, a modo de ejemplo, el plan de trabajo del protocolo de estudio comparativo en rangos de crecimiento en tres razas de carne de animales enteros y castrados.

<u>Actividad</u>	<u>Fecha de Cumplimiento</u>	<u>Resp.</u>
Selección de los animales en las unidades de producción	1 - 15 de nov.	
Período preliminar	16 - 30 de nov.	
Pesaje de animales	30 de nov.	
Formación de los grupos	30 de nov.	
Castración de los animales	1 de dic.	

Continuación.

Actividad	Fecha de Cumplimiento	Resp.
Período experimental	2 de dic. hasta el peso de sacrificio	
Suministro de la dieta	Diariamente	
Pesaje individual	Mensualmente	
Medición del consumo de alimentos	Semanal (todos los sábados)	
Sacrificio	Al llegar a los 450 kg	
Análisis de la canal		

- Libro de Registro.

A continuación damos algunos ejemplos de las anotaciones - que deben hacerse en el libro de registro.

Control de Pesaje.

Réplica: \_\_\_\_\_ Variante: \_\_\_\_\_

Animal	Peso Inicial	Peso 1 <sup>o</sup> mes	Peso 2 <sup>o</sup> mes	Peso 3 <sup>o</sup> mes
1				
2				
3				
4				
.				
.				

Control de Consumo de Alimentos.

Variante 1	Semana 1	Semana 2
Replica I		
Replica II		
Replica III		

### 3.- Algunas Consideraciones sobre la Técnica del Experimento de Campo Pecuario

En este tipo de experimentos se debe proporcionar a los animales las condiciones adecuadas y la selección adecuada del lugar donde se desarrollará el experimento.

Este lugar debe primeramente cumplir el principio de tividad y segundo reunir las condiciones necesarias para un buen desarrollo de los animales, en cuanto a higiene, amplitud, ventilación e iluminación. El régimen de trabajo con los animales debe caracterizarse por el extremo cuidado y atención a estos. Se velará por el cumplimiento estricto de la metodología propuesta y por su estado de salud, ya que las alteraciones producidas por la aparición de una enfermedad pueden llevar al fracaso del experimento.

En todo experimento con animales existe un periodo preliminar, donde la atención que se les da en cuanto a manejo es por igual a todos y con un régimen similar a las condiciones ordinarias de explotación, además de lo planteado, en este periodo se suelen adaptar los animales a los regímenes de alimentación del periodo experimental.

En los experimentos de nutrición, en muchos casos, es necesario calcular y controlar la nutrición individual, para lo cual se mantiene en un control a cada animal.

En muchos casos, el control de la alimentación individual y su cálculo exacto permiten obtener los datos necesarios para valorar los resultados; en otros experimentos donde se someten los grupos de animales a dietas determinadas, no es necesario el cálculo individual pero sí por grupo, lo que deja claro que **este estará en dependencia del objetivo y procedimiento del experimento.**

El investigador, antes de iniciar el experimento, debe contar con todos los elementos necesarios para el desarrollo del mismo, evitando así que en el transcurso del experimento tenga que variar la alimentación o algún componente de la dieta, si el experimento es de larga duración se cuidará de que el tipo de nutrición no varíe.

#### 4.- Experimentos en la Producción

Como paso culminante de una investigación o grupo de investigaciones, tenemos los experimentos de producción, antes de introducir los resultados o descubrimientos del trabajo experimental a la escala de producción, es necesario realizar dichos experimentos. El experimento en la producción es aquel que tiene como objetivo fundamental establecer el vínculo necesario entre el trabajo experimental y la producción.

Numerosos son los factores que ejercen influencia en la vida animal y vegetal, factores que pueden ser controlados en un experimento de campo y que en condiciones de explotación sería imposible su control. Esto último puede hacer variar las manifestaciones del organismo y, por ende, no ser factible la generalización de los resultados obtenidos a escala experimental.

El montaje y ejecución del experimento de producción se realiza bajo los mismos principios que el experimento de campo, de igual forma se trabaja en las propias condiciones de producción, con los mismos animales, organización y manejo.

##### - Tareas en los Experimentos de Producción

- A) Determinar la efectividad y el valor de los descubrimientos científicos zootécnicos propuestos por las instituciones investigadoras.
- B) Introducción, investigación y establecimiento de nuevas razas de animales domésticos, en las condiciones de producción existentes en las regiones del país; es decir, la realización de experimentos comparativos.
- C) Investigaciones sobre problemas independientes y nuevos surtidos en la misma producción en la rama pecuaria, y el establecimiento de métodos más modernos y perfeccionados para su resolución.

Cada actividad que se ha de realizar debe hacerse de forma consciente, conociendo el porqué de cada labor y de las exigencias correspondientes, de tal forma que logre un trabajo confiable. (Serrano, 1983).

## 5.- Aplicación de los Métodos Estadísticos en el Análisis de los Resultados Experimentales

La utilización de los métodos estadísticos en el análisis de los resultados experimentales constituye un aspecto de suma importancia en la búsqueda y obtención de resultados exitosos, confiables y precisos en el trabajo de investigación.

En la práctica ello nos ayuda a organizar y adecuar la presentación de los resultados al tiempo que nos permite valorar la magnitud de los errores cometidos y establecer por ello la veracidad de los resultados desde el punto de vista matemático, se obtienen los parámetros básicos para la adecuada interpretación de los resultados obtenidos y sobre la base de ellos la elaboración de las conclusiones de los experimentos (Martín, - 1976; Palacios, 1979; Maynard, 1981).

Esta fase final en función de la cual se elaboran las conclusiones de todo el trabajo está compuesta de cuatro momentos o pasos fundamentales

- A) Organización y Preparación de los Datos
- B) Análisis Estadístico de los Datos
- C) Elaboración del Resumen del Análisis Estadístico
- D) Interpretación de los Resultados. Conclusiones.

Veamos la aplicación de un análisis estadístico en un caso concreto de un experimento con animales.

Se trata de un experimento en el cual se compararon diferentes dietas para pollos de engorda variándose en ellas el -- el contenido de polvo de arroz con el objetivo de sustituir con él los cereales; 0, 10, 20 hasta 30% de polvo de arroz.

Estas cuatro dietas fueron probadas en el experimento utilizando 120 animales de un día de nacidos de la raza Plymouth-Rock, los cuales fueron distribuidos según un diseño totalmente al azar en cuatro grupos (uno por cada dieta); formándose - unidades experimentales de 10 animales cada una, en tres replicas para cada variante, prolongándose el experimento hasta las

nueve semanas de vida de los animales.

El experimento lo podríamos esquematizar de la siguiente forma.

Variante	Unidades Experimentales			Total de Animales per Grupo
0% polve de arroz ( $T_0$ )	10	10	10	30
10% polve de arroz ( $T_{10}$ )	10	10	10	30
20% polve de arroz ( $T_{20}$ )	10	10	10	30
30% polve de arroz ( $T_{30}$ )	10	10	10	30
Total de animales = 120				

Figura 14. Resumen del Experimento

#### A) Organización y Preparación de los Datos

Como primer paso del análisis de resultados, se conforma una tabla que reúna las características que se indican en éste ejemplo (figura 15), en éste caso aparecen los datos correspondientes al peso vivo de los animales a las 9 semanas de vida, ya que ésta es la medida que procederemos a analizar.

Variante	Unidades Experimentales			Total	Media
$T_0$	1.3	1.4	1.5	4.2	1.40
$T_{10}$	1.4	1.2	1.4	4.0	1.33
$T_{20}$	1.4	1.3	1.3	4.0	1.33
$T_{30}$	1.3	1.5	1.3	4.1	1.36
Total general = 16.3					

Figura 15. Datos Correspondientes al Peso Vivo de los Animales a las 9 Semanas de Vida

A partir de los datos preparados se lleva a cabo el análisis de los resultados, el cual se basa en un análisis de varianza (prueba de F, Fisher) de clasificación simple, o sea, en el cual la varianza total se descompone en el efecto a causa

de las variantes y el error experimental (Hurley, 1981).

### B) Análisis Estadístico de los Datos

En función de las causas de variación señaladas para el análisis pasaremos en primer lugar a calcular los valores correspondientes a las sumas de cuadrados.

-Sumas de Cuadrados (SC).

$$\begin{aligned} \text{Total} &= (1.3)^2 + (1.4)^2 + \dots + (1.3)^2 + (1.5)^2 - (16.3)^2/12 \\ &= 22.33 - 22.14 = 0.09 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Variantes} &= \frac{(4.2)^2}{3} + \frac{(4.0)^2}{3} + \frac{(4.0)^2}{3} + \frac{(4.1)^2}{3} - \frac{(16.3)^2}{12} \\ &= 22.15 - 22.14 = 0.01 \end{aligned}$$

$$\text{Error} = SC_{\text{Total}} - SC_{\text{Variantes}} = 0.09 - 0.01 = 0.08$$

- Grados de Libertad (gl).

$$\text{Total} = n - 1 = 12 - 1 = 11$$

$$\text{Variantes} = v - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$\text{Error} = (n - 1) - (v - 1) = 11 - 3 = 8$$

A partir de lo anterior, es posible calcular los correspondientes valores de la varianza o cuadrado medio para las variantes y el error por medio de.

$$CM_{\text{variante}} = \frac{SC_{\text{variante}}}{gl_{\text{variante}}} = \frac{0.01}{3} = 0.003$$

$$CM_{\text{error}} = \frac{SC_{\text{error}}}{gl_{\text{error}}} = \frac{0.08}{8} = 0.01$$

Y en función de estos datos es posible calcular el correspondiente valor de F; a partir de la relación entre las varianzas previamente calculadas.

$$F_{\text{cal}} = \frac{CM_{\text{variante}}}{CM_{\text{error}}} = \frac{0.003}{0.01} = 0.3$$

Todos los datos ya previamente calculados pueden resumirse en una tabla general de análisis de varianza en la cual aparecerán además, los valores tabulados de F que han de compararse con el valor de F previamente calculado para establecer la significación de la hipótesis estadística (figura 16), en la cual ha de cumplirse lo siguiente.

$$\begin{array}{l}
 F \text{ cal} > F \text{ tab} \quad \text{significativo} \quad 0.05 \quad 0.01 \\
 F \text{ cal} < F \text{ tab} \quad \text{no significativo} \quad (N.S.)
 \end{array}$$

Los valores tabulados de F corresponderán con la F en los grados de libertad de variantes y error, o sea, 3 y 8 respectivamente.

Fuentes de Variación	Sumas de Cuadrado	gl	Cuadrado Medio	F cal	F tab	
					0.05	0.01
Total	0.09	11	—			
Variantes	0.01	3	0.003	0.3 N.S	4.07	7.59
Error	0.08	8	0.01			

Figura 16. Análisis de Varianza y la significación de la hipótesis estadística de la diferencia de F cal -- con F tab.

A partir de estos resultados es posible concluir que no -- existen diferencias significativas entre las variantes estudiadas.

En este caso, el resultar la F calculada no significativa, el análisis estadístico concluirá aquí.

En caso de que resultara significativo el valor de F calculada para las variantes, será necesario establecer entre cuáles de las medias comparadas existen diferencias.

Para ello se aplica el cálculo de la MENOR DIFERENCIA SIGNIFICATIVA (MDS) según la fórmula:

$$\text{MDS} = t \quad 0.05 \quad g_{1 \text{ error}} \quad \sqrt{2 \frac{\text{CM}_{\text{error}}}{\text{No. de réplicas}}}$$

Este valor calculado (MDS) serviría para comparar las diferencias entre las medias; y siempre que una diferencia entre dos medias comparadas fuese mayor que la MDS estas diferencias resultarían significativas y viceversa, o sea:

$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 > \text{MDS}$  significativa y;

$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 < \text{MDS}$  no significativa

#### C) Elaboración del Resumen del Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos se resumen en una tabla donde además se presenta la significación de la prueba F de la forma siguiente:

Variante	Peso vivo 9 sem. (kg) $\bar{x}$
T <sub>0</sub>	1.40
T <sub>10</sub>	1.33
T <sub>20</sub>	1.33
T <sub>30</sub>	1.36
Significación	N.S.

#### D) Interpretación de los Resultados. Conclusiones

Según los resultados obtenidos se aprecia que ni existe influencia sobre el peso final a las 9 semanas, como consecuencia de la influencia de las diferentes dietas comparadas. Esto nos indica que sería posible sustituir hasta un 30% de los cereales por polvo de arroz en la dieta de los pellos de engorda -- sin afectar el peso vivo a las 9 semanas.

Ahora trataremos dos técnicas de diseño experimental (análisis estadístico), diseño completamente al azar y pruebas a posteriori; diferencia mínima significativa y prueba de Tuckey, en aplicación a un caso concreto de determinación de glucosa en sangre.

Existen otras técnicas de análisis estadístico, entre las que tenemos las siguientes: contrastes lineales entre medias - con T de Student, regresión y correlación lineal múltiple, regresión y correlación no lineal, las cuales considero que es importante conocer, pero debido a que ocuparían bastante espacio en este manual y el objetivo principal no es el estudio de estas técnicas, no se profundizará en ellas por lo que se recomienda la lectura del libro *Técnicas de Diseño Experimental* de D. Hurley.

#### A) Diseño Completamente al Azar

##### Descripción.

El diseño completamente aleatorizado es aquel en el cual los tratamientos son asignados en forma aleatoria a las unidades experimentales, siendo la generalización para más de dos medias de la prueba t para la comparación de medias de muestras independientes.

Como la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales es en forma aleatoria, este diseño presupone unidades experimentales homogéneas.

##### Análisis Estadístico.

Para realizar el análisis estadístico de un diseño completamente al azar, es decir para probar la  $H_0: M_1 = M_2 = \dots = M_t$  contra la  $H_1$ : no todas las medias son iguales, se tendrá que realizar un Análisis de Varianza (ANOVA) con el fin de descomponer la varianza total, en una parte debida a los distintos tratamientos y en otra parte debida al error experimental.

