



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**"EVALUACIÓN DE LA DIETA DEL GANADO  
SOBRE LOS ATRIBUTOS DE TRANSFORMACIÓN  
DE LA LECHE EN EL SISTEMA FAMILIAR  
XOCHIMANCAS"**

**TESIS MANCOMUNADA**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

**PRESENTAN**

**María Cristal Correa Salgado**

**Fabiola Hammurabi Hernández Hernández**



**MÉXICO, D.F.**

**2013**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

## **JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** M en C. Lucía Cornejo Barrera  
**VOCAL:** M en I. Karla Mercedes Díaz Gutiérrez  
**SECRETARIO:** MVZ. EPA. José Ignacio Sánchez Gómez  
**1er. SUPLENTE:** Dra. Iliana Elvira González Hernández  
**2° SUPLENTE:** Q.A. Valentín Gómez García

## **SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

Esta tesis se realizó en la finca de la organización campesina "*Xochimancas, Productos del Campo y para el Campo, Sociedad de Producción Rural de Responsabilidad Limitada*", ubicada en el pueblo de San Nicolás Totolapan, Delegación Magdalena Contreras en México, Distrito Federal.

El trabajo experimental se llevó a cabo en el laboratorio C-036 del Edificio "C" del Instituto de Investigaciones Biomédicas, bajo la supervisión del Q.A. EBC. Luis Macedo Segura, siendo el titular de dicho laboratorio el M en C. José Pablo Pérez-Gavilán y Escalante, así como en el Laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica (DNAB) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, México, Distrito Federal.

### **Asesor:**

MVZ. EPA. José Ignacio Sánchez Gómez

\_\_\_\_\_

### **Supervisor Técnico:**

MVZ. MADS. Dolores Noemí Ávila Ramírez

\_\_\_\_\_

### **Sustentantes:**

María Cristal Correa Salgado

\_\_\_\_\_

Fabiola Hammurabi Hernández Hernández

\_\_\_\_\_

## Agradecimientos:

Esta investigación contó con el apoyo para Beca de titulación, asistencia a congreso y adquisición de materiales por parte del Proyecto "Biosilo Xochimancas, complemento nutrimental para la alimentación de ganado productor de leche con calidad orgánica en la Ciudad de México" (PIEMP11-48) auspiciado por el Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal (ahora Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación) dentro del Programa Ciudad Sustentable.

Las autoras agradecen el apoyo para realizar esta investigación a:

- Xochimancas Productos del Campo y para el Campo Sociedad de Producción Rural de Responsabilidad Limitada.
- Q.A. EBC. Luis Macedo Segura, Profesor de la asignatura de bioquímica y biología molecular, FM-UNAM.
- MVZ. EDV. M en C. Angélica Ruíz Romero, Técnico Académico Asociado "C" Tiempo Completo, Departamento de Medicina y Zootecnia de Rumiantes, FMVZ-UNAM.
- M. en C. Jorge A. Escutia, Investigador de Futuro Común Ciencia y Sociedad A. C.
- MVZ. MP<sub>I</sub><sup>+</sup>. Agustín Roberto Bobadilla Hernández, Técnico Académico Asociado "A" Medio Tiempo, Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, FMVZ-UNAM.

# *Dedicatorias Cristal*

*A mi madre **Teresa Salgado Aguilar,**  
quien a lo largo de mi vida me ha guiado y apoyado,  
siendo la mejor maestra que la vida pudo darme.*

*A mi hermana **Guadalupe Correa Salgado,**  
quien ha sido mi segunda madre, cuidándome  
y siempre creyendo en mí.*

*A mi tía **Emma Salgado Aguilar,**  
quien está pendiente de toda la familia  
brindándonos su cariño, apoyo y comprensión.*

*A mis abuelos **Leonor y Roberto,**  
quienes me dieron el regalo más grande de todos,  
a mi madre.*

*A mis amigos **Iveet, Jaime y Miguel,**  
por su amistad, tiempo y apoyo durante esta  
etapa de mi vida, al enseñarme a ser una mejor persona.*

*A mi gran amiga, **Fabiola Hammurabi Hdez. Hdez.,**  
quien enfrentó conmigo esta etapa, brindándome su amistad,  
tiempo y apoyo, siendo mi ejemplo para crecer espiritualmente.*

*A mi mejor amiga **Denisse Estrella Acevedo Aguayo,**  
quien ha estado a mi lado desde la infancia, compartiendo conmigo  
grandes momentos y enfrentando juntas las pruebas de la vida.*

# *Dedicatorias Fabiola*

*Al Gran Dios Su y los Grandes Maestros  
por permitirme su intensa luz, orientaciones y protecciones en todo momento.*

*A mi padre **José de Jesús Hernández Trejo**,  
quien con su fortaleza me mostró que por muy difícil que parezca la vida siempre te  
permite obtener lo mejor de tí.*

*A mi madre **Rocío Susana Hernández Vázquez**,  
quien con su gran amor y cariño incondicional  
me ha apoyado en todos y cada uno de mis pasos.*

*A mi hermana gemela **Fátima Yakin**, quien es  
la fortaleza de mis debilidades y demostrarme que juntas formamos una sola alma.*

*A mis abuelitos **Cecilio & Celía**, mis tíos **David, Guillermo, Luis, Lumi, Araceli**,  
quienes desde mi infancia guiaron mi formación académica y  
moral cuidándome como a una hija.*

*A mis primos, **Ázrael, Israel, Araceli y Francisco**  
quienes han sido mis hermanos y con los que he compartido  
grandes alegrías de la infancia.*

*A la directiva y amigos de Mahikari, **Mónica Cruz, Ariel, Nelly, Mónica Maya, Vania,  
Andrés, Ulises, Trini, Karlita, Juanita Reyes** por su amistad, tiempo, cariño y apoyo  
durante es etapa de mi vida, al enseñarme que el espíritu es lo principal.*

*A mi amiga **Vale, Mirelle, mi cuñis Sergio, Zaizy y Ariana** por apoyarme en todo  
momento para cambiarme de proyecto y seguir adelante con mi tesis.*

*A mis amigos de PROFECO **Mari, Isa, Mayell y Alma**  
por su cariño, alegrías y apoyo moral para materializar uno de mis sueños.*

*A mis amigos de la carrera **Bianii, Juan Ramón, Jesuitas,  
Normita, Ameyalli** por su amistad y cariño durante la carrera.*

*A mi amiga, **Cristal Correa**, quién con su paciencia, tenacidad y ejemplo me permitió  
finalizar este proyecto a pesar de todas las dificultades.*

# *Dedicatorias*

## *Cristal & Fabiola*

*A la **Universidad Nacional Autónoma de México**,  
que dentro sus aulas nos enseñó a sentirnos orgullosas  
al saber que por nuestra raza hablará el espíritu.*

*A nuestro asesor **MVZ. EPA. José Ignacio Sánchez Gómez**,  
quien nos apoyó para la realización de esta tesis brindándonos su tiempo.*

*A nuestra supervisora técnica **MVZ. MADS. Noemí Ávila Ramírez**,  
quien dirigió este proyecto y nos apoyó en todo momento , brindando su tiempo y sabios  
consejos, guiándonos además en la vida .*

*A el **M en C. Jorge Alberto Escutia Sánchez** ,  
quien compartió sus conocimientos y frases célebres para que esta tesis pudiera realizarse.*

*A la **M en C. Angélica Ruíz Romero**,  
quien formó parte de este proyecto, brindándonos sus conocimientos.*

*A nuestros amigos **Rosa y Gerardo**,  
por compartir con nosotros esta etapa, brindándonos su amistad y apoyo.*

*A nuestros profesores por enseñarnos  
que la educación se complementa con la práctica en la vida diaria y fuera de las aulas.*

*A la **Profesora Rosario Raquel Biciego Sánchez**,  
quien es una excelente profesora no solo por su manera de enseñar sino por su calidad  
humana para ayudarte sin ni siquiera tener que pedirselo.*



# Índice

Resumen .....	1
Introducción .....	3
Objetivos .....	4
Hipótesis .....	5
Marco Teórico .....	6
Factores que influyen en la producción y composición de la leche.....	7
Alimentación del ganado.....	8
Nutrimentos.....	13
Energía.....	13
Hidratos de carbono.....	14
Proteína .....	18
Lípidos .....	19
Minerales.....	21
Agua .....	22
Aptitud de la Leche para su transformación .....	23
Queso tipo Oaxaca .....	25
Metodología .....	35
1. Descripción del Sistema Lechero Xochimancas .....	36
2. Composición nutricional de la dieta.....	37
2.1. Base de la dieta .....	37
2.2 Suplementos Xochimancas .....	38
3. Evaluación de la dieta.....	39
4. Relación entre el balance de la dieta y la composición de la leche cruda Xochimancas .....	48
5. Relación entre la composición de la leche cruda y el queso tipo Oaxaca Xochimancas .....	49
Resultados y Discusión .....	50
1. Descripción del sistema lechero familiar Xochimancas.....	50





2. Composición nutricional de la dieta .....	57
2.1 Base de la dieta .....	57
2.2 Suplementos Xochimancas .....	58
a) Bloque multinutricional.....	58
b) Biosilo Xochimancas .....	64
c) Perfil nutricional de los suplementos Xochimancas .....	69
3. Evaluación de la dieta proporcionada al hato Xochimancas .....	76
3.1 Cálculo de los requerimientos del hato Xochimancas.....	76
3.2 Cálculo de los aportes de la ración .....	77
3.3 Balance de la dieta .....	78
Energía.....	80
Proteína .....	81
Fibra .....	82
Agua .....	84
Minerales.....	85
4. Relación entre el balance de la dieta y la composición de la leche cruda Xochimancas .....	86
5. Relación entre la composición de la leche cruda y el queso tipo Oaxaca Xochimancas .....	92
Conclusiones.....	97
Recomendaciones .....	99
Leche .....	99
Queso Tipo Oaxaca .....	100
Bibliografía .....	101
Anexo 1 .....	113
Anexo 2 .....	116
Fracciones de la Fibra (Van Soest, 1967).....	116
Digestibilidad <i>In-Vitro</i> de la Materia seca .....	124



## Resumen

Las lecherías familiares o de traspatio representan el 35% de la producción de leche en México, siendo de gran importancia para el desarrollo rural. En este tipo de lecherías resulta más redituable la transformación de la leche a productos lácteos, por lo que se busca obtener leche con una alta concentración de sólidos, esencialmente proteína y grasa. La alimentación del ganado es una vía accesible para favorecer el desarrollo del potencial lechero, por lo que en este proyecto se evaluó la dieta proporcionada al hato<sup>1</sup> de la empresa familiar Xochimancas Productos del Campo y para el Campo S.P.R. de R.L. Se valuó el aporte de: Energía Metabolizable (EM), Energía Neta de lactación (EN<sub>L</sub>), Fibra Detergente Neutro (FDN), Proteína Cruda (PC), calcio y fósforo en la dieta proporcionada en los intervalos de enero-marzo y abril-agosto del 2012; esto con respecto a los requerimientos para bovinos Jersey de 350 kg de peso vivo, con una producción de 14 y 12 Litros al día por bovino en cada intervalo de estudio respectivamente, tomando en cuenta un 4.5% de grasa en leche. En el intervalo de enero-marzo se obtuvo un balance negativo de EM (-8.4 Mcal), EN<sub>L</sub> (-3.35 Mcal), PC (-3.8%) y fósforo (-0.11%); cubriendo solo los requerimientos de calcio (+0.48%). Para el segundo intervalo de estudio, abril-agosto, se mantuvo el balance negativo de EM (-7.7Mcal), EN<sub>L</sub> (-1.7Mcal) y PC (-4.46%), cubriéndose los requerimientos de los minerales, calcio (+0.81%) y fósforo (0.02%). El balance de la dieta se relacionó con la calidad de la leche generada por el hato (3.10% grasa, 3.26% proteína, 0.86% cenizas); del cual se determinó que un mal

---

<sup>1</sup> Hato: Conjunto de bovinos que se encuentran en un mismo sitio y que tienen un mismo objetivo productivo.



muestreo solo permite inferir que la deficiencia de energía en la dieta afectó al contenido de proteína láctea, no así el bajo porcentaje de grasa, ya que el aporte de FDN es de 55.90% para el intervalo de enero-marzo y de 53.00% para abril-agosto, lo que favorece la síntesis de grasa láctea.

Posteriormente, se relacionó la composición proximal de la leche cruda y el queso tipo Oaxaca (23% grasa, 22% proteína, 47.9% humedad), elaborado en el Taller de Lácteos Xochimancas; del cual se observó que el porcentaje de grasa reportado en la leche no es el adecuado ya que no permitiría la elaboración de un queso que cumpliera con las especificaciones fisicoquímicas que marca la normatividad mexicana. Finalmente, con los resultados obtenidos, se realizaron recomendaciones al personal de Xochimancas para mejorar la calidad de su dieta y permitir así el desarrollo del potencial lechero que se atribuye a la raza Jersey.

**Palabras clave:** lechería familiar, balance, porcentaje de grasa y proteína láctea.



# Introducción

Xochimancas Productos del Campo y para el Campo, Sociedad de Producción Rural de Responsabilidad Limitada (*Xochimancas*), es una empresa familiar con más de 20 años de experiencia en actividades agropecuarias. Se ubica en el Paraje de Chichicaspatl, entre las Delegaciones Magdalena Contreras y Tlalpan, Distrito Federal (Arias, 2013).

Uno de los objetivos de Xochimancas es reducir el uso de insumos químicos externos, implementando técnicas de agricultura orgánica y otras de bajos insumos (Arias, 2013). Esto les ha permitido obtener la certificación orgánica de IFOAM, BIOAGRICERT para lechuga, fresa y jitomate desde el año 2005. Bajo esta misma filosofía, la dieta del ganado bovino está libre de agroquímicos u hormonas, obteniendo leche que se transforma artesanalmente a derivados lácteos.

Con la finalidad de mejorar la unidad de producción de lácteos en el 2011, Xochimancas se vinculó con la Universidad Nacional Autónoma de México a través del ICyTDF para obtener diagnóstico, recomendaciones y capacitación en los temas referentes al procesamiento de leche, siendo uno de los enfoques la evaluación de la dieta proporcionada al hato como medio para obtener leche con buenos atributos de transformación.