A continuación se presenta la forma de obtener dicho análisis:

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	$F_c$
Tratamiento	$t - 1$	$SCTR = \sum_{i=1}^t x_i^2 / r - C$	$CMTR = \frac{SCTR}{(t-1)}$	$\frac{CMTR}{CMER}$
Error	$t(r-1)$	$SCER = SCTL - SCTR$	$CMER = \frac{SCER}{(t(r-1))}$	
Total	$r \cdot t - 1$	$SCTL = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r x_{ij}^2 - C$		

Figura 17. Tabla de ANOVA para el Diseño Completamente al Azar (case balanceado:  $r_1 = r_2 = \dots = r_t$ ).

donde:  $t$  número de tratamientos  
 $r$  número de repeticiones per tratamiento  
 $G = x \dots$  gran total  $G = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r x_{ij}$   
 $C$  factor de corrección  $C = G^2 / (r \cdot t)$   
 $x_i$  total del  $i$ -ésimo tratamiento

Regla de Decisión = Si  $F_c$  es mayor que  $F_t$  rechazar  $H_0$

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	$F_c$
Tratamientos	$t - 1$	$SCTR = \sum_{i=1}^t x_i^2 / r_i - C$	$CMTR = \frac{SCTR}{(t-1)}$	$\frac{CMTR}{CMER}$
Error	$N - t$	$SCER = SCTL - SCTR$	$CMER = \frac{SCER}{(N-t)}$	
Total	$N - 1$	$SCTL = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r x_{ij}^2 - C$		

Figura 18. Tabla de ANOVA para el Diseño Completamente al Azar (case desbalanceado, el número de replicasiones no es el mismo para cada tratamiento)

donde:  $r_i$  número de repeticiones en el  $i$ -ésimo tratamiento

$N$  tamaño total de todas las muestras  $N = \sum_{i=1}^t r_i$

$C$  factor de corrección  $C = \frac{x^2}{N} = \frac{G^2}{N}$

### Ventajas.

- 1.- Puede usarse cualquier número de tratamientos y repeticiones y se puede variar el número de repeticiones de un tratamiento a otro (permite gran flexibilidad).
- 2.- El Análisis Estadístico es sencillo, aún si el número de repeticiones no es el mismo para cada tratamiento.
- 3.- El Análisis Estadístico es sencillo aún cuando los datos de algunas de las unidades experimentales o algunos tratamientos completos se hayan perdido o se rechacen por alguna causa.
- 4.- Es el diseño que se basa en más grados de libertad para la estimación del Cuadrado Medio del error.

### Desventajas.

- 1.- Para usar este diseño se necesitan unidades experimentales muy homogéneas, porque de otra manera la variación entre ellas pasa a formar parte del error experimental.

### Ejemplo.

Se hicieron determinaciones de la glucosa en la sangre de diez ejemplares de cada una de cinco razas de un cierto tipo de animal experimental. Los resultados fueron los siguientes:

RAZAS

A	B	C	D	E
124	111	117	104	142
116	101	142	128	139
101	130	121	130	133
118	108	123	103	120
118	127	121	121	127
120	129	148	119	149
110	122	141	106	150
127	103	122	107	149
106	122	139	107	120
130	127	125	115	116

¿ Apertan estos datos evidencia suficiente para indicar — una diferencia en el nivel promedio de glucosa sanguínea entre razas? Use  $\alpha = 5\%$ .

Solución.

Para probar la  $H_0 : \mu_A = \mu_B = \mu_C = \mu_D = \mu_E$ , se desarrolla la tabla de ANOVA, empezando con.

RAZA	A	B	C	D	E
$x_i$	1170	1180	1299	1140	1345
$\bar{x}_i$	117.0	118.0	129.0	114.0	134.5

$$x^{**} = G = 6.134$$

El ANOVA se desarrolla como sigue:

- 1° Calcúlese el factor de corrección C elevando al cuadrado la suma de los totales de los tratamientos G y dividiéndole por el número total de observaciones.

$$C = G^2 / (r \cdot t) = (6.134)^2 / (5 \cdot 10) = 752,519.12$$

- 2° Súmense los cuadrados de cada una de las observaciones, restándole el factor de corrección C. A esto se le denomina suma de cuadrados total.

$$SCTL = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{10} x_{ij}^2 - C =$$

$$(124)^2 + (116)^2 + \dots + (116)^2 - 752,519.12$$

$$= 8,698.88$$

- 3° Súmese los cuadrados de cada uno de los totales de los tratamientos  $x_1$ , divídase por el número de repeticiones  $r$  y réstese el factor de corrección. A ésto se le llama la Suma de Cuadrados de Tratamientos.

$$SCTR = \sum_{i=1}^5 x_i^2 / r - C$$

$$= (1,170)^2 + (1,180)^2 + \dots + (1,345)^2 / 10$$

$$- 752,519.12 = 3,213.48$$

- 4° Réstese la Suma de Cuadrados Totales SCTL y resultará - la Suma de Cuadrados debido al Error, SCER, que en este caso es una medida de la variación entre los niveles de la glucosa sanguínea de los ejemplares dentro de cada - raza.

$$SCER = SCTL - SCTR$$

$$= 8,698.88 - 3,213.48 = 5,485.40$$

- 5° Los grados de libertad, g.l., para cada SC se determinan como sigue.

$$\text{Para los Tratamientos: } (t - 1) = 5 - 1 = 4$$

$$\text{Para el Error: } t(r - 1) = 5(10 - 1) = 45$$

$$\text{Para el Total: } r \cdot t - 1 = 10 \cdot 5 - 1 = 49$$

- 6° Calcule los cuadrados medios de los tratamientos y del error CMTR y CMER, dividiendo sus respectivas sumas de cuadrados entre sus respectivos grados de libertad.

$$CMTR = SCTR / \text{g.l.} = 3213.48 / 4 = 803.37$$

$$CMER = SCER / \text{g.l.} = 5485.40 / 45 = 121.90$$

7° Calcule el valor de  $F_c$  dividiendo CMTR entre CMEB, a -- este de le llama  $F$  calculada.

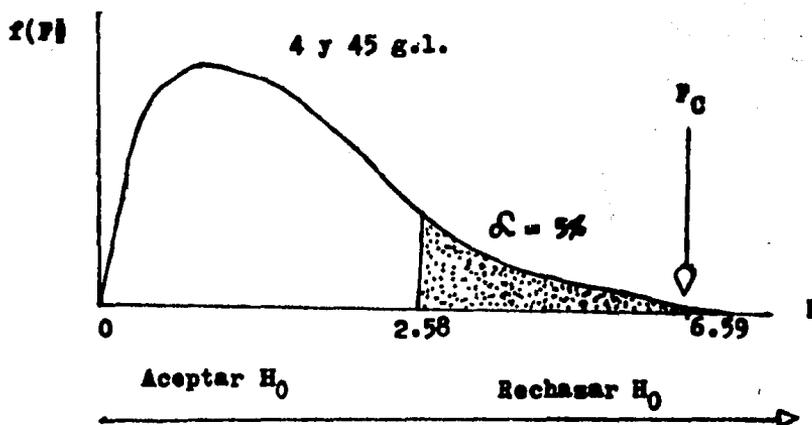
$$F_c = 803.37 / 121.90 = 6.59$$

8° Se formula la tabla de ANOVA.

F.V.	g.l.	SC	CM	$F_c$
Tratamientos	4	3,213.48	803.37	6.59
Error	45	5,485.40	121.90	
Total	49	8,698.88		

9° Con un nivel de significancia  $\alpha = 5\%$  y 4 y 45 g.l. se encuentra el valor en la tabla II,  $F_t = 2.58$

Como  $F_c = 6.59 > F_t = 2.58$  se rechaza  $H_0$ , per lo tanto si existe una diferencia en el nivel promedio de la glu cosa sanguínea entre razas.



- Pruebas a Posteriori

Cuando en el análisis de varianza se encuentra que un valor de  $F$  es significativo, el interrogante es ¿Cuál de las medias de tratamientos son significativamente diferentes?. A continuación se presentan dos de las pruebas más comúnmente usadas para responder esta cuestión.

A) Diferencia Mínima Significativa

Esta es una prueba múltiple utilizando  $t$  de Student y deberá ser usada de la manera acostumbrada únicamente cuando se requieran probar algunas comparaciones de interés, ya que si se prueban todas las posibles comparaciones entre las medias se trabajará con un nivel de significancia  $\alpha$  mucho más alto del fijado.

La hipótesis a probar será:

$$H_0 : \mu_1 - \mu_j = 0 \quad \text{vs} \quad H_1 : \mu_1 - \mu_j \neq 0$$

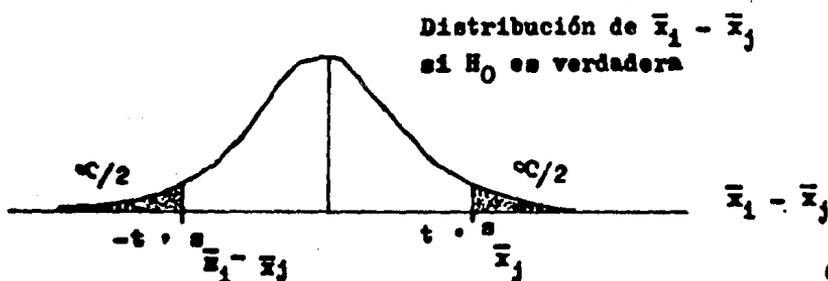
La fórmula de esta prueba es

$$DMS = t_t \cdot s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_j}$$

donde:  $t_t$  valor obtenido de tabla III con los g.l. del error y el nivel de significancia deseado.

$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_j}$  desviación estándar de la diferencia entre dos medias.

$$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_j} = \sqrt{2s^2/r} = \sqrt{2CMER/r}$$



Entonces el criterio de la prueba es que si la diferencia entre  $\bar{x}_i - x_j$  excede el valor de la DMS, se pueden considerar estadísticamente diferentes.

**B) Prueba de Tukey (Diferencia Mínima Significativa Honesta)**

Es una prueba de comparación de medias bastante estricta y mantiene la probabilidad de que cualquier diferencia de medias haya sido falsamente declarada significativa, en el nivel  $\alpha$  fijado.

**Procedimiento.**

1° Calcule el valor de la DMSH a partir de la siguiente fórmula:

$$DMSH = q_{\alpha, t, g.l.} \cdot \sqrt{\frac{s^2}{r}}$$

donde:  $q_{\alpha, t, g.l.}$  = factor obtenido de la Tabla III de rango estudentizado con un nivel de significancia dado,  $t$  tratamientos y  $g.l.$  los grados de libertad del error.

$$\sqrt{\frac{s^2}{r}} = \sqrt{S^2/r} = \sqrt{CMER/r} = \text{desviación estándar de la media.}$$

2° Cualquier diferencia entre dos medias se declara estadísticamente significativa si excede el valor de DMSH.

Apartir del ejemplo anterior de la glucosa sanguínea, juzgue cuales medias son estadísticamente diferentes y cuales no, utilizando las pruebas de DMS y DMSH, con un nivel de significancia  $\alpha = 5\%$ .

**Solución.**

En base a los datos y resultados del ejemplo anterior se tiene:

**TABLA II. Valores críticos de la distribución F ( $\alpha = 5\%$ )**

$\nu_1 \backslash \nu_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	25	30	40	50	100	$\infty$	
1	161.4	199.5	215.7	227.6	236.2	243.0	248.0	252.0	255.0	257.0	259.0	260.0	261.0	262.0	263.0	264.0	265.0	266.0	267.0	268.0
2	18.51	18.00	17.59	17.28	17.04	16.85	16.70	16.58	16.48	16.40	16.33	16.27	16.22	16.18	16.15	16.12	16.10	16.08	16.06	16.05
3	17.00	16.49	16.08	15.77	15.53	15.34	15.19	15.07	14.97	14.89	14.83	14.77	14.72	14.68	14.65	14.63	14.61	14.60	14.59	14.58
4	16.00	15.49	15.08	14.77	14.53	14.34	14.19	14.07	13.97	13.89	13.83	13.77	13.72	13.68	13.65	13.63	13.61	13.60	13.59	13.58
5	15.00	14.49	14.08	13.77	13.53	13.34	13.19	13.07	12.97	12.89	12.83	12.77	12.72	12.68	12.65	12.63	12.61	12.60	12.59	12.58
6	14.00	13.49	13.08	12.77	12.53	12.34	12.19	12.07	11.97	11.89	11.83	11.77	11.72	11.68	11.65	11.63	11.61	11.60	11.59	11.58
7	13.00	12.49	12.08	11.77	11.53	11.34	11.19	11.07	10.97	10.89	10.83	10.77	10.72	10.68	10.65	10.63	10.61	10.60	10.59	10.58
8	12.00	11.49	11.08	10.77	10.53	10.34	10.19	10.07	9.97	9.89	9.83	9.77	9.72	9.68	9.65	9.63	9.61	9.60	9.59	9.58
9	11.00	10.49	10.08	9.77	9.53	9.34	9.19	9.07	8.97	8.89	8.83	8.77	8.72	8.68	8.65	8.63	8.61	8.60	8.59	8.58
10	10.00	9.49	9.08	8.77	8.53	8.34	8.19	8.07	7.97	7.89	7.83	7.77	7.72	7.68	7.65	7.63	7.61	7.60	7.59	7.58
12	9.00	8.49	8.08	7.77	7.53	7.34	7.19	7.07	6.97	6.89	6.83	6.77	6.72	6.68	6.65	6.63	6.61	6.60	6.59	6.58
15	8.00	7.49	7.08	6.77	6.53	6.34	6.19	6.07	5.97	5.89	5.83	5.77	5.72	5.68	5.65	5.63	5.61	5.60	5.59	5.58
20	7.00	6.49	6.08	5.77	5.53	5.34	5.19	5.07	4.97	4.89	4.83	4.77	4.72	4.68	4.65	4.63	4.61	4.60	4.59	4.58
25	6.00	5.49	5.08	4.77	4.53	4.34	4.19	4.07	3.97	3.89	3.83	3.77	3.72	3.68	3.65	3.63	3.61	3.60	3.59	3.58
30	5.00	4.49	4.08	3.77	3.53	3.34	3.19	3.07	2.97	2.89	2.83	2.77	2.72	2.68	2.65	2.63	2.61	2.60	2.59	2.58
40	4.00	3.49	3.08	2.77	2.53	2.34	2.19	2.07	1.97	1.89	1.83	1.77	1.72	1.68	1.65	1.63	1.61	1.60	1.59	1.58
50	3.00	2.49	2.08	1.77	1.53	1.34	1.19	1.07	0.97	0.89	0.83	0.77	0.72	0.68	0.65	0.63	0.61	0.60	0.59	0.58
60	2.50	1.99	1.58	1.27	1.03	0.84	0.69	0.57	0.47	0.39	0.33	0.27	0.22	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08
70	2.00	1.49	1.08	0.77	0.53	0.34	0.19	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80	1.50	0.99	0.58	0.27	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	1.00	0.49	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**TABLA III. Valores críticos ( $\alpha = 5\%$ ) de la distribución Q (Rango Estudentizado)**