# Objetivos

## Objetivo General

Evaluar el aporte nutrimental de la dieta del Hato Xochimancas y su relación con la composición de la leche y queso tipo Oaxaca.

## Objetivos Particulares

- Analizar la dieta en función de los requerimientos del Hato Xochimancas de acuerdo a la raza, peso corporal y contenido de grasa en la leche.
- Relacionar el aporte de la dieta con la composición nutricional de la leche para explicar los atributos de transformación a un queso artesanal.



## Hipótesis

Si al evaluar la dieta del hato Xochimancas, ésta cubre los requerimientos nutricionales de los bovinos, entonces se espera que el volumen de leche producida y la composición de la misma coincidan con su potencial lechero, reflejándose en la capacidad de transformación a queso tipo Oaxaca.



## Marco Teórico

En casi todo el mundo, el modelo predominante de organización lechera es una finca de tipo "familiar", América Latina no es la excepción a esta regla, debido a que cerca de 3.15 millones de productores de leche desarrolla sus actividades en este tipo de fincas, e incluso producen una parte importante de la leche que se origina en la región (FAO-FEPALE, 2012). En México, este tipo de lecherías suman alrededor de 127 mil unidades de producción, que representa el 35 por ciento de la producción lechera nacional (Espinosa et al., 2011).

El sistema familiar o de traspatio se caracteriza porque sus actividades se desempeñan en pequeñas superficies de terreno, principalmente en los patios de las viviendas, con instalaciones rústicas y empleando la mano de obra de los integrantes de la familia (Espinosa et al., 2011). Los hatos son de entre uno a 50 animales, producto de la cruce de las razas Holstein Americano, Suizo, Jersey y Criollo; el ganado puede estar estabulado o semi-estabulado (Zamudio et al., 2003; Espinosa et al., 2011; FAO-FEPALE, 2012; SAGARPA, 2013).

La alimentación del ganado se basa en el pastoreo o en el suministro de forrajes y esquilmos provenientes de lo que se produce en la misma granja (pajas y rastrojos de maíz, sorgo y trigo) (SIAP, 2006; Gasque, 2010). Esta actividad representa el mayor costo de producción (entre el 55 y el 80% del total de los gastos generados), por lo que al reducir o controlar los costos de alimentación se potencializa su rentabilidad, según lo señalado en el estudio realizado por el INIFAP "Alternativas de



alimentación para el Sistema de Lechería Familiar en la Región Centro de México" (SAGARPA, 2013).

La producción lechera familiar se integra a los diferentes canales de comercialización, para llegar a los mercados de consumo final, tanto regionales como nacionales (Cesín et al., 2007); incrementado su participación en el mercado mediante la integración de cooperativas y organizaciones de productores (Villamar et al., 2005).

El potencial de contribución de este sector a la economía del país y a la seguridad alimentaria, depende de que puedan recibir oportunos servicios de sanidad animal y veterinarios, asistencia técnica y capacitación respecto al sistema de producción, que garanticen la sustentabilidad del sistema (FAO-FEPALE, 2012). La producción de leche con vacas de buen potencial genético, bien alimentadas y sanas, proporciona bienestar económico a los productores (Zamudio et al., 2003).

### **Factores que influyen en la producción y composición de la leche**

La composición de la leche es un factor que determina su valor nutricional y calidad industrial, afectando directamente la rentabilidad y competitividad de los sistemas de producción de leche (Calvache et al., 2012).

La cantidad de leche producida por la vaca y su composición, es el reflejo de múltiples factores (Agenjo, 1956):

- *Factores fisiológicos*: evolución durante el ciclo de lactación,





- *Factores alimentarios*: influencia del nivel energético y de la composición de la ración, así como acciones específicas de algunos alimentos,
- *Factores climáticos*: estación, temperatura,
- *Factores genéticos*: variaciones raciales e individuales (herencia),
- Factores zootécnicos diversos, especialmente la forma de ordeño.

Dentro de estos, la alimentación y el manejo de los hatos lecheros producen cambios observables a corto plazo en la composición de la leche (Cerón et al., 2005), mientras que el mejoramiento genético del hato tiene un efecto positivo sobre la concentración de sólidos lácteos a largo plazo (Dillon et al., 2006).

La magnitud de las fluctuaciones que se presentan en la composición de la leche son más importantes para el contenido de materia grasa que para materias nitrogenadas y lactosa (Agenjo, 1956). Por medio de la manipulación nutricional, la concentración de grasa en la leche puede variar en un rango de hasta tres unidades porcentuales, en contraste, el contenido de proteína puede variar aproximadamente en 0.6 unidades porcentuales (Calvache et al., 2012).

## **Alimentación del ganado**

Los alimentos que se proporcionan al ganado se clasifican en las siguientes categorías (Wattiaux et al., 2013):



- Forrajes: son las partes vegetativas de las gramíneas o de las leguminosas que contienen una alta proporción de fibra (más del 30% de fibra neutro detergente).
- Concentrados: se refiere a alimentos comerciales bajos en fibra y altos en energía, de alta palatabilidad por lo que son consumidos rápidamente. En contraste con los forrajes, los concentrados no estimulan la rumia y son fermentados más rápidamente en el rumen (Bach et al., 2002).
- Vitaminas y minerales: casi todos los alimentos, con excepción de urea y grasa, contienen al mínimo cantidades limitadas de vitaminas y minerales. En las vacas lactantes, los macro minerales de principal importancia son: cloruro de sodio, calcio, fósforo, magnesio y azufre; las vitaminas esenciales son A, D y E, ya que las vitaminas del complejo B, C y K son sintetizadas por los microorganismos del rumen (Wattiaux et al., 2013).

Generalmente los forrajes representan la mayor proporción de la dieta ya que pueden ser pastoreados directamente, o cosechados y preservados como ensilaje o heno (Melgarejo, 2012; Ángeles, 2012). Su aporte nutricional varía desde ser alimentos muy buenos (pasto joven y succulento, leguminosa en su etapa vegetativa) a muy pobres (pajas y ramoneos) (Wattiaux et al., 2013). Con la madurez del forraje, la concentración de proteína, energía, calcio, fósforo y materia seca digestible en la planta se reducen mientras la concentración de fibra aumenta (Figura 1).

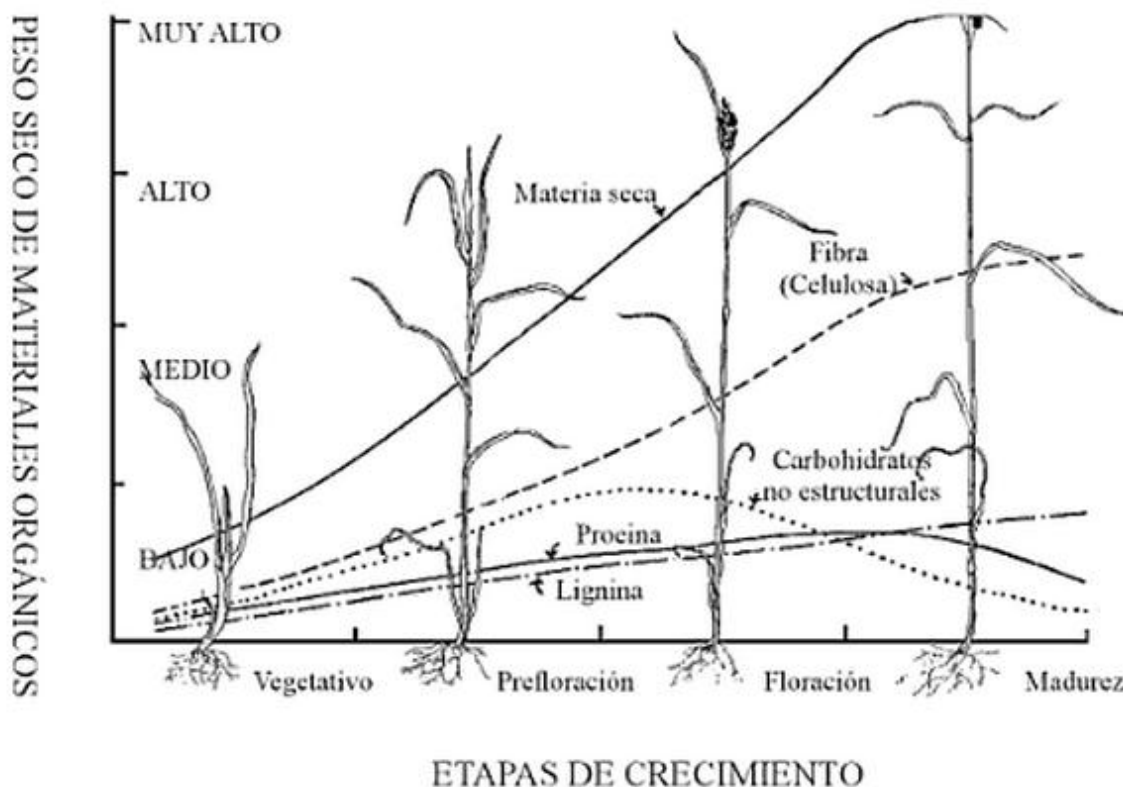


Figura 1. Variación del peso seco de los materiales orgánicos de los forrajes durante las etapas de crecimiento de los forrajes (Estrada, 2001).

Cuando se incrementa la fibra, también se incrementa el contenido de lignina haciendo los hidratos de carbono de la pared celular menos disponibles a los microorganismos del rumen; como resultado el valor nutricional y energético del forraje se reduce (Wattiaux et al., 2013).

Para determinar el valor nutritivo de los forrajes, el análisis químico es el método más comúnmente empleado, ya que permite obtener de manera sistemática información sobre la calidad del forraje (Treviño et al., 1971). La determinación de la cantidad y calidad de las fracciones



de la fibra es de especial importancia para los rumiantes, ya que la flora ruminal les permite asimilar una mayor proporción de las mismas.

El método de Van Soest (1967) permite la separación de los hidratos de carbono de los alimentos en fracciones relacionadas con su disponibilidad nutrimental. Por este procedimiento se fraccionan los alimentos en componentes que son: a) muy disponibles (contenido celular); b) disponibilidad incompleta (hemicelulosa y celulosa) y, c) frecuentemente no disponibles (lignina y proteína alterada por el calor).

El proceso consiste (Ángeles et al., 2001): en romper las paredes celulares, por medio de un tratamiento neutro detergente, para combinar la proteína con los detergentes y hacerla más soluble; también se utiliza un quelante (EDTA) para remover los metales pesados y los iones alcalinos contaminantes.

Al hervir la muestra en un detergente neutro se solubiliza el contenido de la célula y la pectina, dejando como residuo la pared celular, que contiene: celulosa, hemicelulosa y lignina; este residuo constituye la fibra neutro detergente (FND). Posteriormente, por ebullición con un detergente ácido, se hidroliza la hemicelulosa que se encuentra libre y aquella que está combinada con lignina, dejando la celulosa y la lignina como fibra ácido detergente (FAD).

La fracción ácido detergente se somete a un tratamiento de oxidación de la lignina con permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ), el cual deja solo la celulosa y la ceniza como residuo, los que al ser incinerados dan el valor de la celulosa. En todos los procesos señalados (Figura 2) el

contenido de los nutrimentos específicos (excepto la lignina) se estiman por su desaparición.

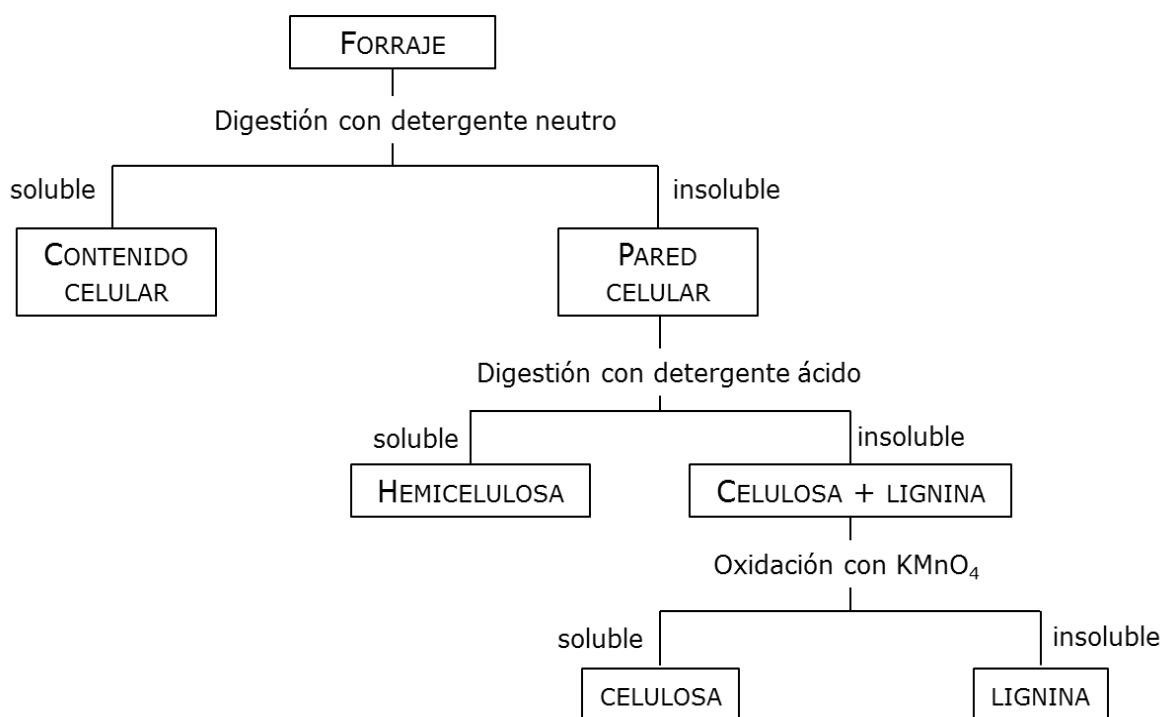


Figura 2. Esquema de análisis de Van Soest (Estrada, 2001)

La FND se utiliza como criterio para evaluar la fibrosidad de las raciones para rumiantes (Bach et al., 2002) así mismo, es la que más se relaciona con el consumo del alimento, por poseer todos los componentes de la fibra que ocupan espacio en el rumen (Estrada, 2001).