$\nu_1 \backslash \nu_2$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	25	30	40	50	100	$\infty$	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tratamiento	A	B	C	D	E
$\bar{x}_i$	117.0	118.0	129.9	134.5	114.0

a) Se tiene que calcular el valor de la DMS:

$$DMS = t_t \cdot \sigma \bar{x}_i - \bar{x}_j$$

Localice el valor de  $t_t$  con 45 g.l. del CMER y  $\alpha = 5\%$ , se tiene.

$$t_t = 2.01$$

Calcule ahora el valor de  $\sigma \bar{x}_i - \bar{x}_j$

$$\sigma \bar{x}_i - \bar{x}_j = \sqrt{2CMER/r} = \sqrt{2(121.95)/10} = 4.94$$

Entonces.

$$DMS = (2.01) \cdot (4.94) = 9.92$$

La diferencia entre dos medias muestrales que exceda a este valor se considerará estadísticamente significativa:

Comparación	Diferencia $\bar{x}_i - \bar{x}_j$	Significancia
E - D	20.5	E > D
E - A	17.5	E > A
E - B	16.5	E > B
E - C	4.6	n.s.
C - D	15.9	C > D
C - A	12.9	C > A
C - B	11.9	C > B
B - D	4.0	n.s.
B - A	1.0	n.s.
A - D	3.0	n.s.

b) Utilizando la prueba de la DMSH, se tendrá que calcular el valor de la DMSH:

$$DMSH = q_{\alpha, t, g.l.} \cdot \overline{s_x}$$

Localice el valor de q en la Tabla de range estudiantizado con  $\alpha = 5\%$ ,  $t = \text{No. de tratamientos}$  y los g.l. de error:

$$q_{0.05, 5, 45} = 4.02$$

Calcule ahora el valor de  $\overline{s_x}$  :

$$\overline{s_x} = \sqrt{CMER/r} = \sqrt{121.90/10} = 3.49$$

entonces

$$DMSH = 4.02(3.49) = 14.04$$

La diferencia de dos medias que exceda a este valor se considerará estadísticamente significativa:

Comparación	Diferencia $\overline{x}_1 - \overline{x}_j$	Significancia
E - D	20.5	E > D
E - A	17.5	E > A
E - B	16.5	E > B
E - C	4.6	n.s.
C - D	15.9	C > D
C - A	12.9	n.s.
C - B	11.9	n.s.
B - D	4.0	n.s.
B - A	1.0	n.s.
A - D	3.0	n.s.

Se acostumbra representar estas comparaciones anotando los tratamientos y uniendo con una línea recta los tratamientos en los que se encontró diferencia significativa, por ejemplo:

DMS	$\bar{x}_1$	DMSH
E	134.5	E
C	129.9	C
B	118.0	B
A	117.0	A
D	114.0	D

Lo que se aprecia en estos dos diagramas es que las razas se dividen en dos grupos razas E y C teniendo un nivel de glucosa sanguínea alta en comparación con las razas B, A y D de nivel de glucosa más baja. Sin embargo la prueba DMSH, que es estricta en declarar diferencias significativas al nivel 5% entre la raza C del grupo alto y las razas B y A del grupo de nivel bajo de glucosa sanguínea.

## PRACTICA No. 4

### Evaluación de Materias Primas (Método Peteresen) y Tabla de Equivalencias en Unidades. Unidad de Pesos y Medidas

- **Objetivo General:** Al finalizar la práctica el alumno conocerá un método complementario para llevar a cabo la evaluación del valor nutritivo de las materias primas utilizadas en la alimentación animal (desde un punto de vista económico) y recordará algunas de las unidades de pesos y medidas más usadas en nutrición animal.

#### INTRODUCCION

Un método complementario (al Análisis Químico Proximal) para evaluar el valor de las materias primas utilizadas en la alimentación de los animales fue diseñado hace varios años por Petersen, de la Universidad de Minnesota.

Petersen, ideó un método ingenioso que puede emplearse para determinar los valores relativos de los alimentos aunque varíen sensiblemente los precios de los productos alimenticios tomados como base. Tomó como alimento base al maíz y a la pasta de soya.

Cuando los alimentos ricos en proteínas sean más costosos - que los dotados de poco contenido de proteínas, debe utilizarse un método de comparación que tenga en cuenta a la vez la cantidad de proteínas digeribles de cada alimento y la cantidad de energía que cada uno proporcione (Morrison, 1977).

Generalmente hace falta un estudio cuidadoso para determinar cuál es, entre varios, el alimento realmente más económico, --- pues el precio de mercado de los distintos alimentos no es indicación segura de su valor alimenticio.

#### I. Establecimiento de las Constantes

A) Estas constantes son calculadas por materia prima de manera que se reflejen el valor relativo del contenido de materia proteica digerible de cada materia prima por un lado y la energía digerible utilizable en terminos de TND por el otro.

B) La proteína es considerablemente más cara por unidad de

TND de lo que son los carbohidratos y las grasas. Las materias primas ricas en proteínas son, por lo general, más caras que las escasas en proteínas pero que tienen un contenido de energía comparable.

C) Las materias primas energéticas que son utilizadas con más frecuencia así como las materias primas proteicas, en igual situación son empleadas como ingredientes básicos para determinar su conveniencia energética y proteica.

D) Al calcular estas constantes se tomarán como base el maíz molido y la pasta de soya con 44% de PC como la base energética más alta y la base proteica más alta respectivamente.

## II. Utilización de las Constantes para la Evaluación de las Materias Primas

A) Es necesario primero determinar el precio vigente por tonelada de las dos materias primas básicas, el maíz molido y la pasta de soya de 44% de PC. Estos precios se multiplican por las respectivas constantes de la materia prima que se va a evaluar y los productos se suman entre sí para el valor real por tonelada de esta.

B) Ejemplo: Vamos a suponer que el maíz molido cuesta \$30000.00 por tonelada y que la pasta de soya cuesta \$50000.00 por tonelada. Uno desea determinar el valor real de la tonelada del moyuelo de trigo como un concentrado alimenticio para un hato lechero. Los cálculos pueden ser hechos de la siguiente manera, utilizando las constantes para ganado vacuno de la tabla IV.

\$30000.00 (precio del maíz por tonelada) x .794 (constante del maíz para los moyuelos de trigo) = \$23820.00

\$50000.00 (precio de la pasta de soya por tonelada) x .150 (constante de la pasta de soya para los moyuelos de trigo) = \$7500.00

LA SUMA TOTAL ES \$31320.00

Si esta materia prima puede ser adquirida a un precio inferior a su valor en conveniencia, entonces se consideraría como

una buena compra, en comparación con el maíz y la soya como fuentes de proteínas o de energía.

### III. Constantes Negativas

A) Las constantes negativas del maíz siempre están asociadas con materias primas que poseen un valor extremadamente alto entre el contenido de PD y el de TND no proteico. Esto se debe a que en un aumento en el precio del maíz cuando el de la pasta de soya se mantiene constante da lugar a que el precio por kg. de PD disminuya y que el kg de TND no proteico aumente. Como consecuencia de este hecho, aquellas materias primas que tienen un valor extremadamente alto en proteína y bajo en TND no proteico disminuyen considerablemente mucho más su valor conveniente nutricional por la reducción del valor de PD de lo que es aumentado por el incremento simultáneo en el valor del kg del TND no proteico.

B) Los valores negativos de la pasta de soya siempre van asociadas con materias primas que poseen un valor extremadamente bajo en su relación de PD con el de TND no proteico.

Cuando se involucran constantes negativas, se supone que van a tener un efecto negativo en el valor conveniente global de una materia prima y deben manejarse como tales en el momento en que se llevan a cabo los cálculos.

### IV. Limitaciones del Método Petersen

El TND de las diferentes fuentes no tiene necesariamente el mismo valor energético para las diferentes funciones del organismo, por ejemplo; el TND de los forrajes es muy parecido al que tienen los concentrados en energía de mantenimiento, pero sólo poseen una fracción del valor energético que tienen los concentrados para ganancia de peso.

Cuando se comparan las materias primas deben restringirse por un lado los concentrados entre sí y por el otro a los forrajes entre sí (Morrison, 1977; Gullison, 1983).

**Tabla IV. Constantes para la Evaluación de Materias Primas (Tomado de Cullison, 1983)**

**CON BASE EN EL CONTENIDO**

NOMBRE DE LA MATERIA PRIMA	PD Y TND PARA GANADO BOVINO		PD Y TND PARA CERDOS	
	Pasta de Soya 44 %	Maíz	Pasta de Soya	Maíz
Harina de alfalfa deshidratada	.281	.467	.155	.275
Heno de alfalfa	.185	.459	.127	.287
Harina de hoja de alfalfa deshidratada	.310	.478	.254	.413
Harina de tallo de alfalfa deshidratada	.121	.507	.....	.....
Forraje de alfalfa fresca	.091	.131	.....	.....
Grasa animal grado alimenticio	-.439	2.652	.....	.....
Harina de sangre	.....	.....	1.641	-.848
Desperdicio de carne	1.359	-.459	1.197	.290
Tankage digerido	1.468	-.515	.....	.....
Harina de carne y hueso	1.211	-.314	1.049	.037
Heno de pasto Bahía	-.101	.745	.....	.....
Subproducto seco de panadería	-.018	1.077	.056	1.036
Paja de cebada	-.084	.568	.....	.....
Grano de cebada	.076	.852	.069	.830
Melaza de remolacha	-.039	.819	.....	.....

**Tabla IV. Constantes para la Evaluación de Materias Primas (Continuación)**

NOMBRE DE LA MATERIA PRIMA	CON BASE EN EL CONTENIDO DE			
	PD Y TND PARA GANADO BOVINO		PD Y TND PARA CERDOS	
	Pasta de Soya 44%	Maíz	Pasta de Soya 44%	Maíz
Pulpa seca de remolacha	-.046	.879	-.069	.926
Pulpa fresca de remolacha	0.000	.092	.....	.....
Melaza seca de pulpa de remolacha	.011	.858	-.111	.987
Heno de pasto Bermuda	-.010	.582	.....	.....
Harina de pasto Bermuda de la costa deshidratada	.192	.522	.....	.....
Heno de pasto Bermuda de la costa	.024	.607	.....	.....
Pasto Bermuda de la costa fresco	.045	.207	.....	.....
Heno de pasto azul de Kentucky	.013	.706	.....	.....
Pasto azul de Kentucky fresco	.044	.198	.....	.....
Heno de pasto bromo	.068	.576	.....	.....
Pasto bromo fresco	.085	.196	.....	.....
Cabezas de col	.014	.084	.....	.....
Heno de pasto listón	.066	.540	.....	.....
Zanahorias	-.006	.141	-.001	.135
Suero de leche en polvo	.107	.899	.198	.761
Leche entera en polvo	.440	1.005	.356	1.352
Leche fresca de vaca	.059	.152	.058	.143
Leche fresca descremada	.072	.042	.068	.052
Leche descremada en polvo	.732	.317	.735	.378
Pulpa fresca de cítricos	-.026	.219	.....	.....
Melaza seca de pulpa de cítricos	-.131	1.108	.....	.....
Pulpa seca de cítricos	-.124	1.096	-.046	.643
Melaza de cítricos	-.057	.726	.....	.....
Heno de trébol aliske	.104	.576	.....	.....
Forraje de trébol crimson fresco	.034	.120	.....	.....
Forraje de trébol ladino fresco	.072	.107	.....	.....
Heno de trébol rojo	.106	.578	.....	.....
Forraje de trébol rojo fresco	.045	.146	.....	.....
Forraje de trébol blanco fresco	.076	.081	.....	.....
Pasta de coco	.371	.602	.288	.656
Tallos de maíz	-.060	.714	.....	.....
Olote de maíz molido	-.107	.673	.....	.....
Ensilaje de maíz forrajero	-.007	.259	.....	.....
Ensilaje de tallos de maíz	-.018	.275	.....	.....
Ensilaje de mazorca de maíz	-.015	.411	.....	.....
Salvado de maíz	-.057	.926	.....	.....
Mazorca de maíz molida	-.065	.991	-.012	.885
Mazorca de maíz entera y molida	-.059	.910	.....	.....