Por otra parte, la FAD al incluir el contenido de lignina es un indicador de la digestibilidad del forraje, asociándose una alta proporción de lignina a una baja digestibilidad (Estrada, 2001; Mora, 2007).



## Nutrientos

La dieta de una vaca lechera está usualmente compuesta de varios alimentos que pueden ayudar a satisfacer sus requerimientos de nutrientes. Sin embargo, ningún nutriente es más importante que el otro y un exceso o deficiencia de uno o más, puede limitar el rendimiento (Ishler et al., 2012).

Los principales nutrientes para las raciones de ganado lechero son (Wattiaux, 2012): hidratos de carbono, lípidos, proteínas, minerales, vitaminas y agua. Aun cuando la energía no es un nutriente por definición, desempeña un papel importante en la digestión y debe ser considerada.

## Energía

La vaca utiliza la energía con una eficiencia determinada para cada función fisiológica, perdiendo fracciones a lo largo del proceso metabólico, por lo cual el sistema energético consta de varias fracciones (Gasque, 2008, Bobadilla, 2013). La energía presente en un ingrediente que puede ser absorbida y utilizada por el animal se denomina Energía Metabolizable (EM). El animal subdivide la EM en cuatro fracciones de acuerdo a sus necesidades metabólicas (Bach et al., 2012): Energía Neta de mantenimiento ( $EN_M$ ), Energía Neta de crecimiento ( $EN_C$ ), Energía Neta de lactación ( $EN_L$ ) y Energía Neta de gestación ( $EN_G$ ). Así, el aporte en  $EN_L$  es una estimación directa de la energía que se destinará a la producción de leche (NRC, 2001; Gasque, 2008).



El cumplimiento de las necesidades energéticas para el bovino lechero influyen tanto el volumen de producción como la composición de la leche (Bach et al., 2002). Durante la síntesis de leche el aporte energético que representa la glucosa, es utilizado para diversos fines en el alvéolo de la ubre:

- 1) La mayoría (60-70 %) es utilizada para producir lactosa; cuya concentración en el alvéolo tiene un efecto osmoregulador, permitiendo por cada microgramo la entrada de aproximadamente 10 veces su peso en agua (Wattiaux, 2013; Cerón et al., 2005).
- 2) El porcentaje restante se divide entre la fracción que va a producir energía para la síntesis de proteína, incluidas las enzimas necesarias para producir lactosa y grasa, y
- 3) la fracción que se transforma en glicerol-fosfato como precursor de la formación de grasa (Cerón et al., 2005).

## **Hidratos de carbono**

Los hidratos de carbono son el componente más importante de las raciones para rumiantes, no solo por su contribución cuantitativa (constituyen generalmente el 70% de la ración), si no por su papel fundamental en el mantenimiento de las funciones normales del rumen y el aporte energético al animal (Bach et al., 2002).

Las características de los hidratos de carbono que aporta la dieta, tiene un efecto profundo en la cantidad y porcentaje de Ácidos Grasos Volátiles (AGV) producidos en el rumen (Gasque, 2010; Ávila et al., 2010) (Figura 3).

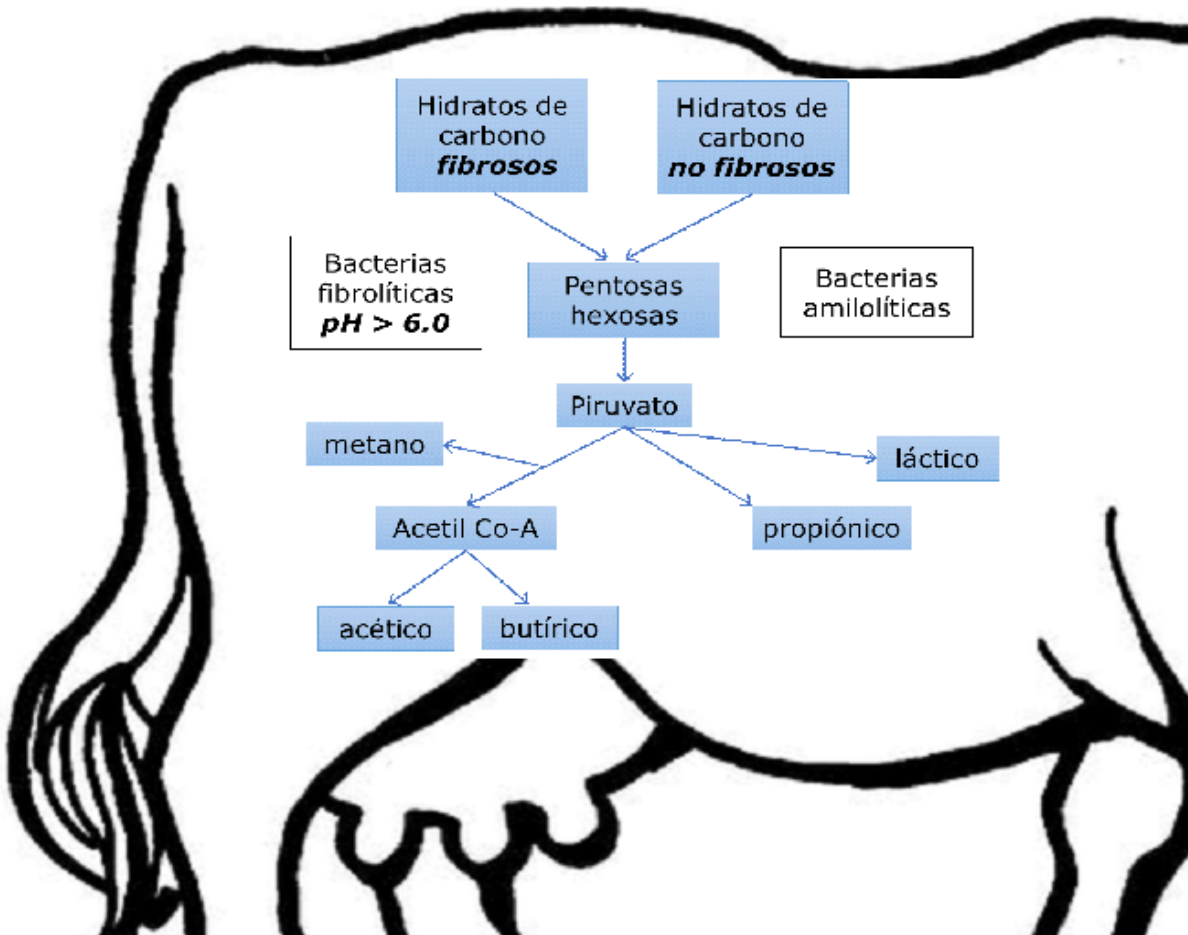


Figura 3. Vías metabólicas para generar ácidos grasos volátiles (AGV) en el rumen (Bach et al., 2002).

Los hidratos de carbono no fibrosos (azúcares solubles y almidón) son fermentados extensamente a propionato sin pérdidas de carbono, representando un proceso energéticamente más eficiente.





La degradación de los azúcares solubles es casi inmediata mientras que la degradación del almidón varía entre especies vegetales, y en función del procesado (Bach et al., 2002; Ávila et al., 2010). Las pectinas se incluyen dentro de este grupo al ser fermentadas rápidamente, sin embargo, a diferencia de los azúcares solubles y los almidones, resultan mayoritariamente en la producción de acetato (Van Soest, 1967).

Por otro lado, los hidratos de carbono fibrosos se fermentan en el rumen por la acción de las bacterias fibrolíticas, proceso que depende de la velocidad de tránsito y la disponibilidad para ser degradados (Bach et al., 2002). Las vías fermentativas de estas bacterias conducen a la producción de acetato y butirato como producto final, con la pérdida de un carbono en forma de metano.

La proporción de forraje y concentrado en una dieta provoca un cambio importante en las características de los hidratos de carbono que aporta. El concentrado proporciona hidratos de carbono no fibrosos, mientras los forrajes proporcionan principalmente hidratos de carbono fibrosos (Melgarejo, 2012; Bobadilla, 2013). De acuerdo a esto, una mayor proporción de forraje en la dieta, disminuye el aporte energético de la ración, afectando el volumen de producción y la síntesis de proteína láctea (Grant, 1993), sin embargo, favorece la generación de precursores de grasa láctea (ácido acético y butírico).

Por tanto, la relación forraje: concentrado debe formularse para mantener un equilibrio (Figura 4), ya que la tasa de degradación de los hidratos de carbono no solo afecta la concentración de sólidos lácteos,

también puede repercutir en la salud de la vaca produciendo acidosis ruminal, hígado graso, cetosis y distocia (dificultades de parición) (Cerón et al., 2005; Wattiaux et al., 2013).

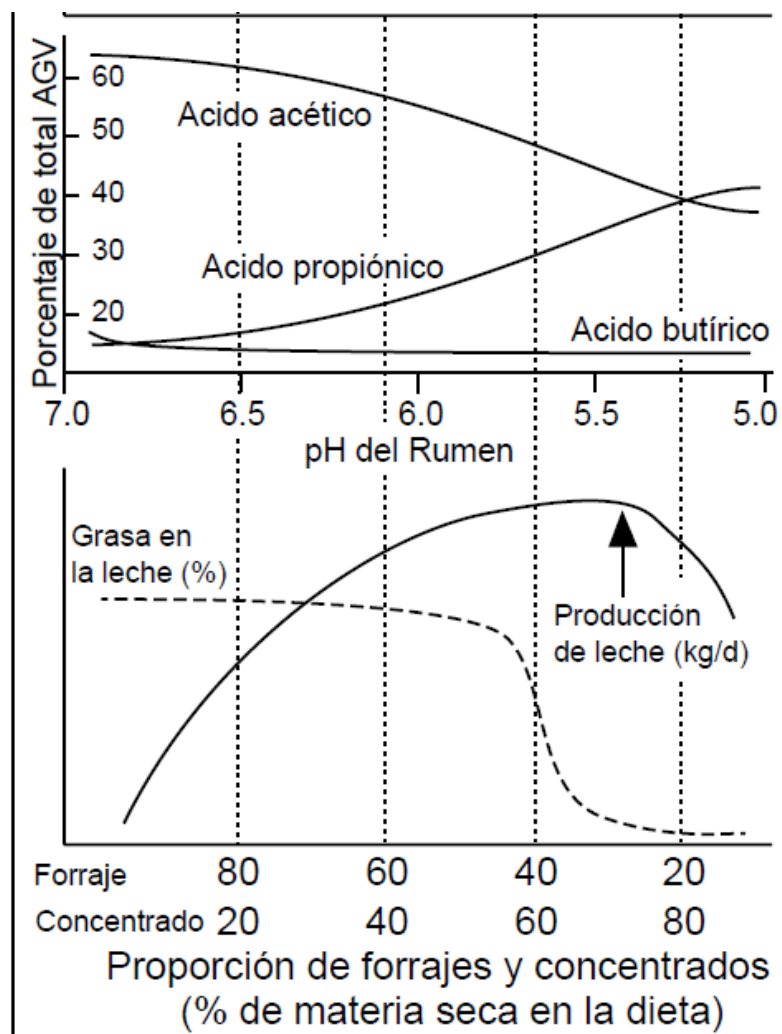


Figura 4. Relación de la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) de acuerdo a la proporción de forrajes y concentrados administrados en la dieta (Wattiaux, 2013)

La fibra como nutrimento además de proporcionar precursores para la síntesis de grasa láctea contribuye en dos funciones importantes (Bach et al., 2002; Ávila et al., 2010):



1) Llenado ruminal. La FND se utiliza como índice del volumen de la ración y supone un límite en la capacidad de ingestión, se estima que el llenado ruminal óptimo se encuentra alrededor del 1.2% del peso vivo del animal (Cerón et al., 2005), un aporte superior a esto puede limitar el consumo de materia seca.

2) Mantenimiento del pH ruminal. El tiempo empleado para la masticación y rumia depende del contenido de fibra de la ración, de tal manera que un mayor contenido de fibra aumenta la secreción salivar favoreciendo la capacidad tampón frente a los ácidos producidos, estabilizando así el pH ruminal (Cerón et al., 2005; Bobadilla, 2013).

## **Proteína**

El objetivo de la nutrición proteínica en rumiantes es doble, por un lado satisfacer las necesidades de nitrógeno de los microorganismos ruminales y por otra aportar aminoácidos al animal (Bach et al., 2002; Bobadilla, 2013). Las necesidades de nitrógeno del rumen pueden cubrirse con nitrógeno proteínico (o proteína verdadera) y no proteínico (amoníaco, ácidos nucleicos, aminoácidos libres, amidas y aminos), sin embargo, las necesidades de la vaca solo pueden ser satisfechas mediante el aporte de aminoácidos (Bach et al., 2002).

La degradación de la proteína en el rumen ocurre mediante la actividad de las enzimas producidas por la población microbiana ruminal (bacterias, protozoos y hongos); el primer paso es la degradación de las proteínas a péptidos y luego estos son degradados a aminoácidos que



utilizan para la síntesis de proteína microbiana. En función de la actividad microbiana y el ritmo de paso ruminal, algunos de estos péptidos y aminoácidos pueden escapar del rumen y alcanzar el duodeno, aportando aminoácidos directamente al animal (Bach et al., 2002; Wattiaux, 2013).

El nitrógeno no proteínico en cambio representa una fuente inmediata de amoníaco el cual es utilizado para la síntesis de aminoácidos y proteína microbiana (Wattiaux, 2013). La proteína microbiana representa una fuente importante de aminoácidos para el animal, por lo cual se debe proporcionar un balance correcto entre energía y nitrógeno disponible (Bach et al., 2002).

En general, el nivel de proteína cruda de la dieta no afecta significativamente la concentración de proteína en la leche, siendo la cantidad y la fuente de energía de la dieta los factores más determinantes en la síntesis de proteína láctea (Cerón et al., 2005; Calvache et al., 2012). Esto se debe a que una mayor producción de propionato favorece la síntesis de aminoácidos no esenciales, a partir de la transaminación del ácido glutámico (Cerón et al., 2005).

El porcentaje de proteína láctea es muy sensible al aporte energético de la dieta, sin embargo, sus variaciones son de poca amplitud (0.6 unidades porcentuales) (Alais, 1985; Cerón et al., 2005).

## **Lípidos**

Las raciones de los rumiantes contienen una proporción de lípidos vegetales de entre el 3 y 4%, procedentes principalmente de granos de



cereales y semillas de oleaginosas (triglicéridos), así como de las hojas de los forrajes (galactolípidos). Los lípidos de los concentrados, las semillas de oleaginosas y los forrajes son ricos en ácidos grasos insaturados (Bach et al., 2002).

Los microorganismos del rumen modifican rápida y extensamente a los lípidos (Ishler et al., 2013). El metabolismo microbiano de galactolípidos y los triglicéridos se inicia rápidamente con su hidrólisis (Wattiaux, 2013), las porciones de glicerol y galactosa son fácilmente fermentadas en AGV proporcionando energía utilizable en el rumen. Los microorganismos no pueden utilizar los ácidos grasos como una fuente de energía ya que es bioquímicamente imposible fermentarlos en ausencia de oxígeno, por lo que su uso está limitado a la incorporación en células y con propósitos de síntesis (Bach et al., 2002). Los ácidos grasos liberados son neutralizados por el pH del rumen y se adhieren a las superficies de las bacterias y partículas de alimento. Tras la separación de los lípidos, los microorganismos son responsables de la biohidrogenación, o la adición de hidrógeno a los ácidos grasos con doble enlace. Ejemplo de ello es la hidrogenación de ácido oleico y ácido esteárico (Ishler et al., 2013; Wattiaux et al., 2013).

La grasa es el componente más variable de la leche del vacuno, y su contenido puede modificarse con relativa facilidad mediante la nutrición. La grasa en la leche de vacuno tiene dos orígenes: 1) los ácidos grasos de cadena larga (más de 16 carbonos) que proceden directamente de la ración o de la movilización de las reservas corporales, y 2) los ácidos grasos de cadena corta (menos de 14 carbonos) que son sintetizados en



la propia glándula mamaria a partir del acetato, butirato y  $\beta$ -hidroxibutirato como fuentes más importantes (Bach et al., 2002).

## Minerales

El contenido de minerales en la leche es constante, ya que las hembras lecheras disponen de una reserva importante de minerales en su esqueleto que movilizan y reponen con facilidad en función de las características de la dieta suministrada. Los minerales que contiene la leche, son obtenidos por el alvéolo directamente del torrente sanguíneo (Tornadijo et al, 1998).

Una fracción de los minerales se encuentra asociada a otros componentes de la leche, por ejemplo, en una leche sin alteraciones el 65% de calcio, 60% de magnesio y el 50% del fósforo, se encuentran asociados a las caseínas (en forma coloidal). Mientras el sodio, el potasio y el cloruro están totalmente en solución, representando un efecto osmoregulador semejante al de la lactosa, con lo cual son el segundo determinante del volumen de leche producida (Cerón et al., 2005).

El calcio tiene una función esencial en la estructura del tejido esquelético, la transmisión de los impulsos nerviosos, la contracción muscular, la coagulación de la sangre y como componente importante de la leche.

Si los aportes alimentarios de calcio son deficientes, la vaca activa los mecanismos de movilización de calcio de los huesos, que si ocurre de



forma prolongada, puede conducir a osteoporosis. Por otra parte el exceso de calcio no se ha asociado con ningún tipo de toxicidad, y niveles superiores al 1.8% en la ración no genera problemas (Bach et al., 2002).

Así mismo el fósforo participa en numerosas actividades fisiológicas, tanto estructurales (huesos) como metabólicas (metabolismo energético como parte del ATP, constituyente del ADN y ARN, constituyente de las membranas celulares, en el mantenimiento del equilibrio ácido-base, etc.). Además, es necesario para el funcionamiento adecuado de la fermentación microbiana en el rumen ya que participa en la digestión de la celulosa y en la síntesis de proteína microbiana (Bach et al., 2002).

Se estima que concentraciones entre 0.32% y 0.42% de fósforo durante toda la lactación son suficientes para optimizar la ingestión de alimentos y la producción de leche y sus componentes. El exceso de fósforo en la ración puede causar problemas en el metabolismo del calcio (reabsorción de calcio óseo, cálculos urinarios, etc.); niveles superiores a 0.65% interfieren además en la absorción de magnesio, e inhiben la producción de vitamina D en el periparto (Bach et al., 2002).

## **Agua**

El agua es un nutriente importante en la alimentación animal, conforma la mayor parte de la masa corporal del bovino, participa en multitud de funciones metabólicas vitales y, es el componente principal de la leche.

El consumo de agua depende de tres factores importantes: 1) el estado fisiológico del animal, que varía el contenido corporal de agua



entre 56 y 81%; 2) el contenido en materia seca de la ración consumida, que de forma general es directamente proporcional al consumo de agua, y 3) la cantidad de leche producida, para lo cual se estima que por cada litro de leche producido la vaca consume aproximadamente 870g de agua.

El agua con la que una vaca puede suplir sus necesidades procede del agua que bebe, el agua contenida en los ingredientes que componen la ración, y el agua generada por el propio metabolismo del animal (agua metabólica). El agua metabólica representa una fracción pequeña de los aportes totales de agua, siendo el consumo directo la fuente más importante.

Las vacas suelen consumir agua justo antes y después del ordeño, así como de la ingestión de la ración, de este modo, las vacas a las que solo se les ofrece la ración una vez al día consumen menos agua (y menos materia seca) que a las que se les ofrece comida varias veces al día.

Por otra parte, las vacas menos dominantes consumen menos agua, por lo que el acceso de agua es muy importante para asegurar un consumo adecuado. Se recomienda que el tamaño del bebedero permita el consumo de más de un animal simultáneamente, así mismo es aconsejable que la distancia entre el comedero y el bebedero sea lo más corta posible.

### **Aptitud de la Leche para su transformación**

En el sentido más amplio la calidad de la leche cruda es el conjunto de características que determinan su grado de idoneidad para los fines





previstos de tratamiento y empleo (Cersovsky et al., 1982). En general, se puede decir que la leche es de calidad cuando reúne los siguientes requisitos (Tornadijo et al., 1998):

- Ausencia absoluta de sustancias perjudiciales para la salud del consumidor, tales como sustancias extrañas y residuos de productos nocivos (pesticidas, medicamentos, toxinas microbianas, metales pesados, etc.).
- Capacidad de acidificación normal, es decir, ausencia de sustancias capaces de inhibir a la flora ácido láctica.
- Baja carga microbiana, como requisito para obtener productos con capacidad de conservación prolongada. Así como escaso o nulo número de gérmenes tecnológicamente indeseables (de acuerdo a lo establecido en la NOM-243-SSA1-2010), especialmente coliformes y esporulados butíricos.
- Caracteres sensoriales (organolépticos) normales.
- Escaso contenido celular, indicativo de una leche normal producida por una mama sin infecciones ni trastornos secretorios.
- Composición química normal, indicativa de una buena aptitud para la transformación.

En general cubriendo las características antes mencionadas se cuenta con una materia prima adecuada para la elaboración de derivados



lácteos, siendo esta actividad más redituable para las lecherías familiares o de traspatio, que la venta de leche fluida. El valor agregado les permite aumentar su participación en el mercado, además de favorecer su vida de anaquel (Tornadijo et al., 1998).

El queso, en particular, es un alimento altamente consumido, por lo que representa una oportunidad de mercado importante. En México para el año 2012, la producción de queso fue de 263 mil 929 toneladas, de las cuales la mayor producción corresponde a los quesos frescos, cuya elaboración puede ser realizada de manera artesanal, permitiendo la integración de los pequeños productores a mercados regionales (SIAP, 2012).

### **Queso tipo Oaxaca**

Entre los quesos mexicanos más populares y de mayor consumo se encuentra el queso tipo Oaxaca, al cual se conoce también con el nombre de quesillo, queso de hebra o queso de bola. Aunque lleva el nombre de Oaxaca, la fabricación en este estado es muy escasa, al ser baja la producción de leche, por lo que se considera originario del norte del país, principalmente de los estados de San Luis Potosí, Aguascalientes, Zacatecas, Durango, Coahuila, Nuevo León, Chihuahua y Jalisco (López, 2004).

Se clasifica dentro de los quesos frescos, por lo que posee una pasta blanda, una alta humedad y su interior no tiene ojos. Su cuajada ha experimentado en general una fermentación láctica activa que ha desmineralizado más o menos fuertemente la pasta haciéndola blanda (Alais, 1985). La característica principal del queso tipo Oaxaca es la



formación de filamentos que se deshilan o deshebran (López, 2004; Silva, 2008).

Pertenece a la familia de los quesos de " pasta hilada ", en cuya tecnología la pasta se acidifica hasta alcanzar un pH de 5.2 a 5.3, y con este procedimiento se moldea y se le da forma. Estos quesos de pasta hilada, son análogos en su tecnología a los quesos de "pasta filata", entre los cuales se destacan el Mozzarella y el Provolone que son de origen italiano (López, 2004; Villegas, 2004).

La NMX-F-733-COFOCALEC-2010 describe al queso tipo Oaxaca como el producto elaborado a partir de la cuajada proveniente de leche fresca o en polvo, entera o parcialmente descremada, sometida a tratamiento térmico que asegure su inocuidad, a la cual se le puede adicionar cloruro de calcio, cuajo, cultivos lácticos y/o ácido. La cuajada obtenida es fundida con agua caliente o calor indirecto y en su proceso la proteína es texturizada en forma de hilo o hebra, y es colocada en agua o salmuera frías, para ser posteriormente enredados los hilos o hebras.

El producto puede ser elaborado de forma artesanal o de forma industrial, no obstante existen etapas comunes en ambos procesos, las cuales se mencionan a continuación (SAGARPA, 2012):

- Estandarización de la leche.  
Es el ajuste del contenido de grasa propio de la leche a una proporción óptima para obtener un rendimiento y características repetibles en el producto final.



- Pasteurización de la leche.

La pasteurización es un proceso térmico que se realiza para eliminar los microorganismos patógenos presentes en la leche, sin alterar las propiedades físicas y químicas de ésta. El método más utilizado es el calentamiento de la leche a 62.8°C durante 30 segundos.

En la gran mayoría de los procesos de elaboración de estos quesos se parte de la leche cruda, prácticamente el 90% de las marcas comerciales (López, 2004). La Secretaria de Salud acepta el queso tipo Oaxaca de la leche cruda como queso pasteurizado, tomando en cuenta que se emplea agua caliente para el fundido de la pasta (SAGARPA, 2012).

Tecnológicamente el fundido de la pasta en agua caliente entre 68 a 70°C, no es suficiente para llamarle queso pasteurizado, puesto que no se destruyen todos los microorganismos patógenos con este tratamiento térmico. No obstante la drástica acidificación de la pasta (descenso del pH entre 5.2 a 5.3 en poco tiempo) constituye un elemento antagónico para los microorganismos patógenos que se reproducen a pH semejante al de la leche fresca (6.6 a 6.7) (López, 2004).

Así mismo, se debe considerar la calidad microbiológica de la leche cruda como un factor determinante para realizar o no la pasteurización, aplicando si así se considera un tratamiento adecuado para leche destinada a quesería, cuyos procesos no pueden ser aplicados indiscriminadamente (Veisseyre, 1988).



- Acidificación de la leche

La leche cruda debe llevarse a una acidez de entre 32 a 35° Dornic, esta acidez puede lograrse por cualquiera de los siguientes métodos: fermentación láctica por la flora nativa de la leche, mezclando leche acidificada y no acidificada, por adición de ácidos orgánicos o cultivos lácticos permitidos (NOM-121-SSA1-1967).

El desarrollo de una fermentación láctica, por medio de la flora nativa de la leche o por la adición de cultivos lácticos tiene como ventaja el desarrollo de sabor y aroma por la proteólisis de componentes grasos, continuando con su actividad a lo largo del proceso (Walstra et al., 2001). Las condiciones a las cuales se inocula y/o se incuba la leche cruda dependen del microorganismo utilizado, sin embargo de forma general se recomienda mantener la temperatura de 38-40°C.

El tiempo en el cual se alcanza la acidez requerida, varía según el método utilizado, la fermentación por la flora nativa de la leche necesita de 8 a 24 horas, mientras la acidificación con bacterias lácticas es más rápida requiriendo aproximadamente una hora o menos si se pre-activa el cultivo un día antes; así mismo la adición de ácidos es un método rápido para lograr la acidez (Apango, 2012). El monitoreo de la acidez permite corroborar que se ha alcanzado la acidez deseada.

- Coagulación de la leche

Una vez acidificada la leche, se debe llevar a una temperatura de entre 30 y 32°C con el fin de aplicar el cuajo o la enzima



correspondiente. Se aplica el volumen requerido de acuerdo a la fuerza del cuajo, el volumen de leche a procesar y el tiempo en el cual se logrará la coagulación, comúnmente se fija en 40 minutos (Alais, 1985; Apango, 2012). Se aplica de golpe el volumen de cuajo calculado, se agita brevemente para distribuirlo y se deja reposar.

Para determinar el momento óptimo para el corte de la cuajada se introduce un cuchillo; si éste sale totalmente limpio, la cuajada está lista para cortarse.

- Corte de la cuajada y desuerado

El corte de la cuajada se realiza idealmente con liras de acero inoxidable, horizontales y verticales. Los primeros cortes son en forma horizontal y después en vertical (Apango, 2012). Se trabaja el grano agitando de manera suave dentro del suero, durante 15 minutos aproximadamente, con estos movimientos se elimina parte de la humedad que contiene el grano.

Posteriormente el grano se deja reposar, asentándose en el fondo del recipiente, lo que facilita la eliminación de la mayor parte del suero (3/4 partes) (Apango, 2012). Finalizado el tiempo de reposo se filtra el lactosuero con ayuda de una coladera para detener los granos.

- Calentamiento, amasado de la cuajada y formación de hebra

En un recipiente se deposita la cuajada, se agrega agua caliente a una temperatura de 70 a 80°C y se procede a amasar juntando la



cuajada ya sea con un agitador o con las manos (usando guantes), para lograr el fundido homogéneo de la proteína. Ya que se aglutina la masa se realiza una prueba de estirado en la que se evalúa el estirado máximo y la presencia de bordes lisos y brillantes; si es así se procede a la formación de hebras.