**Tabla IV. Constantes para la Evaluación de Materias Primas (Continuación)**

NOMBRE DE LA MATERIA PRIMA	CON BASE EN EL CONTENIDO DE			
	PD Y TND PARA GANADO BOVINO		PD Y TND PARA CERDOS	
	Pasta de Soya 44%	Maíz	Pasta de Soya 44%	Maíz
Papas blancas	-.010	.247	-.029	.273
Harina de pluma	.....	.....	1.594	-.699
Harina de subproductos de aves	.....	.....	1.144	-.086
Heno de agrostide blanco	-.035	.763	.....	.....
Cascarilla de arroz	-.034	.160	.....	.....
Salvado de arroz	.106	.657	.113	.727
Furraje de pasto de centeno fresco	.066	.129	.....	.....
Grano de centeno	.026	.892	.063	.927
Furraje de pasto ballico fresco	.047	.146	.....	.....
Pasta de cártamo sin cascarilla	.855	.102	.....	.....
Pasta de ajonjolí	.889	.110	.980	.090
Ensilaje de grano de sorgo	-.005	.230	.....	.....
Grano de sorgo	-.026	.938	-.019	1.013
Grano de mijo	-.015	.937	-.013	1.048
Heno de pasto Johnson	-.034	.726	.....	.....
Grano de sorgo kafir	.042	.795	.020	.993
Grano de sorgo mijo	.008	.907	.025	.952
Ensilaje de sorgo forrajero	-.026	.230	.....	.....
Heno de pasto Sudán	-.019	.698	.....	.....
Furraje de pasto Sudán fresco	.028	.158	.....	.....
Heno de soya	.130	.467	.....	.....
Cascarilla de soya	.064	.695	.....	.....
Frijol soya	.823	.305	.656	.534
Pasta de soya 44 % PC	1.000	0.000	1.000	0.000
Pasta de soya 49 % PC	1.219	-.147	1.164	-.203
Melaza de caña	-.108	1.047	.....	.....
Pasta de girasol	1.111	-.248	1.028	-.112
Heno de trébol dulce	.174	.525	.....	.....
Pasta de camote	-.156	1.076	.....	.....
Camotes	-.055	.376	.....	.....
Heno de pasto Timothy	-.044	.667	.....	.....
Nabos	-.003	.109	-.007	.099
Paja de trigo	-.096	.637	.....	.....
Salvado de trigo	.214	.606	.178	.532
Moyuelos de trigo	.150	.794	.257	.595
Harinillas de trigo	.127	.887	.210	.722
Grano de trigo	.084	.926	.103	.887
Melaza de madera	.189	.859	.....	.....

**Tabla IV. Constantes para la Evaluación de Materias Primas (continuación)**

NOMBRE DE LA MATERIA PRIMA	CON BASE EN EL CONTENIDO DE			
	PD Y TND PARA GANADO BOVINO		PD Y TND PARA CERDOS	
	Pasta de Soya 44%	Maíz	Pasta de Soya 44%	Maíz
Torta de maíz	.001	1.088	.....	.....
Aceite de maíz	-.433	2.615	-.434	2.599
Almidón de maíz	-.214	1.297	-.216	1.303
Gluten de maíz	.825	.205	.....	.....
Maíz amarillo	0.000	1.000	0.000	1.000
Cascarilla de algodón	-.136	.721	.....	.....
Semilla de algodón molida	.224	.904	.....	.....
Harinolina 36 % PC	.691	.222	.701	.241
Harinolina 41 % PC	.829	.178	.850	-.021
Harinolina 41 % PC extraída con solventes	.854	.090	.....	.....
Heno de pasto chícharo de vaca	.202	.497	.....	.....
Heno de pasto esparcela	-.046	.720	.....	.....
Forraje de pasto esparcela fresco	.022	.174	.....	.....
Heno de pasto festuca	.006	.579	.....	.....
Forraje de pasto festuca fresco	.041	.215	.....	.....
Harina de pescado	1.323	-.352	1.421	-.467
Pasta de linaza	.772	.231	.745	.175
Desperdicios de restaurante	.031	.258	.049	.252
Granos secos de cervecería	.427	.379	.477	.059
Granos húmedos de cervecería	.081	.129	.068	.210
Granos secos de destilería	.462	.553	.392	.751
Heno de pasto Kudzú	.192	.476	.....	.....
Heno de pasto lespedeza	.115	.574	.....	.....
Heno de pasto sericea	.146	.384	.....	.....
Heno de pasto millet	.019	.611	.....	.....
Heno de pasto poa	-.023	.741	.....	.....
Heno de pradera	-.073	.684	.....	.....
Heno de avena	-.025	.721	.....	.....
Cascarilla de avena	-.045	.454	.....	.....
Paja de avena	-.081	.671	.....	.....
Grano de avena	.096	.761	.115	.675
Avena descascarillada	.120	1.050	.182	.887
Heno de pasto orchard	.042	.639	.....	.....
Forraje de pasto orchard fresco	.040	.188	.....	.....
Heno de cacahuete	.047	.704	.....	.....
Cascarilla de cacahuete	.049	.169	.....	.....
Pasta de cacahuete	1.116	-.129	1.109	-.237
Semilla de cacahuete	.384	1.326	.....	.....
Pasta de papa	-.020	.938	.044	.924

#### 4.1) Pesos, Medidas, Volúmenes y Capacidades.

En ocasiones al leer un texto, una revista, en algún problema de la vida real o simplemente cuando necesitamos realizar una conversión de una unidad conocida a una buscada nos encontramos con ciertas medidas (peso, volumen) que desconocemos. Es por ésto, que en la práctica se tratan las unidades de peso y volumen que se relacionan con las necesidades de Nutrición y Alimentación Animal.

##### 1.- Bushel.

A) Un bushel es el equivalente volumétrico de un cilindro de 18.5 pulgadas de diámetro y 8 pulgadas de altura. -- Son 2150.42 pulgadas cúbicas. Para fines prácticos se asume que son 1.25 pies cúbicos.

##### B) Pesos estándar por bushel (en lb.).

Salvado de trigo	20
Cacahuete en cáscara	22
Semilla de algodón	32
Grano de avena	32
Grano de cebada	48
Grano de maíz	56
Grano de sorgo	56
Grano de centeno	56
Trigo	60
Frijol soya	60
Chicharo de vaca	60
Camotes	55
Papa irlandesa	60
Mazorca de maíz	70 (la cantidad necesaria
Maíz reventado	80 para desgranar 56 lb.)
Agua	77.6 (62.5 lb. per pie cúbico).

##### 2.- Galón (líquido).

A) Un galón líquido son 231 pulgadas cúbicas.

**B) Pesos estándar per galón (en lb.).**

Aceites vegetales	7.7
Agua	8.34
Leche	8.6
Melazas	11.75

**3.- Varios.**

**A) Pesos de ensilajes.**

30 - 40 lb. per pie cúbico en un silo horizontal.

40 - 50 lb. per pie cúbico en un silo vertical.

**B) Heno empacado.**

Tamaño aproximado de la paca = 14 pulgadas por 18 pulgadas por 36 pulgadas.

Volúmen aproximado de la paca = 5.26 pies cúbicos.

Peso aproximado por paca = 60 lb.

Peso por pie cúbico = 11.4 lb.

**4.- Calculando volúmenes.**

**A) Recipientes rectangulares, etc.**

Volúmen = longitud por ancho por profundidad.

**B) Recipientes cilíndricos, siles, tanques, tambores, etc.**

Volúmen = área de la base circular o extremo final por altura o longitud del cilindro.

$$A = \pi \times r^2$$

$$\pi = 3.1416$$

$$r = 1/2 \text{ diámetro.}$$

**C) Recipientes en forma cónica, etc.**

Volúmen = área del extremo final circular por altura -- hasta la punta del cono por 1/3.

**Calculando capacidades.**

**A) Capacidad en bushels.**

Volúmen en pies cúbicos = Capacidad en bushels  
1.25

B) Capacidad en galones.

$$\frac{\text{Volumen en pulgadas cúbicas}}{231} = \text{Capacidad en galones}$$

C) Capacidad en libras.

No. de galones x peso por galón en lb. = capacidad en lb.

No. de bushels x peso por bushels en lb. = capac. en lb.

No. de pies cúbicos x peso en pies cúbicos en lb. = capac. en lb.

D) Conversión de varias medidas al sistema métrico (tabla V y VI).

**TABLA V. Factores de conversión de unidades de peso (NRC, 1979)**

Unidad dada	Unidad buscada	Para la conversión multiplíquese por	Unidad dada	Unidad buscada	Para la conversión multiplíquese por
libra	g	453.6	µg/kg	µg/lb	0.4536
libra	kg	0.4536	Mcal	kcal	1.000
onza	g	28.35	kcal/kg	kcal/lb	0.4536
kg	libra	2.2046	kcal/lb	kcal/kg	2.2046
kg	mg	1,000.000	ppm	µg/g	1
kg	g	1.000	ppm	mg/kg	1
g	mg	1.000	ppm	mg/lb	0.4536
g	µg	1,000.000	mg/kg	%	0.0001
mg	µg	1.000	ppm	%	0.0001
mg/g	mg/lb	453.6	mg/g	%	0.1
mg.g	mg/lb	0.4536	g/kg	%	0.1

**TABLA VI. Tabla de equivalencias**

<b>Area</b>		
1 pulgada cuadrada	=	6.452 centímetros cuadrados
1 pie cuadrado	=	0.0929 metros cuadrados
1 yarda cuadrada	=	9.0 pies cuadrados
	=	0.8361 metros cuadrados
1 acre	=	43560 pies cuadrados
	=	4840.0 yardas cuadradas
	=	160.0 varas cuadradas
	=	0.4047 hectáreas
1 milla cuadrada	=	640.0 acres
	=	259.0 hectáreas
1 centímetro cuadrado	=	0.155 pulgada cuadrada
1 metro cuadrado	=	1.196 yardas cuadradas
	=	10.764 pies cuadrados
1 hectárea	=	10000 metros cuadrados
	=	2.471 acres
1 kilómetro cuadrado	=	0.386 millas cuadradas
	=	247.1 acres
<b>Longitud</b>		
1 pulgada	=	2.54 centímetros
	=	25.4 milímetros
1 pie	=	12.0 pulgadas
	=	30.48 centímetros
1 yarda	=	3.0 pies
	=	0.9144 metros
1 vara	=	16.5 pies
1 milla	=	5280 pies
	=	1760 yardas
	=	320 varas
	=	1.615 kilómetros
1 centímetro	=	.10 milímetros
	=	0.3937 pulgadas
1 metro	=	100 centímetros
	=	1000 milímetros
1 kilómetro	=	1000 metros
	=	0.6412 millas
<b>Peso</b>		
1 onza (Avdp.)	=	28.50 gramos
1 libra (Avdp.)	=	16.0 onzas
	=	453.6 gramos
1 kilogramo	=	1000 gramos
	=	2.205 libras

(Cullison, 1983)

**TABLA VI. Tabla de equivalencias (continuación)**

1 tonelada	=	2000	libras
	=	907.0	kilogramos
1 tonelada métrica	=	1000	kilogramos
	=	2205	libras
	=	1.102	toneladas
<b>Temperatura</b>			
Grados centígrados	=	$5/9$ (grados fahrenheit - 32)	
Grados fahrenheit	=	$(9/5 \times$ grados centígrados) + 32	
<b>Volumen o capacidad</b>			
1 pulgada cúbica	=	16.378	centímetros cúbicos
1 pie cúbico	=	1728.0	pulgadas cúbicas
	=	0.0283	metros cúbicos
1 yarda cúbica	=	27.0	pies cúbicos
	=	0.7646	metros cúbicos
1 centímetro cúbico	=	1.0	mililitro
	=	0.061	pulgada cúbica
1 metro cúbico	=	35.315	pies cúbicos
	=	1.308	yardas cúbicas
1 pinta líquida (U.S.)	=	28.875	pulgadas cúbicas
	=	0.5	cuarto líquido (U.S.)
	=	0.47316	litro
1 cuarto líquido (U.S.)	=	57.75	pulgadas cúbicas
	=	2.0	pintas líquidas (U.S.)
	=	0.9463	litro
1 galón líquido (U.S.)	=	231	pulgadas cúbicas
	=	8.0	pintas líquidas (U.S.)
	=	4.0	cuartos líquidos (U.S.)
	=	3.7853	litros
1 litro	=	2.1134	pintas líquidas (U.S.)
	=	1.057	cuartos líquidos (U.S.)
	=	0.2642	galones líquidos (U.S.)
1 bushel	=	2150.42	pulgadas cúbicas
	=	1.244	pies cúbicos
	=	9.309	galones líquidos (U.S.)
	=	4	pecks

**E) Ejercicios.**

Un granjero tiene un silo de 20 pies de diámetro y 60 pies de altura.

- 1.- ¿Cuántas toneladas de ensilaje pueden ser almacenadas en este silo?
- 2.- ¿Cuántas libras de grano de maíz pueden ser almacenadas en este silo?

**SOLUCION:**

- 1.- Cantidad de toneladas que pueden ser almacenadas en el silo.

Volumen = área de la base x altura

$$V = \pi r^2 \times \text{altura}$$

$$V = 3.1416 \times 10^2 \times 60$$

$$V = 18849.6 \text{ pies}^3$$

Peso aproximado del ensilaje 45 lb/pies<sup>3</sup>

$$\frac{(18849.6) (45)}{2000} = 424.1 \text{ toneladas}$$

- 2.- Libras de grano de maíz que pueden ser almacenadas en el silo.

$\frac{\text{Volumen en pies}^3}{\text{pies}^3 \text{ por bu.}} \times \text{WT por bu. de maíz} = \text{capacidad}$

$$\frac{18849.6}{1.25} \times 56 = 844462 \text{ lb.}$$

Un granjero tiene un silo de 14 pies de diámetro y 30 pies de altura.

- 1.- ¿Cuál es el volumen del silo en pies<sup>3</sup>?
- 2.- ¿Cuál es la capacidad del silo en lb de grano de cebada?

Un tambor de metal tiene 22 pulgadas de diámetro y 34 pulgadas de altura.

- 1.- ¿Cuál es la capacidad del tambor en galones?

2.- ¿Cuál es la capacidad del tambor en bushels?

Calcule la cantidad de lb de melaza de caña que pueden ser almacenadas en un tanque horizontal de 16 pies de largo y 6 pies de diámetro.

Un granjero tiene un recipiente circular con un fondo cónico. El recipiente tiene 69 pulgadas de diámetro y tiene -- una profundidad total de 88 pulgadas ¿Cuál es la capacidad del recipiente en bushels?

Un granjero posee un almacenador de grano circular con un techo cónico. El recipiente tiene 18 pies de diámetro y -- una altura al alero de 128 pulgadas y al pico del cono de 164 pulgadas. ¿Cuál es la capacidad del recipiente en bushels cuando se llena hasta el pico del cono?