- Enfriado y/o salado con agua potable o por frotación

Las hebras obtenidas se van depositando en agua fría donde reposan unos 15 minutos, transcurrido el tiempo las tiras de queso se retiran del agua fría y se cuelgan durante unos 20 minutos para escurrir el exceso de agua (oreado).

El salado se puede realizar durante esta etapa, a través de una salmuera fría o por frotación, posterior al oreado. La cantidad de sal varía según el gusto y puede aplicarse en un rango de 0.75 a 2% del peso del queso (Apango, 2012).

- Enredado de las hebras de queso

Las hebras terminadas se enredan para formar bolas de queso, según el tamaño que se desee.

- Envasado y empacado.

Es recomendable utilizar un empaque plástico y conservar en refrigeración (4°C).

El rendimiento y la composición del queso obtenido dependen del proceso de elaboración y de las características de la leche, sobre todo de su composición (Walstra et al., 2001). La aptitud de la leche para la



coagulación es una noción compleja, una leche denominada "lenta o resistente al cuajo" no se caracteriza solamente por un mayor tiempo de coagulación respecto a la leche normal (en las mismas condiciones) sino por producir también: 1) una cuajada más blanda, 2) una sinéresis ralentizada y un desuerado incompleto, y finalmente 3) una pasta con mayor grado de humedad y propiedades reológicas malas (Alais, 1985).

La composición de la leche afecta la coagulabilidad, la consistencia de la cuajada y la sinéresis. La coagulabilidad expresada como la cantidad de leche que es coagulada por una determinada cantidad de cuajo (enzima) en un tiempo y temperatura óptimos, varía en función del contenido de caseína de la leche: cuanto mayor es, más rápido coagula la leche. No obstante, el parámetro que más influye es la actividad de  $\text{Ca}^{2+}$ , que al ser baja hace lenta la floculación.

El calcio iónico reduce la repulsión electrostática, estableciendo puentes (salinos) entre los puntos cargados negativamente de las micelas, formando agregados que favorecen la floculación. Con base en esto todas las acciones que dan origen a una disminución del calcio ionizado tienen por efecto retardar o impedir la coagulación (Alais, 1985; Walstra et al., 2001).

La cantidad de calcio soluble se modifica por acción de diversos tratamientos como el calentamiento y el contacto con un reactivo que precipite o forme un complejo con el calcio (Alais, 1985; Walstra et al., 2001). El calentamiento en particular forma parte del proceso de elaboración cuando se realiza una pasteurización previa, sin embargo, la temperatura y tiempo del proceso son herramientas para minimizar efectos negativos en el contenido de calcio iónico.





En el curso del calentamiento se observa que el calcio y el fósforo pasan del estado soluble al coloidal (6 mg de calcio/ 4 mg de fósforo/ por 100 mL de leche desnatada, a 35°C durante 30 min) (Alais, 1985), esta reducción de la forma ionizada del calcio y de la forma soluble de los fosfatos y los citratos provocan que la leche coagule lentamente y que el coágulo obtenido sea menos firme (Alais, 1985; Walstra et al., 2001).

Por otro lado algunas leches procedentes de animales sanos, son naturalmente pobres en calcio afectando el tiempo de coagulación. La relación Calcio/Nitrógeno de la leche es inversamente proporcional al tiempo de coagulación, en las leches normales es próxima a 0.23, los valores más pequeños corresponden a leches más lentas (0.20 leches lentas; 0.24 leches rápidas).

El pH es otro factor importante, una mayor acidez hace pasar cada vez más calcio a su estado ionizado, favoreciendo la coagulación. Sin embargo cuando el pH tiende hacia el punto isoeléctrico la leche no coagula normalmente como consecuencia de la degradación de fosfato tricálcico ligado a la caseína en estado coloidal (Alais, 1985).

Así mismo, el pH y la temperatura pueden favorecer o afectar la acción del cuajo o la enzima correspondiente, en el caso del cuajo este tiene actividad incluso a pH de 8, sin embargo su estabilidad térmica no es tan amplia, se requiere de una temperatura ideal de 50°C. Pero a medida que disminuye el pH la estabilidad térmica aumenta, por ello se prefiere el uso de leches ligeramente ácidas (Revilla, 1982). En contraste las enzimas de origen fúngico tienen una temperatura óptima superior, por ejemplo, la enzima de *Mucor miehei* se sitúa a unos 65°C,



siendo su estabilidad al pH similar a la del cuajo, cercano a 7 o más elevado (Alais, 1985).

Una vez formada la cuajada tiene lugar el fenómeno de sinéresis, en donde la cuajada se contrae y expulsa el lactosuero (Apango, 2012). Este fenómeno no se debe a la acción del cuajo (desde que se forma el gel se frena la escisión), sino a la rotura local de los enlaces, que facilita la subsecuente formación de nuevos y, generalmente más, enlaces (Walstra et al., 2001). Por tanto, la tendencia a la sinéresis está favorecida por los enlaces fáciles de romper.

De los componentes de la leche el contenido graso es el que influye de manera importante en el fenómeno, a menor contenido graso, se logra una mayor contracción de la cuajada, favoreciendo el flujo del lactosuero y obteniendo un menor porcentaje de agua final (Walstra et al., 2001).

En la elaboración del queso por coagulación enzimática, una mayor acidificación siempre implica una sinéresis más rápida y un menor contenido de agua final. A pH cercano al 5.25 se observa la máxima tendencia a la sinéresis y el mínimo corresponde al pH cercano al punto isoeléctrico de la caseína, al disminuir la presión endógena (Walstra et al., 2001). En cuanto a la temperatura es un factor muy importante, ya que la sinéresis se puede detener enfriando, dando lugar a la absorción de humedad, aumentando el tamaño de la caseína y dificultando la contracción, por tanto un aumento de la temperatura acelera la sinéresis (Walstra et al., 2001).



Así mismo la sinéresis es favorecida durante el procesamiento, el corte de la cuajada produce un incremento en el área a través de la que se puede liberar el lactosuero, por lo que entre menor sea el tamaño de los cubos formados se favorecerá más la sinéresis. El trabajo mecánico que se aplica a los granos favorece la sinéresis con presión externa; cuya deformación de los granos rompe los agregados micelares, favoreciendo el establecimiento de nuevos enlaces entre las micelas (Walstra et al., 2001).

Inicialmente la sinéresis es máxima, pero eventualmente va haciéndose cada vez más lenta, después de un tiempo se detiene porque el gel no puede contraerse más. Por lo tanto la velocidad de sinéresis es diferente de la sinéresis total que determina la humedad del queso (Walstra et al., 2001).

La consistencia de la cuajada obtenida es resultado de la composición de la leche y del procesamiento que favorecen en mayor o menor medida la coagulación y la sinéresis. En especial cuando se presenta una sinéresis ligera que aumenta rápidamente, se originan finos de cuajada, disminuyendo el rendimiento (Walstra et al., 2001).

La cuajada desuerada retiene aproximadamente la mitad en peso del conjunto de componentes de la leche que forman el extracto seco total. La caseína y la materia grasa son retenidas por la cuajada casi completamente, pero la influencia de las proteínas en el rendimiento es preponderante, cada gramo de proteína aporta un peso de queso muy superior al que aporta un gramo de materia grasa (Alais, 1985).



# Metodología

La metodología que se siguió en esta investigación, se presenta de forma esquemática en el diagrama de bloques de la Figura 5

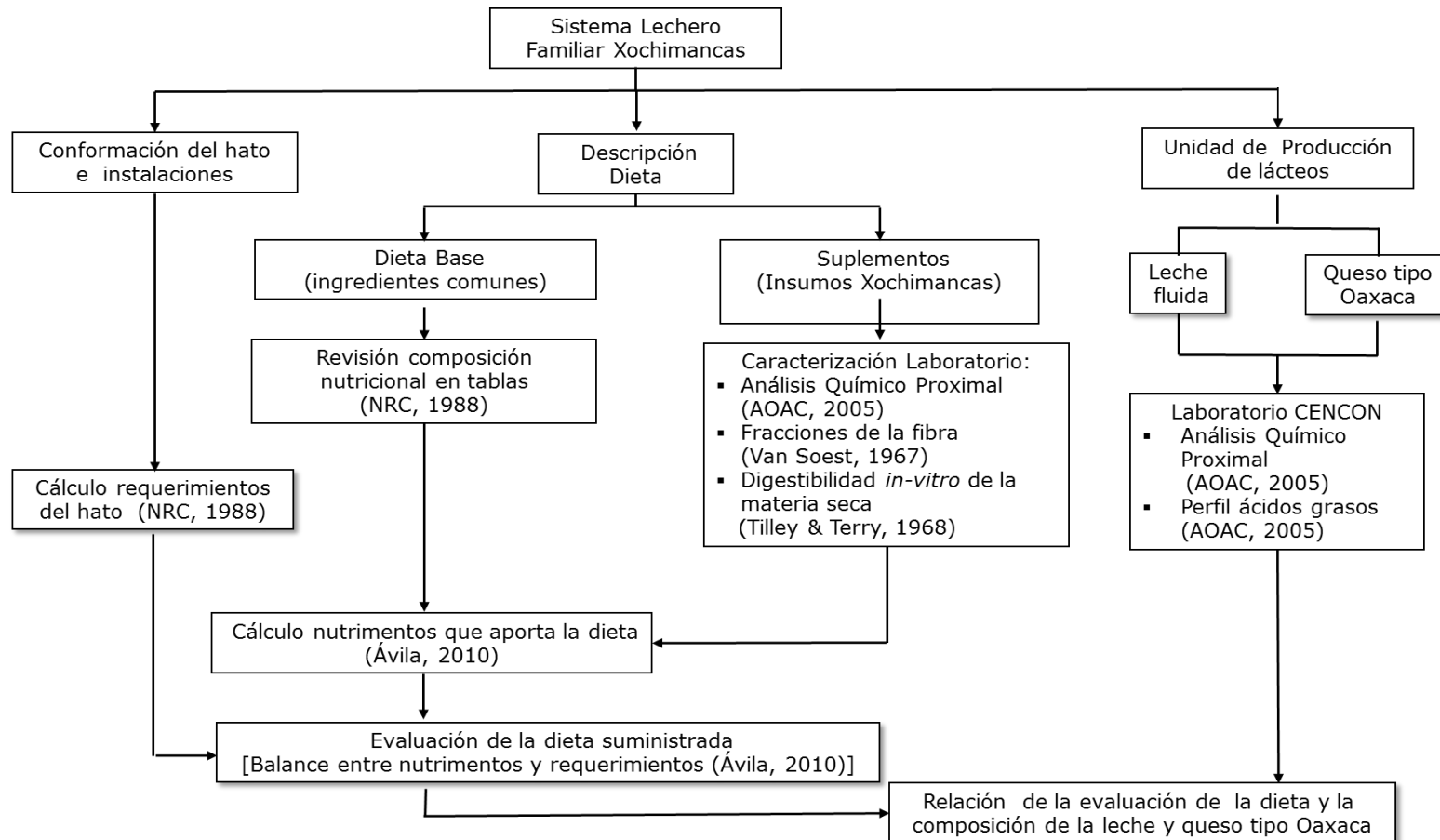


Figura 5. Metodología general de la tesis



El estudio se desarrolló en cinco secciones (Figura 5):

- 1) Descripción del sistema lechero familiar Xochimancas,
- 2) Composición nutricional de la dieta,
- 3) Evaluación de la dieta,
- 4) Relación entre el balance de la dieta y la composición de la leche cruda Xochimancas,
- 5) Relación entre la composición de la leche cruda y el queso tipo Oaxaca Xochimancas.

## **1. Descripción del Sistema Lechero Xochimancas**

Mediante observación directa y entrevistas con el personal de la empresa Xochimancas se recopiló información sobre: el sistema de producción, la conformación del hato, las instalaciones y el manejo de la alimentación, para contextualizar la presente investigación.

La conformación del hato se definió en función del número de bovinos, raza, edad, peso corporal, salud de la ubre y producción; información que permitió descartar patologías y brindó los datos necesarios para el cálculo de los requerimientos.

La descripción de las instalaciones incluyó el área de confinamiento, el área de ordeño y el taller de lácteos; se estimó el área de cada una, con ayuda del mapa digital del INEGI (2013), así mismo se definió el número, capacidad y accesibilidad de comederos y bebederos.



En cuanto al manejo de la alimentación se definió los horarios de comida, alimentos que conforman la dieta, así como la cantidad de alimento suministrada (kg). Con base en esta información se identificaron ingredientes de uso común para la alimentación del ganado (forrajes y concentrado), así como dos suplementos alimenticios elaborados por la empresa como parte de sus insumos. Estos suplementos requirieron de una caracterización para conocer su fórmula, proceso de elaboración y perfil nutricional.

## **2. Composición nutricional de la dieta**

### **2.1. Base de la dieta**

La base de la dieta se integra de los alimentos de uso común en la alimentación de ganado, es decir, los forrajes y concentrado. Para estimar la composición nutricional de los forrajes se consultaron la Tablas de Composición Nutricional publicadas por el Consejo Nacional de Investigación (NRC) del año 1988, así como la base de datos En-línea Feedipedia (Animal feed resources information system) creada conjuntamente por el INRA, CIRAD, AFZ y la FAO, actualizada en 2012. En el caso del concentrado por tratarse de un producto comercial se obtuvo la composición nutricional de la etiqueta.

En ambos casos se obtuvo información respecto al aporte de: Materia Seca (MS), Total de Nutrientes Digestibles (TND), Energía Metabolizable (EM), Energía Neta de Lactación (EN<sub>L</sub>),



Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA), Proteína Cruda (PC), Calcio (Ca) y Fósforo (P).

## 2.2 Suplementos Xochimancas

La fórmula y proceso de elaboración de los suplementos, bloque multinutricional y el Biosilo Xochimancas, se definió estableciendo los ingredientes, pesos de inclusión así como el orden y condiciones de preparación.

Posteriormente se determinó el perfil nutricional de los suplementos a través de análisis de laboratorio, cuya realización se desarrolló en dos fases:

- El Análisis Químico Proximal (AQP) se efectuó en el Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIB), laboratorio C-036, y consistió en determinar: el contenido de humedad (AOAC 934.01), cenizas (AOAC 942.05), proteína cruda (AOAC 954.01), grasa cruda (AOAC 920.39), fibra cruda (AOAC 962.09) y los hidratos de carbono por diferencia.
- El fraccionamiento de la fibra y la Digestibilidad In-Vitro de la Materia Seca (DIVMS) se realizaron en el Laboratorio de Análisis Químicos para Alimentos del



Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica (DNAB) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) con una capacitación previa a su montaje impartida por el personal de dicho laboratorio. La técnica de fraccionamiento de la fibra se desarrolló según lo establecido por Van Soest (1967) y la técnica de DIVMS según lo establecido por Tiller et al. (1968) (Anexo 2).

Los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio se complementaron con la determinación de calcio (AOAC 927.02) y fósforo (AOAC 965.17), que se solicitó al Área de Toxicología del DNAB de la FMVZ.

### **3. Evaluación de la dieta**

El periodo de estudio de la dieta fue de enero–agosto del 2012. Para su evaluación se establecieron dos intervalos: enero-marzo y abril-agosto; debido a la variación de los forrajes que integra la dieta a lo largo del año, así como a los datos de composición proximal de la leche cruda (10 de julio 2012) y del queso tipo Oaxaca (31 de enero 2012).

#### **3.1 Cálculo de requerimientos del hato Xochimancas**

Los requerimientos energéticos (EM y ENL) y nutricionales (PC, calcio y fósforo) del hato Xochimancas se calculó sumando los datos reportados por el NRC (1988) (Figura 6) para mantenimiento y producción, tomando en cuenta el peso vivo, volumen de producción y contenido graso en leche (4.5%).





A pesar de la variación de los porcentajes de grasa durante la curva de lactación, se estimaron los requerimientos del hato Xochimancas tomando como base el porcentaje de grasa esperado para la raza Jersey (4.5 %) según lo reportado por American Jersey Cattle Association (2012); de lo contrario tendría que establecerse un porcentaje arbitrario al no contar con datos de monitoreo del porcentaje de grasa a lo largo de la curva de lactación del 2012.

Peso corporal, kg	Energía del alimento				Proteína cruda total, g	Calcio, g	Fósforo, g	Vitamina A 1,000 UI
	EN <sub>Q</sub> , Mcal	EM, Mcal	ED, Mcal	TND, kg				
<b>Mantenimiento de vacas maduras en período de lactancia<sup>a</sup></b>								
350	6.47	10.76	12.54	2.85	341	14	11	27
400	7.16	11.90	13.86	3.15	373	15	13	30
450	7.82	12.99	15.14	3.44	403	17	14	34
500	8.46	14.06	16.39	3.72	432	18	15	38
550	9.09	15.11	17.60	4.00	461	20	16	42
600	9.70	16.12	18.79	4.27	489	21	17	46
650	10.30	17.12	19.95	4.53	515	22	18	50
700	10.89	18.10	21.09	4.79	542	24	19	53
750	11.47	19.06	22.21	5.04	567	25	20	57
800	12.03	20.01	23.32	5.29	592	27	21	61
<b>Mantenimiento más los últimos 2 meses de gestación de las vacas maduras secas</b>								
350	8.42	14.00	16.26	3.71	642	23	16	27
400	9.30	15.47	17.98	4.10	702	26	18	30
450	10.16	16.90	19.64	4.47	763	29	20	34
500	11.00	18.29	21.25	4.84	821	31	22	38
550	11.81	19.65	22.83	5.20	877	34	24	42
600	12.61	20.97	24.37	5.55	931	37	26	46
650	13.39	22.27	25.87	5.90	984	39	28	50
700	14.15	23.54	27.35	6.23	1035	42	30	53
750	14.90	24.79	28.81	6.56	1086	45	32	57
800	15.64	26.02	30.24	6.89	1136	47	34	61
<b>Producción láctea, nutrientes por kg de leche de diferentes porcentajes de grasa</b>								
% de grasa								
2.5	0.59	0.99	1.15	0.260	72	2.40	1.65	
3.0	0.64	1.07	1.24	0.282	77	2.50	1.70	
3.5	0.69	1.16	1.34	0.304	82	2.60	1.75	
4.0	0.74	1.24	1.44	0.326	87	2.70	1.80	
4.5	0.78	1.31	1.52	0.344	92	2.80	1.85	
5.0	0.83	1.39	1.61	0.365	98	2.90	1.90	
5.5	0.88	1.48	1.71	0.387	103	3.00	2.00	
6.0	0.93	1.56	1.81	0.410	108	3.10	2.05	

Figura 6. Requerimientos nutricionales diarios para vacas preñadas y en periodo de lactancia (NRC, 1988)

Evaluación de la dieta del ganado sobre los atributos de transformación de la leche en el sistema familiar Xochimancas



## Ejemplo:

Requerimientos de Proteína cruda (g) para Mantenimiento de 350 kg de Peso Vivo  (PC Mantenimiento)	Requerimientos de Proteína cruda (g) para Producción de 12 L leche, 4.5% grasa  (PC Producción)	Requerimientos de Proteína cruda (g) para bovino 350 kg, produce 12 L leche con 4.5% grasa.  PC Mantenimiento + PC Producción
341 g	92 g (12)	=341 g + 1288 g <b>= 1629 g</b>

## 3.2 Cálculo de aportes de la ración

La metodología empleada para el cálculo de los aportes, se ejemplifica a continuación para el intervalo de enero-marzo.

Cuadro 1. Alimentos que integran la dieta en el intervalo enero-marzo, indicando el suministro en base húmeda (BH) por animal y su porcentaje de inclusión.

Ingredientes	Ingesta BH (kg/animal)	% inclusión BH
Avena Achicalada	11.25	39.70
Rastrojo de maíz	4.89	17.20
Heno de Ebo	4.89	17.20
Concentrado	4.50	15.90
Salvado de trigo	1.60	5.60
Biosilo Xochimancas	0.48	1.70
Bloque multinutricional	0.75	2.60
<b>Total</b>	<b>28.36</b>	<b>100.00</b>



Los alimentos que integran la dieta se proporcionan para el hato completo, por lo que la información del suministro por bovino se calculó dividiendo el dato proporcionado entre los ocho animales que integran el hato, asumiendo que todos los bovinos consumen la misma proporción (Cuadro 1).

Una vez establecidos los alimentos que integran la dieta, se investigó la composición nutrimental de cada uno de ellos, integrando los resultados obtenidos para los Suplementos Xochimancas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición Nutricia de los ingredientes que conforman la dieta, expresados en Base seca (NRC, 1988; FAO, 2012)

Ingrediente	MS (%)	TND (%)	EM (Mcal/kg)	EN <sub>L</sub> (Mcal/kg)	PC (%)	Ca (%)	P (%)	FDN (%)	FAD (%)
Avena achicalada	90	72	2.76	1.64	17.5	0.47	0.2	58	35
Ensilado de maíz	31	55	2.000	1.230	5.90	0.38	0.31	44.4	23.30
Rastrojo de maíz	90.33	67.10	2.426	1.641	3.30	0.29	0.07	82.40	53.20
Heno de Ebo	90.36	67.43	2.438	1.649	13.30	1.44	0.22	38.60	28.70
Concentrado	88	54.03	1.953	1.321	20.45	3.41	0.57	0	0.00
Salvado de trigo	89	70	2.670	1.600	17.10	0.13	1.38	51.00	15.00
Biosilo	65.8	47.73	2.214	1.166	6.47	0.75	0.23	52.55	36.04
bloque multinutricional	83.80	63.39	2.292	1.181	8.04	3.46	0.17	26.41	11.67



Definida la composición nutrimental de los ingredientes se calculó el aporte de nutrimentos de la ración, de acuerdo a la metodología propuesta por Ávila et al. (2010).

Se calculó los kilogramos de materia seca (MS) de cada uno de los alimentos, considerando los kilogramos de inclusión en base húmeda (BH) y el porcentaje de materia seca (MS) indicado en la composición nutrimental de cada alimento.

$$kg\ MS = \frac{(kg\ BH)(\% MS)}{100}$$

Ejemplo: avena achicalada (11.25 kg)(90)/(100) = 10.13 kg MS

Posteriormente se calculó los aportes de energía, proteína, fibra detergente neutro, fibra ácido detergente, calcio y fósforo de cada alimento, a partir de los porcentajes de inclusión en materia seca (MS) y la composición nutrimental.

$$\% \text{ nutrimento en la ración} = \frac{(\% \text{ inclusión MS})(\% \text{ nutrimento})}{100}$$

Ejemplo: avena achicalada (40.04%)(17.5 % PC)/(100) = 7.01%  
PC



De la misma manera, se calculó el aporte del resto de los nutrimentos de cada uno de los alimentos que integran la dieta para obtener el aporte total (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cálculo de los aportes para la dieta en el intervalo enero-marzo, expresados en Base seca.

Ingrediente	kg (BS)	% inclusión (BS)	TND (%)	EM (Mcal/kg)	EN <sub>L</sub> (Mcal/kg)	FDN (%)	FDA (%)	PC (%)	Ca (%)	P (%)
Avena Achicalada	10.13	40.04	28.83	1.11	0.657	23.22	11.27	7.01	0.19	0.08
Rastrojo de maíz	4.42	17.47	11.72	0.42	0.287	14.39	17.87	0.58	0.05	0.01
Heno de Ebo	4.42	17.47	11.78	0.43	0.288	7.06	4.03	2.32	0.25	0.04
Concentrado	3.96	15.66	8.46	0.31	0.207	0.00	0.00	3.20	0.53	0.09
Salvado de trigo	1.42	5.63	3.94	0.15	0.090	2.87	0.68	0.96	0.01	0.08
Biosilo	0.32	1.25	0.60	0.03	0.015	0.66	0.36	0.08	0.01	0.00
Bloque multinutricional	0.63	2.49	1.58	0.06	0.029	0.66	0.23	0.20	0.09	0.00
<b>Total</b>	<b>25.29</b>	<b>100.00</b>	<b>66.90</b>	<b>2.50</b>	<b>1.572</b>	<b>48.86</b>	<b>34.46</b>	<b>14.35</b>	<b>1.13</b>	<b>0.30</b>



Tomando en cuenta que el bloque multinutricional se proporciona una vez por semana (cuatro veces al mes), se realizó el cálculo de los aportes para la ración sin inclusión de bloque multinutricional (Cuadro 4).

Cuadro 4. Cálculo de los aportes en un día, sin inclusión de bloque multinutricional, para la dieta en el intervalo enero-marzo, expresados en Base seca.

Ingrediente	kg (BS)	% inclusión (BS)	TND (%)	EM (Mcal/kg)	EN <sub>L</sub> (Mcal/kg)	FDN (%)	FDA (%)	PC (%)	Ca (%)	P (%)
Avena Achicalada	10.13	41.06	29.56	1.13	0.673	23.81	11.50	7.19	0.19	0.08
Rastrojo de maíz	4.42	17.91	12.02	0.43	0.294	14.76	18.24	0.59	0.05	0.01
Heno de Ebo	4.42	17.92	12.08	0.44	0.295	7.24	4.12	2.38	0.26	0.04
Concentrado	3.96	16.06	8.68	0.31	0.212	0.00	0.00	3.28	0.55	0.09
Salvado de trigo	1.42	5.77	4.04	0.15	0.092	2.94	0.69	0.99	0.01	0.08
Biosilo	0.32	1.28	0.61	0.03	0.015	0.67	0.37	0.08	0.01	0.003
<b>Total</b>	<b>24.66</b>	<b>100.00</b>	<b>66.99</b>	<b>2.50</b>	<b>1.58</b>	<b>49.43</b>	<b>24.32</b>	<b>14.51</b>	<b>1.07</b>	<b>0.31</b>



Ambos aportes se integraron contabilizando los días con inclusión de bloque multinutricional de cada intervalo, por ejemplo: el intervalo enero-marzo consta de 13 semanas, es decir, 13 días con inclusión del bloque multinutricional, lo cual representa el 14.29%. Por tanto, los días sin inclusión del bloque multinutricional en la dieta representan el 85.71% del total del intervalo. Se tomó en cuenta esta proporcionalidad para obtener los aportes de la ración.

Ejemplo:

Aporte Total PC (con bloque multinutricional)	Aporte Total PC (sin bloque multinutricional)	Aporte Total PC (ración)
		= (12.19 * 0.1429)
12.19%	12.28%	+ (12.28 * 0.8571)
		= <b>12.27 %</b>

Para estimar el consumo por parte de los bovinos se calculó el Consumo de Materia Seca (CMS), de acuerdo a su peso vivo, semana de lactación y volumen leche corregida a un 4.5% de grasa. Para esto se utilizó la ecuación reportada por el Consejo Nacional de Investigación, en la séptima edición realizada sobre los requerimientos nutricionales del ganado lechero (NRC, 2001):

$$\text{Ingestión MS} = [(0.372 \times \text{LC } 4.5\%) + (0.0968 \times \text{PV}^{0.75})] \times [1 - e^{(-0.192 \times (\text{SEL} + 3.67))}]$$

en donde: PV= peso vivo del bovino

SEL= semana de lactación

LC 4.5%= Ajuste a 4.5% de contenido graso en la leche.



$$\text{Leche corregida en grasa (LC 4.5\%)} = (0.4 * \text{Volumen Leche}) + \frac{(15 * \% \text{ grasa en leche})}{(100 * \text{Volumen leche})}$$

Finalmente el aporte de los nutrimentos, se complementó con el cálculo de CMS por bovino para obtener los aportes de la ración (Cuadro 5).

Ejemplo:

Aporte PC Total por la dieta	Consumo de Materia Seca (CMS)	Aporte PC (enero-marzo)
$14.49\% = \frac{14.49 \text{ g PC}}{100 \text{ g MS dieta}}$ $= \frac{144.9 \text{ g PC}}{1000 \text{ g MS dieta}}$ $= \frac{144.9 \text{ g PC}}{\text{kg MS dieta}}$	8.88 kg MS dieta	$8.88 \text{ kg MS dieta} \left( \frac{144.9 \text{ g PC}}{\text{kg MS dieta}} \right)$ <b>= 1286.74 g PC</b>

Como el TND representa una estimación del total de nutrimentos digeribles, el dato obtenido de 66.99% significa que del consumo total de la dieta será digerido este porcentaje. Por tanto, para definir el TND en kg se obtuvo el 66.99% del CMS, es decir: (8.88 kg MS) (0.6699)= 5.95 kg MS.