Un granjero posee un recipiente circular para granos de -- 20 pies de diámetro lleno hasta una altura de 30 pies con mazorca de maíz. Calcule la cantidad de lb. de grano, elote y hojarasca presentes en el recipiente.

Un granjero tiene un tanque de agua, el cual tiene una altura de 2 pies, 3 pies de ancho y 10 pies de largo, y tiene extremos circulares. ¿Cuál es la capacidad del tanque en galones?

Un granjero tiene un tonel de alimento, el cual tiene una profundidad de 11 pulgadas y un diámetro de 16.5 pulgadas en el fondo y en la superficie 20 pulgadas. ¿Cuál es la capacidad del tonel en galones y en bushels?

Empleando el método Petersen calcúlese la conveniencia nutritiva de la semilla de algodón molida cuando el maíz tiene un valor de \$30000.00 por tonelada y la pasta de soya 44% \$500.00 por bushel.

Constantes del maíz y de la pasta de soya según la tabla IV

0.904 y 0.224

Precio del maíz y de la pasta de soya por tonelada.

\$30000.00 y \$50000.00

Entonces:	0.904	x	\$30000.00	=	\$27120
	0.224	x	\$50000.00	=	\$11200
					\$39320 TOTAL

Realice el mismo procedimiento (usando la Tabla IV) para -  
las siguientes alimentos:

- Salvado de arroz.
- Harinolina 36% PC.
- Harina de pescado.
- Frijol soya-
- Suero de leche en polvo.
- Heno de alfalfa
- Grano de cebada.
- Pasta de Coco.
- Heno de trébol rojo
- Ensilaje de tallos de maíz.

## DIGESTIBILIDAD

- **Objetivo General;** Al finalizar el desarrollo de la práctica el alumno relacionara las técnicas de digestibilidad (in vitro, in situ e in vivo) con el proceso digestivo que se efectúa dentro del animal y sabra utilizar estas determinaciones para valorar diferentes alimentos de uso cotidiano en la alimentación de rumiantes y asimismo estudiara todos los factores que influyen en el proceso digestivo y que afectan la digestibilidad final de un alimento.

### INTRODUCCION

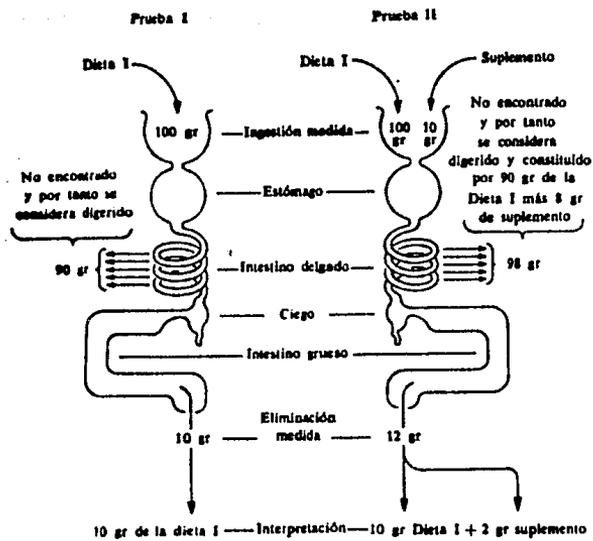
El valor potencial de un alimento para suministrar un determinado nutriente puede conocerse mediante análisis químico, pero el valor real que tiene para el animal es siempre inferior ya que durante la digestión, absorción y metabolismo se producen pérdidas. Para conocer este valor lo primero que hay que considerar es la porción del alimento que no es absorbida y que se excreta en las heces (McDonald, 1979).

La digestibilidad de un alimento se define como la proporción del alimento consumido que no es excretado con las heces y se asume que éste ha sido absorbido, figura 19.

La materia seca del alimento consumido menos la materia seca de las heces, es la digestibilidad aparente del alimento (coeficiente de digestibilidad).

El concepto de digestibilidad verdadera es puramente teórico, ya que también hay pérdida de materia en forma de gases, compuestos arrastrados en las heces (incluye descamación del epitelio intestinal), el intercambio de minerales a nivel intestinal y en orina (McDonald, 1979; Sosa, 1981).

Como medida general del valor nutritivo de un alimento, se calcula, mediante los coeficientes de digestión el contenido total de nutrientes digestibles (TND) (Maynard, 1975).



**Figura 19. Diagrama esquemático de los hechos y sus posiciones que se tienen en cuenta en el cálculo de la digestibilidad de un alimento (Cranton, 1974)**

## **Factores que Afectan la Digestibilidad.**

### **a) Nivel de Alimentación.**

El nivel de nutrición de los animales en experimentación deberá ser siempre superior a mantenimiento.

### **b) Composición Química del Alimento.**

**Proteína y Nitrógeno:** Cuando a una dieta para rumiantes, baja en proteína, se le adiciona NNP, se observa un aumento en la digestibilidad de materia seca y otras fracciones, especialmente de fibra.

**Carbohidratos:** Al aumentar en forma desproporcionada la cantidad de carbohidratos, de cualquier tipo, en la dieta, se disminuye la digestibilidad de la proteína. Las paredes celulares de forraje maduro (alto contenido en lignina) tienen mayor efecto reductor de la digestibilidad.

**Grasas:** Cuando la grasa en la dieta alcanza niveles mayores a 4-6% en base seca, se nota un decremento de la digestibilidad de los demás nutrientes de la ración y en consecuencia, también de la materia seca.

**Minerales:** Cantidades altas de minerales, de cualquier tipo, tienden a reducir la digestibilidad de la materia seca y fracciones nutritivas.

- c) Los forrajes secos pierden calidad y digestibilidad por el desprendimiento de hojas y otras partes muy aprovechables, lo que aumenta la proporción de tallos y partes fibrosas menos digeribles (incremento de carbohidratos estructurales).**
- d) El molido de los granos no aumenta la digestibilidad, pero cuando no se muelen y escapan a la masticación son excretados sin digerir. La pulverización si puede afectar la digestibilidad, aumentando la velocidad de pase del alimento por el tubo digestivo y por lo tanto disminuyendo su tiempo de absorción.**

- e) Tanto la mollienda como el empastillado (pellet) de forrajes y otros alimentos tienden a aumentar los consumos, - pero no mejoran y en algunos casos si reducen la digestibilidad de las raciones (Cramton, 1974; Schneider, 1975).

De lo anterior podemos concluir que la deficiencia o exceso de un nutriente afecta la digestibilidad de los alimentos. - Se puede decir que un ingrediente o alimento tiene una mayor digestibilidad cuando es componente de una dieta balanceada, que cuando forma parte de una dieta no balanceada.

Entre las pruebas que se han desarrollado para determinar la calidad nutritiva de alimentos para animales se encuentran:

- Digestibilidad In Vitro
- Digestibilidad In Situ
- Digestibilidad In Vivo

Las técnicas in situ se realizan dentro del animal, en el que se colocan bolsas de nylon dentro del rumen conteniendo la muestra del alimento a evaluar; en cambio las técnicas in vitro aunque sin ser llevadas a cabo totalmente en el animal involucran procesos semejantes a los que ocurren dentro del mismo, se realiza con líquido ruminal y pepsina. Las pruebas de digestibilidad in vivo se realizan con animales a los que se les mide el consumo de alimento que esta a prueba y las cantidades de heces que excretaron provenientes de ese alimento, la diferencia que se obtenga será el resultado de la prueba.

## PRACTICA No 5

### Determinación de la Digestibilidad In Vivo, Balance de Nutrientes (Demostrativa)

Los valores de digestibilidad se utilizan como parámetros de comparación del valor nutritivo de los alimentos. El valor comúnmente usado es el coeficiente de digestibilidad y se expresa como porcentaje de la materia seca, el principio general es el siguiente:

$$CD (\%) = \frac{C - E}{C} \times 100 \quad \text{donde } CD = \text{Coeficiente de digestibilidad.}$$

C = Consumido.

E = Excretado.

Por ejemplo, si una vaca come 5 kg de heno que contienen 4 kg de materia seca y excreta 1 kg de materia seca con las heces, la digestibilidad de la materia seca del heno será de:

$$\frac{4 - 1}{4} \times 100 = 75\%$$

De esta forma se pueden calcular los coeficientes de cada uno de los constituyentes de la materia seca. En este caso suponemos que la proporción de alimento no excretado en las heces corresponde a la absorción. En los ensayos de digestibilidad se da al animal una cantidad de alimento que se investiga y se mide la excreción fecal.

El ensayo se hace con varios animales, primero porque los animales aunque sean de la misma especie, edad y sexo, presentan ligeras diferencias en su habilidad digestiva y segundo -- por que así se detecta más fácilmente cualquier error de medida que pudiera cometerse.

En los ensayos con mamíferos se usan machos con preferencia a las hembras, porque en ellos es más fácil obtener la orina y las heces por separado. A los animales pequeños se les coloca en jaulas de metabolismo en las que las heces y la orina se separan por medio de un tamiz, pero a los animales grandes, como el vacuno, se les acoplan sacos para la recolección de heces hechos de goma o de cualquier otra materia impermeable, figuras 20 y 21.

Antes de empezar a recoger las heces el animal debe llevar por lo menos una semana con dieta experimental, con objeto de que se acostumbre a ella y de eliminar del tracto alimentario todo resto de alimentos anteriores. En los animales de estómago sencillo es posible identificar las heces procedentes de una determinada toma de alimento añadiendo a éste una sustancia co

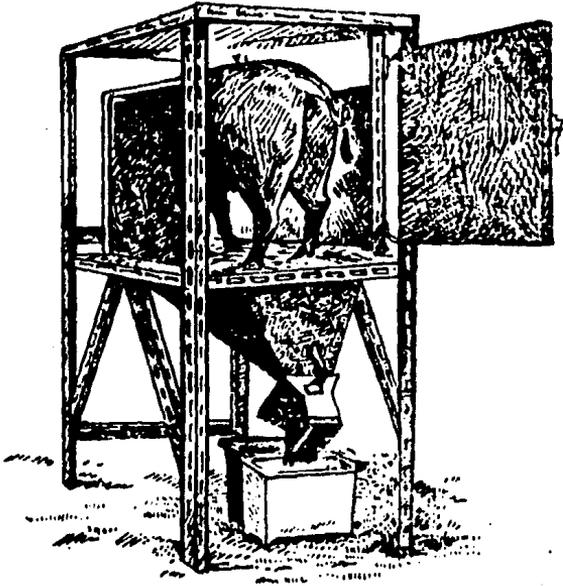


Figura 20. Jaula Metabólica

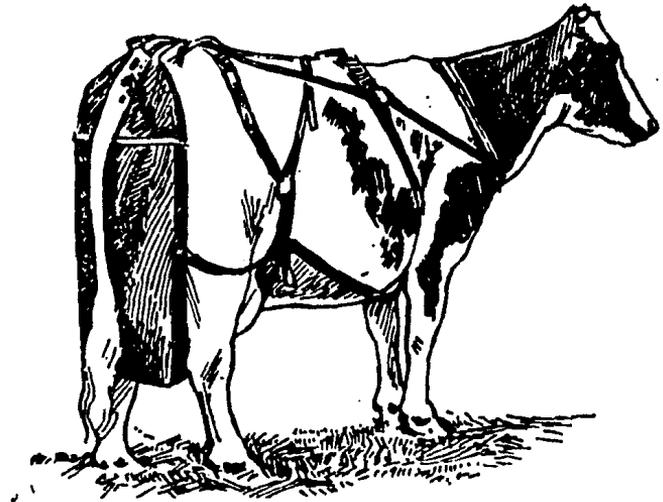


Figura 21. Arneses y Sacos para Bovinos

lerante, como óxido férrico, carmin, que colorea las heces.

Con los ruminantes no es posible utilizar este sistema ya - que la comida teñida se mezcla con otras en el rumen (Puebla, - 1981, Fernández, \_\_\_\_).

Estas pruebas son costosas puesto que requieren de anima -- les, alimento, tiempo y personal calificado, por lo que se pen- so como alternativa, en las pruebas de laboratorio.

#### **Material:**

Alimento (alfalfa, heno, paja, ensilado, etc.).

Animales (previamente bañados con  $\text{CuSO}_4$  y desparasitados).

Jaulas Metabólicas.

Arnes de manta ahulada.

#### **Procedimiento:**

1.- La distribución de los animales en las jaulas se hace al azar.

2.- Se les proporciona a los animales un periodo de adaptación a la jaula de 3 días y 4 días de adaptación a la dieta. Se les da el 4% de materia seca de alimento de su peso vivo, repartiendo en dos comidas cada 24 horas, con un intervalo de 12 horas entre cada una.

3.- Se tomarán muestras del alimento ofrecido y del rechazado además de las heces, durante 7 días posteriores a los de adaptación.

4.- Para el análisis químico se usara el sistema de Weende para la obtención de la materia seca y proteína cruda, mientras que la del Dr. Van Soest para la determinación FDA y PDN en alimento ofrecido, rechazado y heces de cada animal.

#### **Balaje de Nutrientes**

##### **Balaje de Nitrógeno.**

Se conoce con este nombre al método para estimar la canti-

dad de nitrógeno dietético que un animal es capaz de retener.- Generalmente la estimación se realiza al mismo tiempo que se corre una prueba de digestibilidad aparente y la determinación es también aparente. El coeficiente de retención de nitrógeno puede ser positivo o negativo, lo que da una idea del nivel de alimentación de los animales.

El principio y la fórmula fundamentales de esta determinación es la siguiente:

$$NR = NC - NH - NO$$

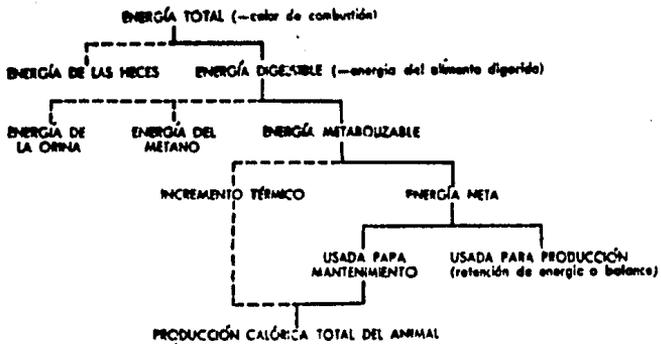
Donde NR = Nitrógeno Retenido, NC = Nitrógeno Consumido, - NH = Nitrógeno en Heces y NO = Nitrógeno en Orina.

El balance de nitrógeno es una de las muchas formas existentes para evaluar la calidad de proteína de los alimentos dados a los animales monogástricos. En el caso de ruminantes, la digestibilidad de la proteína cruda y la retención de nitrógeno son dos parámetros de evaluación más utilizados en el estudio del valor alimenticio de la proteína de raciones para estos animales.

La orina se colecta en recipientes de plástico que se conectan a la salida correspondiente del separador de heces y orina de la jaula metabólica. El manejo y muestreo de la orina: al recipiente colector se le agregan de 50 a 100 ml. de una solución de ácido clorhídrico al 25% para evitar la descomposición que pudiera suceder durante las 24 horas de acumulación de orina.

La medición de producción total diaria se puede hacer por volumen o por peso, una vez registrado este dato se toma una muestra del día (1-2% para borregos, .5-1 en bovinos) y se coloca en un frasco que deberá permanecer en el congelador hasta que se inicie el trabajo de cuantificación del nitrógeno que contiene.

Con el dato de contenido de nitrógeno de la muestra y el registro de la producción total de orina se calcula la eliminación total de nitrógeno en la orina en el periodo de colección.



**Figura 22. Distribución de la Energía del Alimento en el Animal (Puebla, 1981)**

La cifra resultante se suma a la del total de nitrógeno eliminado en las heces y se restan del total de nitrógeno ingerido para llegar a la cifra positiva o negativa conocida como nitrógeno retenido o balance de nitrógeno. (Hafez, 1969).

### **Balace de Energía**

El valor energético de los alimentos utilizados por los ruminantes y su determinación práctica han suscitado desde hace tiempo polémicas entre los nutriólogos. La utilización de valores como el TND, que puede ser obtenido relativamente fácil mediante una prueba de digestibilidad, ha sido muy criticada por autores que prefieren utilizar los valores de energía digestible, metabolizable y neta. La determinación de estos últimos valores se complica y encarece a medida que avanzan en las estimaciones de energía digestible hasta energía neta (figura 22)

- **Energía Digestible** de un alimento es su energía total menos la energía contenida en las heces procedentes de una toma de ese alimento. La determinación se hace en el laboratorio utilizando una bomba calorimétrica (Puebla, 1981).
- **Energía Metabolizable** de un alimento, es la cantidad de energía que se obtiene después de restar de la energía total las pérdidas en las heces, orina y en los gases combustibles. Nos da la medida de la energía utilizada tanto para fines productivos como para producir calor en el cuerpo. Esta determinación requiere, además de la bomba calorimétrica, de una cámara o aparato para captar y cuantificar el metano eliminado.
- **Energía Neta**, es la cantidad de energía que se obtiene después de reducir de la energía total las pérdidas de energía en las heces, los gases combustibles, la orina y el incremento de calor o trabajo de digestión. Representa el valor neto del alimento que se utiliza para fines productivos, como crecimiento, acumulación de grasa, producción de leche y trabajo muscular (Harshbarger, 1977; Serrano, 1983).

## PRACTICA No. 6

### Determinación de la Digestibilidad In Situ

El uso de la bolsa de nylon para la evaluación de ferrajes se desarrolló hace aproximadamente 40 años. Miden el efecto de la flora y la fauna ruminal sobre el ferraje.

Generalmente ésta digestibilidad se evalúa mediante la técnica de la bolsa de nylon o de dacrón, la muestra se coloca en pequeñas bolsas que se suspenden en el rumen de animales -- fistulados con cánulas permanentes.

La materia desaparecida se mide como la diferencia entre la muestra incubada y el residuo de la bolsa, la materia desaparecida multiplicada por cien y dividida por la cantidad de muestra incubada nos señala la digestibilidad en porcentaje.

Existe otro método para evaluar digestibilidad in situ que es el hilo de algodón, la que consiste en colocar hilos de algodón de peso conocido dentro del rumen de animales fistulados con cánulas permanentes durante un periodo de tiempo determinado, después del cual son lavados y secados, posteriormente se pesan nuevamente. La actividad celulolítica es medida como la pérdida de peso del hilo después de la incubación.

La digestibilidad in situ se lleva a cabo por el método de la bolsa de nylon (Harseign, 1980).

#### Material:

Bolsas de nylon de 10 x 5 cm., hechas con doble costura y esquinas redondeadas (los autores consultados coinciden en que se use doble costura e hilo de nylon para evitar pérdidas del material a través de las perforaciones dejadas por la aguja, al hacer las bolsas redondear las esquinas para evitar acumulaciones de la muestra y facilitar la remoción de los residuos).

Hilo de nylon

Alimento: Molerlo usando una criba de 1 mm.

Utilizar hilo de nylon del No. 8 (el empleado para pescar es el adecuado), para sujetar las bolsas a la cánula/are.

Animales fistulados con cánula permanente.

Agua corriente.

Estufa de aire forzado.

Balanza analítica.

**Procedimiento:**

**P A S O 1**

- 1.- Lavar las bolsas de nylon y secarlas a 100°C a peso — constante.
- 2.- Pesar 5 gr. del ferraje en las bolsas, agregar 2 pedazos de marmol, balines o canicas a cada bolsa para ayudar a que se hundan las bolsas.
- 3.- Atar las bolsas con un hilo de nylon largo que tenga en un extremo un rancho para colgarse en la tapa de la cá nula. La distancia entre la tapa y la bolsa debe ser — aproximadamente de 25 cm. para ovinos y de 50 cm. para novillos.
- 4.- Se humedecen las bolsas en agua por un minuto antes de colocarse en el rumen.

**P A S O 2**

- 1.- Secar las bolsas, lavarlas con agua corriente hasta — que el lavado sea incoloro.
- 2.- Secar las bolsas a 100°C.
- 3.- Pesar el residuo de la muestra inicial.
- 4.- Multiplicar el residuo de la bolsa x 100 y dividirlo — por el peso de la muestra incubada.

**PRACTICA No.7**

**Determinación de la Digestibilidad In Vitro  
(Método de Tilley y Terry Modificado)**

Las pruebas in vitro han sido ampliamente usadas durante los últimos veinte años para medir el valor nutritivo de fo rrajés y concentrados, así como para estudiar los requerimien tos nutricionales de bacterias ruminales.

Las técnicas más usadas son las que se realizan en dos etapas; en la primera se incuban la muestra con líquido ruminal y en la segunda con una solución de pepsina. El tiempo de incubación de cada etapa es variable, aunque generalmente es de 48 - horas para ambas etapas o de 48 horas en la primera y 24 en la segunda etapa, esto en un medio anaerobio (Sosa, 1981; Merfin, 1982).

#### Material:

Baño que alcance  $60^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ .

Jeringa automática de 50 ml.

Tubos de 100 ml.

Tapones de hule con válvulas Bunsen para los tubos de 100-ml.

Gradillas para los tubos de 100 ml.

Papel Whatman 41 ó 541.

Equipo de filtración para vacío.

Embudos Buchner.

Crisoles de porcelana.

Agitadores con gendarme.

#### Reactivos:

Saliva de McDougal (solución A:  $\text{NaHCO}_3$  9.8gr,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  7.0 gr,  $\text{KCl}$  0.57 gr,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.12 gr. Aforando con -- agua a un litro. Solución B:  $\text{CaCl}_2$  4.0 gr, en 100 ml. de -- agua. Poco antes de usar la saliva de McDougal adicionar a la solución A 1 ml. de la solución B y burbujearle suficiente  $\text{CO}_2$  hasta que el PH sea de 6.8 a 7.0.

Solución de cloruro mercurico al 5% (5gr  $\text{HgCl}_2$  en 100 ml de agua).

Líquido ruminal.

Solución de pepsina al 5%.

HCl concentrado.

#### Procedimiento:

## P A S O 1

- 1.- Pesar .2 a .25 gr del ferraje patrón, al que se le conoce su digestibilidad in vitro e in vivo.
- 2.- De la muestra a analizar se pesarán .2 a .25 gr.
- 3.- Cada una de las muestras se pondrán en matraces, los que se identificarán. Separar el que servira como blanco
- 4.- Para obtener el líquido ruminal se sondeará a un ovino, del que por lo menos se deben obtener 150 ml.
- 5.- Licuar el líquido ruminal y filtrarlo con una gasa.
- 6.- Mezclar la solución A y B con la saliva de McDougal.
- 7.- Burbujear CO<sub>2</sub> al líquido ruminal por 5 segundos.
- 8.- A la saliva de McDougal también se le va a burbujear CO<sub>2</sub> hasta alcanzar un PH de 6.8 a 7.0
- 9.- Agregar la mitad de saliva y 5 ml. de líquido ruminal - al matraz que contiene la muestra a evaluar.
- 10.- Burbujear CO<sub>2</sub> al matraz durante 5 segundos y lavar los-residuos con el sobrante de saliva y taparlo.
- 11.- Al matraz blanco se procesará exactamente igual que el-problema excepto que no lleva muestra.
- 12.- Poner a incubar durante 48 horas a 39°C.

## P A S O 2

- 1.- Adicionar 1 ml de cloruro mercurico.
- 2.- Agregar gota a gota y con agitación 1 ml de HCl 6N.
- 3.- Adicionar 4 ml de solución de pepsina al 5 %.
- 4.- Incubar a 39°C durante 48 horas.
- 5.- Para filtrar a las 48 horas, se tendrá el papel filtro-a peso constante.
- 6.- Poner a peso constante un crisol de porcelana.

## P A S O 3

- 1.- Pesar el papel filtro y el crisol.
- 2.- Filtrar el contenido del matraz a través del papel filtro, las veces que sea necesario.

- 3.- Retirar el papel filtro con el residuo, depositarlo en el crisol de porcelana previamente seco y pesado. Se - car en la estufa a 100°C hasta peso constante.

#### P A S O 4

- 1.- Colocar el crisol de porcelana con su contenido en el desecador, enfriar y pesar.
- 2.- Quemar la muestra en el mechero.
- 3.- Incinerar en la mufla a 500°C, hasta que aparezca como ceniza blanca.
- 4.- Obtener el peso del crisol más la ceniza.

#### Determinación.

$$\% \text{ DIVMS} = \frac{g \text{ MSi} - (g \text{ MSn} - g \text{ MSb})}{g \text{ MSi}} \times 100$$

DIVMS = Digestibilidad de la materia seca in vitro.

g MSi = gramos de materia seca inicial.

g MSn = gramos de materia seca no digerida.

g MSb = gramos de materia seca del blanco.

$$\% \text{ DIVMO} = \frac{g \text{ MOi} - (g \text{ MOn} - g \text{ MOb})}{g \text{ MOi}} \times 100$$

DIVMO = Digestibilidad in vitro de la materia orgánica.

g MOi = gramos de materia orgánica inicial.

g MOn = gramos de materia orgánica no digerida.

g MOb = gramos de materia orgánica del blanco. (Schneider, 1975; Morrison, 1977).

**NOTA:** Sería conveniente hacer la determinación de cada muestra por triplicado.

#### Observaciones.

El trabajo se calificará en base a lo siguiente:

- Asistencia.
- Elaboración de un reporte, que contendrá; desarrollo de la práctica, resultados, explicación de los factores que afectan la digestibilidad en los rumiantes, investigara--

diferentes valores de la alfalfa en cuanto a digestibilidad en ovinos.

## FORMULACION DE RACIONES

- **Objetivo General;** En esta parte del manual se pretende dar una breve introducción a la formulación de raciones desde el punto de vista de necesidades nutritivas (PC, ED, materia inorgánica), de premezclas, raciones al mínimo costo y el método de programación lineal; con el objeto de que al finalizar la práctica el alumno tenga un concepto general de la formulación de raciones y sus diferentes técnicas.

### INTRODUCCION

Segun Cullison (1983), una ración balanceada es aquella por medio de la cual se van a aportar los diversos nutrientes, en determinada proporción, para que un animal se nutra adecuadamente cuando se le suministren en cantidades adecuadas.

Brester (1983) define a una ración balanceada como la cantidad de alimento que consume diariamente un animal, la cual si esta correctamente elaborada aporta a éste la cantidad necesaria de nutrientes para el mantenimiento y determinado nivel de producción esperado.

La composición nutritiva del alimento y los requerimientos nutricionales de la especie, variedad de que se trate, considerando la edad, el peso y la función zootécnica; determinan en parte que alimento y en que cantidad formarán la mezcla, además del punto de vista económico.

Los estándares de alimentación no deben aplicarse demasiado rígidamente al formular raciones porque, en la práctica, no se prepara diariamente la mezcla de cada animal.

Una ración perfectamente equilibrada, unida a los demás elementos de la cría, ambiente, tipo genético, estado sanitario, manejo, etc., conseguirán llevar al máximo grado el crecimiento y las diversas producciones.

Se ha demostrado plenamente que los rendimientos netos más elevados que se obtienen en las producciones ganaderas no se consiguen con las dietas de mayor costo por elegir los

alimentos más caros, sino de saber elegir los nutrientes que, al asociarse, intercambian y completan entre sí sus principios nutritivos y al mismo tiempo saber elegir las materias primas de menor precio y máxima función, evitando desequilibrios (Caselli, 1971).

La confección de una ración para cualquier animal consta de cuatro pasos fundamentales:

- A) Cálculo de requerimientos nutritivos.
- B) Elección de los alimentos a utilizar.
- C) Cálculo del aporte de nutrientes de los alimentos.
- D) Balance final de la ración.

Los requerimientos nutritivos para los animales están establecidos y contenidos en tablas que han sido elaboradas por diferentes centros de investigación, NRC, ARC, etc.