Cuadro 5. Aportes nutricionales de la ración para el intervalo de enero-marzo, obtenidos a partir de un CMS estimado de 8.88 kg.

TND (kg)	EM (Mcal)	ENL (Mcal)	PC (g)	Ca (g)	P (g)	FND (%)	FAD (%)
5.95	22.20	14.04	1286.74	95.56	27.33	49.35	30.37

### 3.3 Balance de la dieta

Para evaluar la calidad de la dieta se realizó un balance entre los aportes de la ración y los requerimientos del hato, para cada intervalo de estudio. El balance es el resultado de la diferencia entre los requerimientos de animal y los aportes de nutrimentos de la dieta (Bach et al., 2002).

## 4 Relación entre el balance de la dieta y la composición de la leche cruda Xochimancas

En primer lugar se relacionó el balance de la dieta con el volumen de producción de leche reportado para la lactación del 2012 del hato Xochimancas; considerando el volumen reportado por Jersey USA (2012).

Posteriormente se abordó la composición de la leche cruda a partir del análisis bromatológico y el perfil de ácidos grasos, realizados a petición de la empresa por el laboratorio del Centro de Control Total de Calidades, S.A. de C.V. (CENCON), cuya muestra corresponde al 10 de julio 2012.



La composición proximal de la leche cruda se comparó con las especificaciones marcadas en el PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012, así como con información documental al respecto (US Jersey, 2012), para relacionar la calidad de la leche cruda con el balance obtenido de la dieta.

El perfil de ácidos grasos de la leche cruda Xochimancas se relacionó con información documental respecto a la influencia de la dieta, así como con el perfil de ácidos grasos obtenido para el queso tipo Oaxaca.

## **5 Relación entre la composición de la leche cruda y el queso tipo Oaxaca Xochimancas**

Para relacionar la composición de la leche cruda con el rendimiento y la composición del queso tipo Oaxaca, se tomó en cuenta el proceso de elaboración descrito por el personal del taller de lácteos. Dentro del proceso, el análisis recayó en la coagulación, sinéresis y rendimiento obtenido, al ser estos influenciados por la composición de la leche (Walstra et al., 2001).

Una vez analizada la aptitud de procesamiento de la leche cruda, se evaluó la composición proximal del queso tipo Oaxaca, determinada por el laboratorio CENCON y cuya muestra corresponde al 31 de enero del 2012. Los resultados se compraron con la norma mexicana NMX-F-733-COFOCALEC-2010, para evaluar si cumple con la composición esperada para este alimento. Finalmente se concluye respecto a la calidad del queso elaborado y se relaciona con la calidad de la materia prima.

# Resultados y Discusión

## 1. Descripción del sistema lechero familiar Xochimancas

La unidad de producción de lácteos de la empresa familiar Xochimancas está integrada por: el área de confinamiento de los bovinos, el área de ordeño y el taller de lácteos o unidad productiva de lácteos (Figura 7). El área de confinamiento consta de 972 m<sup>2</sup> (INEGI, 2013) con sombreaderos y se encuentra paralela al área de ordeño que es de menor tamaño, con capacidad para un bovino.

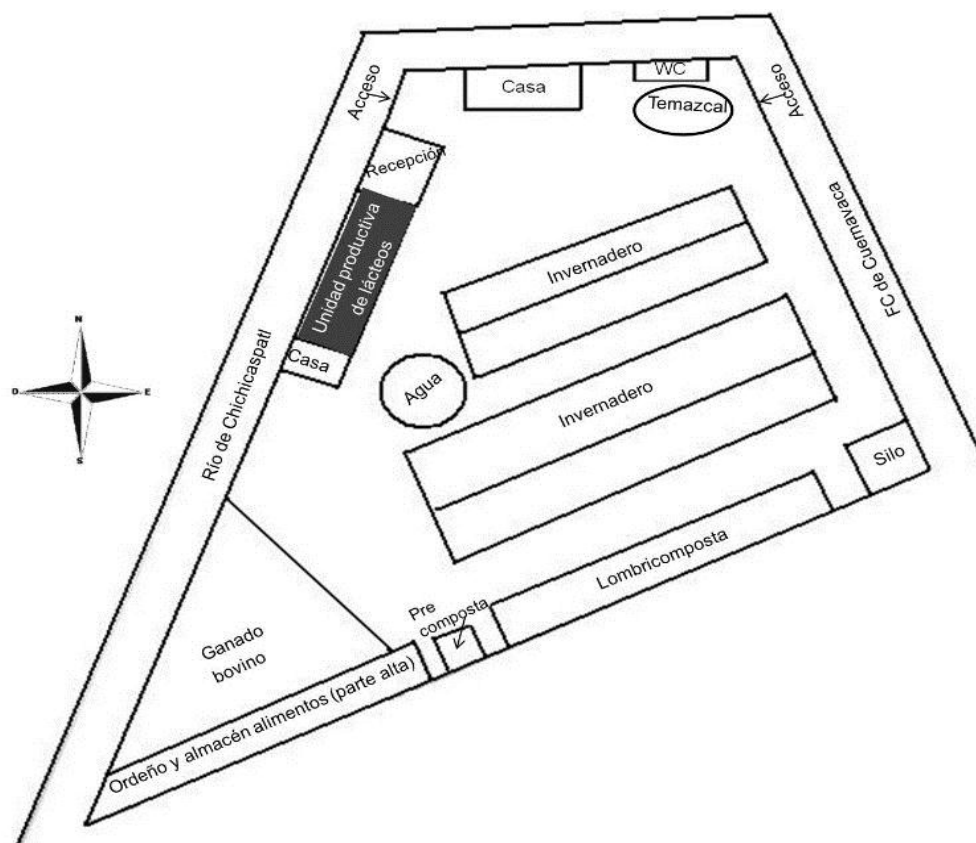


Figura 7. Mapa de la empresa Xochimancas (Arias, 2013).



El hato de Xochimancas está conformado de ocho vacas de las cuales siete son de la raza Jersey y solo una de la raza Holstein; este ganado procede del Rancho la Hondonada, ubicado en el municipio de Colón del estado de Querétaro, siendo carentes de antibióticos y hormonas. Durante el intervalo de estudio (enero-agosto 2012) cinco bovinos se encontraban en producción, con una edad de entre dos y cuatro años, siendo el peso corporal promedio del hato de 350 kg (Cuadro 6).

Cuadro 6. Datos de la conformación del hato Xochimancas

	Número de registro	Edad (años)	Raza	Peso Vivo (kg)	Etapa
1	DF12759	4	Holstein	450	Producción
2	1799	4	Jersey	300	Producción
3	1806	4	Jersey	350	Producción
4	1503	4	Jersey	350	
5	1764	2	Jersey	300	Producción
6	DF12764	2	Jersey	400	Producción
7	DF12765	2	Jersey	300	
8	DF12760	1	Jersey	250	

El sistema de manejo es la estabulación, por lo cual se les proporcionan los alimentos en el área de confinamiento que cuenta con tres comederos tipo canoa con aproximadamente 60 kg de capacidad y cuya forma disminuye el desperdicio de los alimentos facilitando el consumo de hasta tres bovinos simultáneamente (Figura 8).



Figura 8. Alimentación del hato Xochimancas en comederos de canoa



El agua se proporciona en un bebedero de aproximadamente 20 litros de capacidad, el cual posee un dispensador automático que permite el suministro constante, sin embargo, el tamaño no permite el consumo de más de un animal simultáneamente y su ubicación en el corral es poco accesible. Por tanto se infiere un déficit en el consumo de agua (Figura 9).

Figura 9. Bebedero con dispensador automático



Los alimentos se les ofertan en tres horarios: 5:00, 13:00 y 17:00 horas, y la dieta está integrada de: cuatro forrajes, un concentrado y dos suplementos. Dentro de los forrajes, el rastrojo de maíz (*Zea mays*), heno de ebo (*Vicia sativa*) y salvado de trigo (*Triticum aestivum*) permanecen constantes en la dieta, cambiando un forraje de acuerdo a la estacionalidad: avena achicalada (*Avena sativa*) en el intervalo de enero a marzo del 2012 y ensilado de maíz en el intervalo de abril a agosto del mismo año (Cuadro 7).

El concentrado se les proporciona en los horarios de 5:00 y 17:00 horas, mientras las ordeñan (Cuadro 7); es una fórmula comercial balanceada enfocada a la etapa de producción de los bovinos. Los suplementos que integran la dieta son: el Biosilo Xochimancas que se proporciona diariamente y el bloque multinutricional cuya adición se limita a un día de la semana, ambos en el horario de las 13:00 horas.

Los forrajes conforman la mayor parte de la dieta con un 83.71 a 85.04 % (Cuadro 8) cumpliendo con una inclusión mayor al 40% dentro de la ración, de acuerdo a Chamberlain et al., (2002). El concentrado representa del 11.75 al 12.80% (Cuadro 8), porcentaje que no sobrepasa las especificaciones para producción orgánica, que permiten hasta un 20% de inclusión (Vega et al., 2006). Los suplementos por otro lado, representan del 3.2 al 3.5% (Cuadro 8) de la dieta con un enfoque principal de aporte de minerales, de acuerdo a lo mencionado por el personal de Xochimancas.

Cuadro 7. Dieta que se proporciona al hato Xochimancas durante los intervalos de enero- marzo y abril-agosto, 2012.

Horario	Alimento	Suministro (kg/animal)	Horario	Alimento	Suministro (kg/animal)	Horario	Alimento	Suministro (kg/animal)
<b>5:00 h ordeño</b>	Concentrado	2.25	<b>13:00 h</b>	<i>Ensilado de maíz</i> <sup>+</sup>	14.38	<b>17:00 h ordeño</b>	Concentrado	2.25
	Avena achicalada*	3.75		Avena achicalada*	3.75		Avena Achicalada*	3.75
	Rastrojo de maíz	1.63		Rastrojo de maíz	1.63		Rastrojo de maíz	1.63
	Heno de ebo	1.63		Heno de ebo	1.63		Heno de ebo	1.63
	Salvado de trigo	0.75		Biosilo Xochimancas	0.48		Salvado de trigo	0.75
				Bloque multinutricional	0.75			
			Salvado de trigo	0.10				

\* Alimento suministrado en el intervalo enero-marzo, <sup>+</sup> Alimento suministrado en el intervalo marzo-abril, los alimentos restantes forman parte de la dieta durante ambos intervalos.



Cuadro 8. Clasificación y porcentaje de inclusión de los alimentos que integran la dieta del hato Xochimancas, durante los periodos enero- marzo y abril-agosto 2012.

Alimento	Clasificación	Inclusión (%)	
		enero-marzo	abril-agosto
Avena Achicalada	Forraje seco	32.00	
Ensilado de maíz	Forraje ensilado		37.56
Rastrojo de maíz	Forraje Seco	33.25	30.53
Heno de Ebo	Forraje Seco	13.91	12.77
Concentrado	Concentrado	12.80	11.75
Salvado de trigo	Forraje seco	4.55	4.18
Biosilo	Suplemento	1.37	1.25
Bloque multinutricional	Suplemento	2.13	1.96

El ordeño se realiza dos veces al día, con ayuda de una ordeñadora mecánica (Figura 10). El ordeño alivia la presión de la glándula mamaria favoreciendo la producción de leche una vez que éste se realiza, siendo dos ordeños suficientes para este fin (Agenjo, 1956).

Durante el intervalo de estudio (enero-agosto 2012) se obtuvo una producción promedio de 14 Litros de leche por bovino al día durante el pico de lactación (enero a febrero de 2012) y de 12 Litros por bovino al día durante la persistencia (marzo a abril de 2012).





Figura 10. Ordeño mecánico del hato Xochimancas

Una vez ordeñada la leche, el tanque de ordeñadora se lleva al taller de lácteos en donde se almacena a 4°C en un refrigerador horizontal HF 5501, hasta su transformación. El taller de lácteos es de aproximadamente 20 m<sup>2</sup> (INEGI, 2013) y está integrado por una mesa de acero inoxidable, utensilios y reactivos para procesamiento, así como una empacadora al vacío y un cuarto frío (4°C) de almacenamiento para producto terminado.



## 2. Composición nutricional de la dieta

### 2.1 Base de la dieta

La composición nutrimental de los ingredientes base (mayor inclusión) que se proporcionó al hato Xochimancas durante ambos intervalos, se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Composición nutricia de los ingredientes que conforman la base de la dieta, expresados en base seca (NRC, 1988; FAO, 2012).

Ingrediente	MS (%)	TND (%)	EM (Mcal/kg)	EN <sub>L</sub> (Mcal/kg)	PC (%)	Ca (%)	P (%)	FDN (%)	FAD (%)
Avena achicalada	90	72	2.76	1.64	17.5	0.47	0.2	58	35
Ensilado de maíz	31	55	2.000	1.230	5.90	0.38	0.31	44.4	23.30
Rastrojo de maíz	90.33	67.10	2.426	1.641	3.30	0.29	0.07	82.40	53.20
Heno de Ebo	90.36	67.43	2.438	1.649	13.30	1.44	0.22	38.60	28.70
Concentrado	88	54.03	1.953	1.321	20.45	3.41	0.57	0	0.00
Salvado de trigo	89	70	2.670	1.600	17.10	0.13	1.38	51.00	15.00



## 2.2 Suplementos Xochimancas

### a) Bloque multinutricional

La suplementación con bloques multinutricionales es una tecnología orientada a proveer de energía y fuentes de nitrógeno a los microorganismos del rumen, promoviendo la digestión fermentativa de alimentos fibrosos. Generalmente se incluye también una mezcla de macro y micro-elementos minerales ya que con frecuencia son deficitarios en los forrajes (Sansoucy et al., 1986; Amaro, 2009; Fariñas, 2009; Gutiérrez y Ayala, 2009).

El bloque multinutricional se presenta como una masa sólida de gran dureza, conferida por la inclusión de un material cementante. Esta característica impide que sea consumida en grandes cantidades, siendo una forma segura para incorporar urea y minerales en la dieta del ganado, además de facilitar la manipulación, almacenamiento y suministro (Sansoucy et al., 1986; Amaro, 2009; Fariñas, 2009; Gutiérrez y Ayala, 2009).