Los requerimientos de mantenimiento dependen del peso vivo de los animales de manera que a mayor peso mayores son los requerimientos para el mantenimiento del animal. Por lo que el primer dato que debemos saber de un animal para calcular una ración es su PV.

Los requerimientos de producción están referidos a determinado nivel productivo, es decir, que a mayor producción serán los requerimientos por este concepto, por ejemplo, en caso del engorde es necesario conocer la ganancia diaria (kg/día) que se espera o se debe obtener y con este dato se buscan las necesidades en las tablas.

Se tienen que determinar el estado reproductivo de los animales y con esto determinar los requerimientos necesarios.

### PRACTICA No. 8

**Formulación de Raciones para el Ganado (una necesidad)**

- 1.- Cuadrado de Pearson.
- 2.- Método de Kaldman Trujillo.
- 3.- Ecuaciones con una Incógnita.
- 4.- Método de Eliminación para Resolver Ecuaciones de una Incógnita.
- 5.- Método de Sustitución.

### PRACTICA No. 9

**Formulación de Raciones para el Ganado (dos necesidades)**

- 1.- Doble Cuadrado de Pearson.
- 2.- Ecuaciones Simultáneas.
- 3.- Método de Determinantes (regla de Cramer).

### PRACTICA No. 10

**Formulación de Raciones para el Ganado (tres necesidades)**

- 1.- Método de Determinantes (regla de Cramer).
- 2.- Ecuaciones Simultáneas.
- 3.- Técnica de Tanteo.

#### **Cuadrado de Pearson.**

Este método fue desarrollado por Pearson<sup>+</sup> y se basa en la utilización de un cuadrado para determinar la proporción o porcentaje en que deben mezclarse dos o más alimentos, un alimento con un concentrado, de tal manera que la mezcla aporte la cantidad de nutriente que requiere el animal o que se desea que esté contenida en la ración que se balancea.

El balanceo se ha hecho por lo general para satisfacer el requerimiento de proteína; sin embargo, la utilidad del método es más amplia, ya que con él se puede balancear cualquier nutriente en las raciones de cualquier especie animal.

Para hacer uso correcto del método se requiere sujetarse -

a las siguientes condiciones:

- 1.- Que el contenido del nutriente en uno de los alimentos sea superior al requerimiento y el del otro sea menor a éste.
- 2.- Que los nutrientes de los alimentos y lo que requiere el animal se expresen sobre la misma base de materia seca:
  - a. Cuando se formula para ruminantes, el contenido de nutrientes de los alimentos y lo que requiere el animal deben ser ajustados al 100% de materia seca.
  - b. Al formular para monogástricos no se requiere hacer el ajuste anterior si se formula con alimentos secos (90% de materia seca aproximadamente), †(Trujillo, --- 1979).

Este método consiste en dibujar un cuadrado, en el centro del cual se coloca el porcentaje, ya sea de proteína, energía o TND deseado en la ración. En los vértices izquierdos se escriben los nombres de los alimentos y sus contenidos, en los del lado derecho se anotan los valores que resultan de restar diagonalmente los contenidos de cada alimento a utilizar, del valor requerido en la ración. Dichas referencias serán las partes requeridas de los alimentos, para obtener el nivel deseado en la mezcla. Estos valores conviene expresarles en porcentajes, para facilitar la preparación de la ración (Crampton, - 1974; Morfín, 1982; DeAlba, 1983).

#### **Método de Kaldman Trujillo.**

Este método fue desarrollado en el Centro Nacional de Productividad de México, A.C., por Kaldman, E.J.P. y Trujillo, F. V., en 1977.

Es accesible, ya que toda persona que domine las operaciones aritméticas, que sepa lo elemental de álgebra y que pueda dibujar y leer valores a escala, lo dominará.

Esta técnica nos muestra un sistema de balanceo de raciones en el cual solo podremos dar una solución a una necesidad con-

una gran variedad de combinaciones (estará determinado por el número de ingredientes utilizados).

La formulación se hace matemática y es a base de la utilización de Cuadrado de Pearson y una gráfica (red topológica), además de unas tablas donde aparecen los valores calculados de nuestros ingredientes a utilizar y sus combinaciones posibles.

El único requisito del método, que a su vez es general para cualquier otro, es que el contenido de nutrientes de unos alimentos sea superior al requerimiento del animal y el de los otros que intervienen en la formulación sea inferior.

#### **Ecuaciones Algebraicas.**

Debemos recordar que el objetivo de esta práctica es principalmente introducir al alumno a las diferentes técnicas de formulación, por lo que no se profundizara en el desarrollo de estos métodos, los cuales pueden ser consultados ampliamente en algún texto especializado (ver Arista, 1984)..

Por lo anterior en este tema de ecuaciones algebraicas en relebaremos todos aquellos métodos que se calculan por estas operaciones.

El algebra es una rama de las matemáticas inventada por los griegos. Según Miguel de Toro (1970) corresponde a Diofante de Alejandría el tratado de álgebra más antiguo que se conoce. El mismo autor nos informa que fueron los árabes, a través de Mohamed ben Muza, quienes introdujeron esta disciplina a Europa en el año 950 de nuestra era.

Pedría parecer extraño que conociéramos datos de tal antigüedad, y por otra parte se desconozca quién, y cuándo, empezó a utilizar las ecuaciones en la formulación de raciones; por su parte el Dr. Vicente Trujillo ha usado las ecuaciones algebraicas en la formulación de raciones desde hace 12 años.

La formulación de raciones mediante la solución de sistemas de sistemas de ecuaciones es muy fácil, ya que basta con-

que se sepa establecer las ecuaciones con los requerimientos y contenido de los nutrientes de los alimentos, que se sepa sumar y restar algebraicamente y que se despejen con propiedad las incógnitas que se tienen. Lo demás se satisface con un buen dominio de las operaciones aritméticas.

Con ayuda del álgebra podemos formular raciones que satisfagan los requerimientos de uno, dos o más nutrientes, dependiendo este del número de ecuaciones que se establezcan y de la forma en que se resuelvan.

Ahora creemos conveniente señalar los requisitos que debemos satisfacer para formular adecuadamente:

- Que el contenido de nutrientes de algunos alimentos con los que se requiere formular sea superior al requerimiento del animal y el de otros sea menor a éste.
- Que el contenido de nutrientes de los alimentos y lo que requiere el animal, se expresen en las mismas unidades.

Para ecuaciones simultáneas cuando la formulación es de dos o más nutrientes dependerá de número de ecuaciones que se establezcan y de la forma en que se resuelvan. Si el valor de las incógnitas se obtiene por sustitución o suma y resta, sólo podemos resolver como máximo sistemas de tres ecuaciones simultáneas.

Una vez que contamos con los requerimientos nutricionales del animal y el contenido de nutrientes de los alimentos con los que queremos formular, procedemos a hacer lo siguiente:

1° Establecemos la primera ecuación igualando la suma de las incógnitas a 100, si queremos formular en base a por ciento. O bien, igualamos la suma de los productos de cada incógnita por el contenido de MS de los alimentos que representan con los kg. de MS que se requieren si queremos formular en base a lo que debe ingerir el animal por día.

2° Las siguientes ecuaciones las establecemos en la misma forma. Se trata de obtener las cantidades de cada ali-

mente en por ciento de la ración o como parte de los kg. de MS de lo que requiere el animal por día. Esto quiere decir que cada incógnita se multiplica por la cantidad o por ciento del nutriente que contiene el alimento que representan y la suma de los productos se iguala al requerimiento del nutriente considerado.

Para la solución por medio de Ecuaciones con una Incógnita se dará un valor determinado a una de las variables, para así poder encontrar el valor de la segunda variable.

#### **Método por Sustitución.**

Este método fue desarrollado por J.P. Fontenat<sup>+</sup>, en el - Instituto Politécnico de Virginia, USA, para formular raciones para ganado de carne; sin embargo se puede utilizar en la formulación para cualquier otra especie. Además con este método podemos calcular las cantidades de los alimentos que compongan una ración como porcentaje o como partes de lo que requiere un animal por día.

Consiste en cubrir lo que se requiere de un nutriente o cantidad de kg. con un sólo alimento, y después sustituir parte de éste con otro alimento, de tal manera que la mezcla satisfaga el requerimiento de los dos nutrientes o de un nutriente y la cantidad de kg. para balancear en base a porcentaje. La cantidad del segundo alimento se obtiene al dividir la diferencia entre el requerimiento del segundo nutriente, y lo que aporta la cantidad del primer alimento de dicho nutriente entre la diferencia de contenido del segundo nutriente en el segundo y -- primer alimento.

#### **Doble Cuadrado de Pearson.**

Generalmente la formulación de dietas para ganado no sólo contempla la solución de un nutriente, sino que se utiliza con gran frecuencia la formulación para dos nutrientes.

La metodología consiste en:

A) Definir las características productivas y reproductivas

del animal para el que queremos formular.

- B) Encontrar la composición de los alimentos en los nutrientes que se están considerando (dos nutrientes).
- C) Aplicación del cuadrado, en una primera mezcla para obtener el valor del primer nutriente deseado, y un valor mayor al requerido del segundo nutriente.
- D) Aplicación del cuadrado, en una segunda mezcla para obtener el valor del primer nutriente, y un valor menor al requerido del segundo nutriente.
- E) Con los valores mayor y menor del segundo nutriente, se procede a formular un tercer cuadrado, para encontrar el valor requerido del segundo nutriente.
- F) Por último se deduce el porcentaje de los ingredientes incluidos en la formulación.

#### **Método de Determinantes (Regla de Cramer).**

Este método consiste en formar matrices (del sistema, de la primera y segunda incógnita), tomando los valores de los coeficientes de las incógnitas y los valores de los términos independientes para formarles (cantidad de nutrientes que se requieren). Dividiendo el resultado de las matrices de las incógnitas, por separado, entre el determinante del sistema para encontrar los valores de dichas incógnitas.

Con este método podemos formular raciones para dos y tres necesidades con varios ingredientes.

#### **Método de Tanteo.**

Este método es sencillo y práctico, ya que con solo dominar las operaciones aritméticas se puede formular. Es utilizado en la formulación para varias necesidades, según sea el caso.

Para comenzar la técnica se necesita considerar los recue-

rimientos nutritivos para el estado fisiológico de los animales y buscar estos valores en las tablas. Se eligen los ingredientes que serán necesarios, y el porcentaje de cada uno de ellos se hace al tanteo; de tal modo que se cubran lo mejor posible, todos los requerimientos .

Es de suponer que habrá ciertas diferencias (mayores o menores) entre los valores obtenidos, con los valores requeridos y para esto, se pueden corregir de la siguiente manera:

A) Si cualquiera de los valores es menor al requerido, principalmente en PC y EM se puede corregir el porcentaje de los ingredientes que sea necesario, para obtener el valor que mejor cubra sus necesidades, o utilizar otro (S) - ingrediente (s) que nos ayude a llenar los requerimientos del animal.

B) Al corregir el valor deseado, se debe tener cuidado de no alterar los demás valores (que no lleguen a ser menores de los requeridos).

C) Cuando los valores son mayores a los requeridos se les pone un signo (+) y cuando son menores un signo (-).

D) Cuando la mezcla tiene valores mayores a los requeridos se puede aceptar así, siempre y cuando estos valores no sean muy altos, si así fuere se tiene que corregir nuevamente, para evitar un desperdicio innecesario (Trujillo,<sup>†</sup> -- 1979; Rodríguez, 1984).

## PRACTICA No. 11

### Formulación de Premezclas (minerales y vitaminas)

El término de premezcla se refiere a la combinación de pequeñas cantidades de ingredientes de la mezcla total.

Para la elaboración de las diferentes premezclas, se pueden utilizar vitaminas, minerales traza, antibióticos y otros medicamentos, empleables en la alimentación de los animales domésticos.

Estas premezclas ocupan una pequeña parte de la mezcla total y dentro de ésta muchos ingredientes son adicionados en pocos gramos o miligramos. Estos ingredientes se aplican en pequeñas cantidades lo cual dificulta la mezcla uniforme cuando se quieren aplicar directamente a la mezcla total.

La evaluación y dosificación de estos compuestos es de extrema importancia ya que son requeridos en mínimas cantidades, algunos de ellos son tóxicos si son sobredosificados, otros condicionan su absorción a la presencia y cantidad de un tercero. Pero todos se deben encontrar perfectamente mezclados en la ración si se quiere realmente satisfacer el fin por el cual fueron preparados.

La investigación sobre microingredientes es abundante y la información proporcionada se encuentra en pesos y medidas del sistema métrico decimal o del sistema inglés, lo importante, por esto, de familiarizarse con ambos sistemas antes de hacer la evaluación requerida.

Para poder preparar una premezcla semejante a la comercial se determinan los requerimientos nutricionales por tonelada de alimento para una situación determinada y se buscan fuentes de vitaminas de uso comercial, se establece su concentración y especificamos la cantidad de premezcla que deseamos utilizar.

Para una premezcla mineral, necesitamos conocer los requerimientos del animal para cada etapa de desarrollo o de producción, y después deducir dichos requerimientos por tonelada-

de alimento. Una vez hecho esto, es importante conocer las -- fuentes de microminerales y su concentración para saber cuales vamos a utilizar; elegida la fuente se procede a encontrar su peso molecular, el porcentaje del nutriente deseado y, por último la cantidad en kilogramos para preparar la premezcla. Esto se debe realizar para cada fuente.

## PRACTICA No. 12

### Formulación de Raciones a Mínimo Costo por el Método de Graficación

En las fórmulas presentadas con anterioridad, el factor -- costo no ha sido considerado. Sin embargo en el curso normal -- de la formulación de dietas, el costo de los ingredientes utilizados es un factor muy importante, el cual debe ser considerado uno de los factores prioritarios al formular dietas paraganado y solo en pocas ocasiones (animales de espectáculo, de compañía y ornato) los costos de la alimentación no resultan ser un factor prioritario.

Existen diferentes maneras en las cuales el costo del alimento puede utilizarse para formular raciones menos caras. En algunas situaciones existe una lista pequeña de alimentos a -- utilizar y la selección se hace a partir del ingrediente que -- resulta más económico por unidad de energía o proteína.

Una vez obtenidos estos resultados, se podrá asumir un concepto más claro del verdadero valor del alimento a utilizar. -- Sin embargo hay que tener en cuenta que algunos ingredientes -- resultan ser económicos por el costo de PC y/o kg. de TND, pero en la práctica estos alimentos presentan algunos productos tóxicos, altas concentraciones de PC, son poco apetecibles al ganado o presentan otras características que no permiten una utilización integral de estos ingredientes por lo cual el técnico -- se vera en la necesidad de asumir en base a su experiencia el porcentaje más adecuado de estos ingredientes a utilizar.

## PRACTICA No. 13

### Formulación de Raciones a Mínimo Costo y Análisis de Nutrientes Resolución Gráfica por el Método de Programación Lineal

Con los métodos matemáticos que hemos descrito en los capítulos anteriores, podemos formular raciones que satisfagan los requerimientos nutricionales de uno hasta tres nutrientes, con dos o más alimentos. Sin embargo para balancear raciones en un mayor número de alimentos, imponiendo restricciones de máximos y mínimos tanto a los alimentos como a los nutrientes y logrando a la vez que las raciones sean las más económicas, los métodos anteriores resultan insuficientes.

Para balancear raciones que satisfagan las diferentes condiciones señaladas se requiere de procedimientos matemáticos más complejos. Cuando éstos nos sirven para formular modelos lineales se les conoce con el nombre de "Programación Lineal".

Los modelos matemáticos lineales constan de una función -- objetivo lineal que puede servir para maximizar utilidades o -- producción de una empresa agropecuaria o industrial, o bien para minimizar costos (caso concreto de la formulación de raciones); constan además de un conjunto de igualdades o desigualdades lineales conocidas también como restricciones, a las cuales se sujeta la la función objetivo. Es decir, la solución óptima, cuando es factible, tiene que darse en el marco de las -- restricciones.

Los modelos matemáticos formulados con la programación lineal se pueden resolver en forma gráfica y matemática.

La solución gráfica es factible cuando se formula una ración con sólo dos alimentos. Si bien hay limitación en el número de alimentos, el método permite considerar cualquier número de restricciones (nutrientes).

A medida que se modifica los costos de los alimentos y/o -- las restricciones que pesan sobre una ración, cambia totalmente la fórmula de costo mínimo.

La cantidad de alimentos escogidos para la ración de costo mínimo es igual o menor al número de restricciones que entran en la formulación de dicha ración. Por ejemplo, si las únicas restricciones especificadas son de energía y proteína, la ración final tendrá un máximo de dos ingredientes. Uno será la fuente de energía de costo mínimo y el otro la fuente de proteína de costo mínimo. Si en alguna circunstancia existiera un alimento cuya fuente de energía y proteína fuera la de costo mínimo, en el resultado solo saldría éste. (Trujillo, 1979; -- Rodríguez, 1984).

Supongamos que se tienen dos variables que son  $x$  y  $y$  -- (cada una representa a los alimentos) a las cuales se les daran valores, éstos serán los coeficientes de cada nutriente. Posteriormente se hace una tabla de la expresiones matemáticas que representen las restricciones, se calcula el valor de  $x$  y  $y$  en cada una de las expresiones matemáticas.

Se grafica en un eje de coordenadas el valor de  $x$  y  $y$  para cada una de las expresiones matemáticas; donde la  $x$  se considera como la ordenada y la  $y$  como la abscisa.

Las rectas que se forman al graficar nos dan como resultado un polígono, el que nos indica donde se encuentran el área de solución posible; esto quiere decir que cualquier punto que se escoja de dicha zona, llenará los requisitos mencionados pero no todas las soluciones serán iguales en costo.

Algebraicamente la solución se obtiene resolviendo simultáneamente el sistema de ecuaciones de las dos líneas que satisfacen la restricción de que  $x$  y  $y$  debe ser igual a uno.

## PRACTICA No. 14 - 16

### **Diseño, Desarrollo e Interpretación de un Experimento en Nutrición Animal, Mediante el uso del Método Científico, que será propuesto por el alumno**

- **Objetivo General:** Por medio de esta práctica el alumno aprendera a comunicar sus hallazgos en forma escrita y, aplicara el Método Científico y los conocimientos adquiridos en su curso teórico práctico al formular un experimento relacionado con Nutrición y Alimentación Animal.

Las investigaciones científicas, en su concepción más amplia e integral, permite el desarrollo de la ciencia y de la técnica; es la vía principal de que dispone el hombre para penetrar en la esencia de los hechos, fenómenos y procesos.

Mediante la introducción creadora en la práctica de nuevos descubrimientos, se podrá lograr un aprovechamiento máximo de los recursos disponibles. La experimentación, como parte importante de las investigaciones, ayuda por un lado a avanzar y de sarrollar las diferentes ciencias y por otro lado, permite ele var el nivel de actividad productiva.

La experimentación específicamente en Nutrición Animal po sibilita el progreso de la producción animal, lo que contribuye a satisfacer las necesidades de nuestra sociedad, una de -- las máximas aspiraciones de nuestra especialidad, la Medicina-Veterinaria y Zootecnia.

"El carácter esencial de todo científico es la búsqueda de algo que se desconoce: un tipo de curiosidad que no puede quedar confinada en la oscuridad"

Herminia Serrano M.

## **VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- AGUIRRE, M; 1979: "Métodos de Muestreo, Curso de Actualización Sobre Análisis de Ingredientes para la Alimentación Animal", INIP - SARH. Palo Alto, México.
- 2.- ARISTA, P.E.; BAÑOS, C; 1984: "Manual de Formulación de Raciones para Ganado", Centro Nacional de Investigaciones Hidroponicas, A.C. México, D.F.
- 3.- BACHLOID, E; AGUILAR, A; JUAREZ, J; 1982: "Economía -- Zootécnica", primera edición, Editorial LIMUSA. México, D.F.
- 4.- BECERRIL, PCM; 1985: "Diseños Cruzados en Cuadrado Latino con Efectos Residuales", Tesis de Maestría, UACH. Chapingo, México.
- 5.- BOADA, S.A.; \_\_\_\_: "Manual de Clases Prácticas y Prácticas de Laboratorio; Nutrición Animal II", Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana. Cuba.
- 6.- BORQUEZ, G.J.L.; 1980: "Formulación de Dietas Completas para Rumiantes", Tesis de Licenciatura, UACH. Chapingo México.
- 7.- BROSTER, H; SWAN, H; 1983: "Estrategia de Alimentación para Vacas Lecheras de Alta Producción", primera edición, - AGT Editor, S.A. México, D.F.
- 8.- CASELLI, R; 1971: "Piensos Compuestos", Ediciones GEA. Barcelona, España.
- 9.- CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A.; 1980: "Metodología Científica", Editorial McGraw Hill. Bogota, Colombia.
- 10.- COCHRAN, W.G.; COX, G.W.; 1985: "Diseños Experimentales", primera edición. México, D.F.
- 11.- CRAMPTON, E.W.; HARRIS, L.F.; 1974: "Nutrición Aplicada", segunda edición, Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- 12.- CULLISON, A.E.; 1983: "Alimentos y Alimentación de Animales", primera edición, Editorial Diana. México, D.F.

- 13.- DEALBA, J.; 1983: "Alimentación del Ganado en América Latina", segunda edición, Ediciones La Prensa Médica Mexicana. México, D.F.
- 14.- ESQUIVEL, W.M.; 1981: "Procedimiento para la Realización de un Estudio Monográfico", Centro de Investigación - en Química Aplicada. Saltillo, Coahuila.
- 15.- FERNANDEZ, R.S.; \_\_\_\_: "Material para el Curso de Nutrición Animal II. Chapingo, México.
- 16.- GALVAN, C.A.; 1979: "Elementos de Bioestadística", -- Editorial Fondo Educativo Interamericano. México, D.F.
- 17.- GARCIA, R.I.; 1984: "Metodología de la Investigación", Editorial Departamento de Bosques. UACH. Chapingo, México.
- 18.- GUTIERREZ, S.P.; 1983: "Notas de Investigación Documental", Editorial Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, México.
- 19.- HAPEZ, E.S.E.; DYER, I.A.; 1969: "Animal Growth and Nutrition", Editorial Lea and Febiger. Philadelphia, USA.
- 20.- HARSEIGN, W.; SWAN, H.; DYPED, L.; 1977: "Nutrition - and the Climatic Environment", Printed by Billing and Sons Ltd. Nottingham, London.
- 21.- HARSEIGN, W.; 1980: "Recent Advances in Animal Nutrition", Printed by the University Press. Cambridge, London.
- 22.- HEREDIA, H.J.G.; 1984: "Introducción al Método Científico", Editorial Continental. México, D.F.
- 23.- HERRERA, A.B.; 1973: "Proposición de un Diseño Experimental para Analizar Experimentos con Animales en Pastoreo" Tesis de Maestría. ENA, Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.
- 24.- HURLEY, J.; AGUILAR, A.; GARIBAY, J.; LANDEROS, J.; - 1981: "Técnicas de Diseño Experimental", Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, PES - C. Cuautitlán, México.

25.- KALDMAN, E.J.F.; 1980: "Planeación de Empresas Agropecuarias", Centro Nacional de Productividad de México, A.C., México, D.F.

26.- KEITH, T.B.; BAKER, J.P.; 1976: "Feed Formulation Manual", secon edition, The Interstate Printers and Publisher Inc.. Illinois, Danville.

27.- KEITHLEY, E.M.; 1980: "Manual para la Elaboración de Tesis, Monografías e Informes", South Western Publications Cincinnati, Ohio.

28.- MARTIN, R.M.H.; 1980: "Estimación de la Eficiencia Relativa de Dos Distribuciones: Bloques al Azar y Cuadro Latino Modificado en Apodaca Nuevo León en 24 Variedades de Trigo en el Ciclo 75-76". Tesis de Licenciatura, ITESM. -- Monterrey; Nuevo León.

29.- MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.P.; WARNER, R.-G.; 1981: "Nutrición Animal", segunda edición, Editorial - McGraw Hill. México, D.F.

30.- McDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHAGH; 1979: "Nutrición Animal", segunda edición, Editorial Acribia. Zaragoza España.

31.- MENDEZ, R.I.; 1975: "Estadística y Método Científico", Serie Azul, Monografías, No. 13, Vol. 2. Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas. UNAM.- México, D.F.

32.- MENDEZ, R.I.; 1978: "Diseños que Usan Bloques". Serie Azul, Monografías, No. 33, Vol. 5. Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas. UNAM. México, D.F.

33.- MENDEZ, R.I.; 1983: "Comentarios Sobre el Diseño y -- Análisis de Experimentación con Animales". Serie Azul, Monografías, No. 67, Vol. \_\_\_\_\_. Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas. UNAM. México, D.F.

34.- MENDEZ, R.I.; 1984: "El Protocolo de la Investigación Lineamientos para su Elaboración y Análisis", Editorial --

Trillas. México, D.F.

- 35.- Midence, R.; 1976: "Formulación de Raciones Alimenticias de Mínimo Costo", Tesis de Licenciatura. ITESM. Monterrey, Nuevo León.
- 36.- MORALES, L.; 1972: "Formulación de Raciones Alimenticias de Mínimo Costo", Tesis de Licenciatura. UACH. Chapingo, México.
- 37.- MORENO, I.R.; 1983: "Manual de Alimentación Práctica para el Cerdo en México", Tesis de Licenciatura. FES- C. - UNAM. Cuautitlán, México.
- 38.- MORFIN, L.L.; 1982: "Manual de Laboratorio de Bromatología", FES- C, UNAM. Cuautitlán, México.
- 39.- MORRISON, F.B.; 1977: "Compendio de Alimentación del Ganado", octava edición, Editorial UTEHA. México, D.F.
- 40.- N.R.C.; 1979: "Nutrient Requirements of Domestic Animals, Nutrient Requirements of Beef Cattle, National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- 41.- PERRY, T.W.; 1975: "Feed Formulations", The Interstate Printers and Publishers, Inc.. Danville, Illinois.
- 42.- PUEBLA, E.O.; ROSABAL, O.I.; ACOSTA, S.F.; 1983: "Zootecnia General", Editorial Pueblo y Educación. Playa, Ciudad de la Habana.
- 43.- REYES, C.P.; 1985; "Bioestadística Aplicada", primera edición, Editorial Trillas. México, D.F.
- 44.- RODRIGUEZ, U.M.I.; ACEVEDO, C.L.R.; 1984: "Formulación de Raciones para Ganado", Tesis de Licenciatura. FES- C. - UNAM. Cuautitlán, México.
- 45.- SAHAGUN, C.J.; 1978: "Diseño de Bloques Completos al Azar, Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.
- 46.- SCHNEIDER, B.H.; FLATT, W.P.; 1975: "The Evaluation of Feed Tough Digestibility Experiments", The University of Georgia Press. USA.

- 47.- SECRETARIA DE RECTORIA, DIRECCION GENERAL DE ORIENTACION VOCACIONAL; 1981: "Organización Académica", PES- C. - UNAM. Cuautitlán, México.
- 48.- SERRANO, M.H.; REMIS, T.A.; LEYVA, G.C.; 1983: "Alimentación y Manejo del Ganado Vacuno", Editorial Pueblo y Educación. Playa, Ciudad de la Habana.
- 49.- SERRANO, M.H.; 1983: "Elementos de Experimentación -- Agropecuaria", Editorial Pueblo y Educación. Playa, Ciudad de la Habana.
- 50.- SOSA, D.E.; 1981: "Manual de Procedimientos Analíticos para Alimentos de Consumo Animal", Imprenta Universitaria- de la UACH. Chapingo, México.
- 51.- TRUJILLO, F.V.; 1979: "Metodos Matemáticos para la Formulación de Raciones Balanceadas en la Producción Animal",- primera edición, Centro Nacional de Productividad de México México, D.F.