Para su formulación y elaboración se recomienda utilizar ingredientes regionales que cumplan con el objetivo nutricional planteado, optimizando así, la utilización de residuos agroindustriales (esquilmos) y haciéndolo accesible para los pequeños productores (Sansoucy et al., 1986; Amaro, 2009; Fariñas, 2009; Gutiérrez y Ayala, 2009).

Los elementos fundamentales que integran la formulación de estos suplementos son (Fariñas, 2009):



- Fuente de energía 25 a 60%, generalmente melaza,
- Fuente de nitrógeno no proteínico 5 a 10%, generalmente urea,
- Fuente de proteína 15 a 35%, generalmente alguna leguminosa,
- Sales minerales 5 a 10%; con sal común integrada en un 5% además de distintos macro y micro elementos,
- Aglutinante, generalmente en 10%.

La fórmula del bloque multinutricional Xochimancas (Cuadro 10) se integra de ingredientes disponibles en su finca como se aconseja para esta tecnología de suplementación (Sansoucy et al., 1986; Amaro, 2009; Fariñas, 2009; Gutiérrez y Ayala, 2009).

Cuadro 10. Fórmula del bloque multinutricional elaborado por Xochimancas, expresando el porcentaje de inclusión en base húmeda.

Ingrediente	Inclusión (%)
Melaza (85°Brix)	53.76
Heno de ebo	21.51
Grano de maíz molido	12.90
Humus de lombriz	4.30
Sal mineral	3.23
Sal de grano	3.23
Flor de azufre	1.08
Total	100

La composición de la fórmula Xochimancas incluye ingredientes que cumplen funciones diversas en la alimentación del animal. La melaza y el grano de maíz molido son fuentes de energía, proporcionando sustrato fermentable para los microorganismos del rumen (Bach et al., 2002); la melaza aporta varios minerales y elementos traza, en especial



potasio, pero bajas cantidades de fósforo (Sansoucy et al., 1986; FAO, 2013), lo que se contrarresta con el alto aporte de fósforo del grano de maíz molido (*Zea mays*), que presenta una relación 1:12 de calcio y fósforo respectivamente (Flores, 1967).

El heno de ebo (*Vicia sativa*) es una fuente de nitrógeno proteínico, porque es una leguminosa, se suministra como heno con el fin de alargar su vida útil mediante la deshidratación, por lo que es cortada al inicio de la floración para favorecer la cantidad de nutrimentos (Flores, 1967; Melgarejo, 2012).

El humus de lombriz es el producto resultante de la transformación digestiva y metabólica de la materia orgánica por la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Se compone de sustancias químicas complejas que aportan materia orgánica (20 a 50%), nitrógeno total (1 a 4%) y minerales (NMX-FF-109-SCFI-2008). Este porcentaje de nitrógeno total permite considerarlo una segunda fuente de nitrógeno dentro de la formulación.

Los componentes minerales incluidos son sal mineral y sal de grano, como fuentes de cloro y sodio, además de funcionar como saborizantes (Fariñas, 2009); flor de azufre como una fuente económica de este mineral en su forma elemental, siendo el azufre parte fundamental de los aminoácidos, por lo que juega un papel importante en la síntesis de proteína bacteriana y en la digestión del rumiante (Villar, 2006; Lapisa, 2012).

La orientación orgánica del sistema Xochimancas se refleja en la formulación de su bloque multinutricional, en el cual no se suministra urea como lo marcan las fórmulas comunes, esta es sustituida con la

inclusión de uno de sus agro-insumos, el humus de lombriz, que además de aportar nitrógeno contribuye con materia orgánica y mineral. Así mismo la fórmula carece de residuos agroindustriales (esquilmos) presentando en realidad un forraje de buena calidad (heno de ebo).

Su elaboración consta de cuatro etapas (Figura 11), para obtener un bloque desmoldable de aproximadamente 6 kg, que se proporciona a las ocho vacas del hato una vez por semana, colocándolo en fragmentos dentro de los comederos.

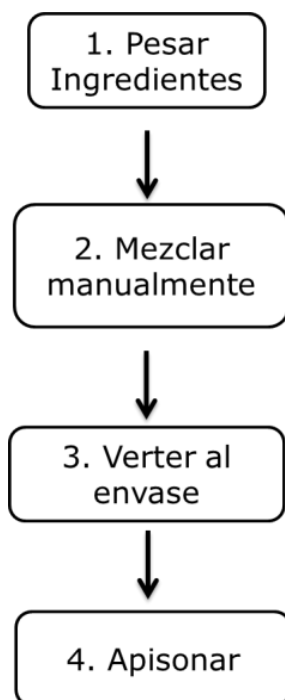


Figura 11. Etapas de elaboración del bloque multinutricional Xochimancas

**Etapa 1. Pesaje:** se reúnen y se pesan los ingredientes del bloque multinutricional, en las proporciones marcadas por la formulación.

**Etapa 2. Mezclado:** se esparcen los ingredientes secos en el piso cubierto por una bolsa de plástico, formando capas; la primera capa es el heno de ebo, posteriormente se integran el resto de los ingredientes secos y la mezcla aglutinante (cal y cemento), para finalizar con la melaza como última capa. Después de integrar la melaza se aglutinan todos los ingredientes manualmente, hasta formar una mezcla única Figura 12.



Figura 12. Etapa 2: mezclado (Fariñas, 2009)

**Etapa 3. Vertido en envase:** se toma una porción de la mezcla resultante del paso anterior y se vierte a un contenedor (envase de plástico de 19 L), suficiente para cubrir la mitad del mismo. Se mezcla nuevamente para asegurar que no se formen grumos (Figura 13)



Figura 13. Etapa 3: vertido (Fariñas, 2009)

**Etapa 4. Apisonar:** en el contenedor, la mezcla es compactada (apisonada), con un mazo, hasta obtener un bloque rígido, desmoldable (Figura 14).



Figura 14. Etapa 4: apisonar (Fariñas, 2009)

El bloque multinutricional que se obtiene presenta una dureza inferior a los bloques multinutricionales comunes, lo cual se atribuye al apisonado ya que los ingredientes favorecen la solidificación. El aglutinante utilizado es una mezcla de cemento y cal (1:1), la cual representa el 10% de la formulación como se recomienda (Sansoucy et al., 1986; Amaro, 2009; Fariñas, 2009; Gutiérrez y Ayala, 2009). El heno de ebo actúa como soporte de otros ingredientes formando un entramado que favorece la estructura (Fariñas, 2009) y la concentración de la melaza (85°Brix) favorece la solidificación (FAO, 2013).

Por las características de la formulación, la baja dureza del bloque multinutricional Xochimancas no representa un peligro de intoxicación al no incluir urea; dentro de los minerales el azufre representa el riesgo más importante ya que puede provocar efectos adversos (85 g azufre elemental), sin embargo, la flor de azufre aporta un 41.2% biodisponible del elemento, descartando este riesgo (Villar, 2011).

Esta característica de baja dureza permite a Xochimancas trocearlo y distribuirlo en los comederos equitativamente, favoreciendo un adecuado consumo (Figura 15). Así mismo, se toma la precaución de suministrarlo solo un día a la semana.



Figura 15. Bloque multinutricional Xochimancas





## b) Biosilo Xochimancas

Xochimancas ha desarrollado, con asesoría del Ingeniero Agrónomo Jairo Restrepo, un suplemento orgánico llamado "Biosilo", cuyo proceso de elaboración y principio nutritivo se basa en las tecnologías de los biofertilizantes preparados a base de estiércol de vaca; en particular del Super Magro, ideado por el agricultor Delvino Magro con el apoyo de Sebastião Pinheiro, de la fundación Juquira Candirú en Río Grande, Brasil (Restrepo, 2007).

El Súper Magro es un biofertilizante líquido que es sometido a un proceso de fermentación con la finalidad de aumentar la disponibilidad de los nutrimentos, además de aportar minerales a partir de su inclusión como: sales minerales, harina de rocas y/o ceniza (Restrepo, 2007).

De acuerdo a esta información, Xochimancas suministra el Biosilo como suplemento para el ganado con el objetivo principal de aportar minerales, además de considerarlo una vía de enriquecimiento de la microbiota ruminal debido a que su diversificación se pierde por tratarse de un sistema estabulado, además, es considerado por la empresa como una fuente rica en vitaminas del complejo B.

La fórmula del Biosilo Xochimancas se compone de tres ingredientes mayoritarios, que se adicionan en proporciones equivalentes (33%): salvado de arroz, melaza de caña de azúcar (85° Brix) y tierra de monte; con una fracción remanente del 1%, que corresponde a ceniza de leña.



Estos ingredientes cumplen con las siguientes funciones (Restrepo, 2007):

- Melaza: es la fuente de energía para activar el metabolismo microbiano, es una fuente rica en potasio, calcio, fósforo y magnesio.
- Tierra de monte: actúa como inóculo. Esta tierra tiene la particularidad de provenir de una zona de resguardo ecológico del ejido de San Nicolás Totolapan, por lo cual se espera una microbiota rica, aporte de minerales y materia orgánica. La muestra de tierra cuenta además con residuos de hojarasca de pino y encino.
- Salvado de arroz: subproducto de la industria arrocera, es un alimento rico utilizado comúnmente en la alimentación animal por su contenido de proteína, grasa, vitaminas del complejo B y E, con la presencia de tocoferoles y minerales como hierro y fósforo (Juliano, 1967).
- Ceniza de leña: actúa como fuente de minerales y tecnológicamente como sello para realizar la fermentación anaeróbica.

El Biosilo Xochimancas se elabora en las instalaciones del área de ordeño en un contenedor (envase de plástico 200 Litros), cada dos meses aproximadamente. Su proceso de elaboración consta de cinco etapas (Figura 16).

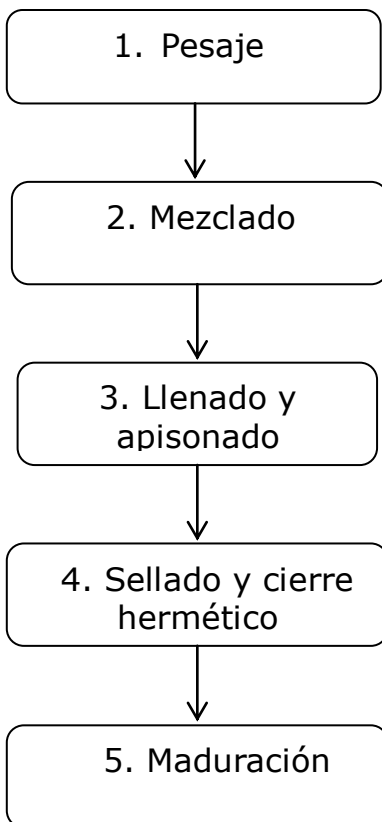


Figura 16. Etapas de elaboración del Biosilo Xochimancas

**Etapa 1. Pesaje:** en proporciones equivalentes (33%), se pesan los tres ingredientes mayoritarios y el porcentaje restante (1%) corresponde a la ceniza de leña (Figura 17).



Figura 17. Pesaje ingredientes

**Etapa 2. Mezclado:** empleando las manos o con ayuda de una pala, el salvado de arroz y la tierra se mezclan hasta homogenizarlos (Figura 18). Finalmente se incorpora la melaza (85° Brix) distribuyéndola por toda la mezcla, cuidando de disolver los grumos formados.



Figura 18. Mezclado de ingredientes

**Etapa 3. Llenado y apisonado:** elaborada la mezcla, se procede a llenar el contenedor (envase de plástico 200 Litros) de la siguiente manera, se vierten porciones de la mezcla que formen una capa de 15 a 20 cm de espesor (Figura 19), la cual será compactada (apisonada) con un mazo hasta obtener una consistencia firme con una resistencia a la penetración de 3 a 4 Kg/cm<sup>2</sup> (Figura 20). Este procedimiento se repite sucesivamente hasta llenar el contenedor, dejando una distancia aproximada de 5 a 8 cm entre el nivel de la mezcla y la boca del envase.



Figura 19. Verter porciones de la mezcla al envase.



Figura 20. Apisonar la mezcla

**Etapa 4. Sellado y cierre**

**hermético del contenedor:** en el espacio libre se coloca la ceniza de leña como sello. Sellada la mezcla, el contenedor se cierra herméticamente, colocando la tapa y conectando la manguera a la trampa de gases (envase vidrio con agua). El envase se coloca en un lugar a la sombra (Figura 21).



Figura 21. Sellar envase con ceniza de leña.

**Etapa 5. Maduración:** durante 40 días se efectúa el proceso de Fermentación anaerobia, al término de los cuales la mezcla se estabiliza y el suplemento se puede administrar al ganado (Figura 22).



Figura 22. Envase o contenedor de la mezcla sellada y cerrada herméticamente con trampa de gases.



Al igual que en el proceso de fermentación del Super Magro, para la elaboración del Biosilo se utilizan tanques o toneles de plástico con Aro metálico o tapas roscadas, lo que permite un cierre hermético que favorece la fermentación anaerobia, esto es de suma importancia, ya que el desarrollo de una fermentación aerobia lo llevaría a la putrefacción.

Cumpliendo las condiciones de maduración se obtiene un suplemento de características similares a la tierra, pero de color negro, cuyo olor es agradable, característico de la fermentación alcohólica. Estos atributos sensoriales favorecen su aceptación por los animales que lo consumen (palatabilidad).

### **c) Perfil nutricional de los suplementos Xochimancas**

Los resultados de las pruebas de laboratorio (AQP, fracciones de la fibra y DIVMS) integraron el perfil nutricional de los suplementos (Cuadro 11). Esta información se integró a la evaluación de la dieta y permitió corroborar el cumplimiento de la suplementación que la empresa atribuye a estos suplementos.

El análisis bromatológico realizado a los suplementos señala que son alimentos secos dado que presentan más del 70% de materia seca, 70.26% para el Biosilo y 83.30% del Bloque multinutricional.



Cuadro 11. Perfil nutrimental de los suplementos Xochimancas.

	<b>Bloque multinutricional (%)</b>	<b>Biosilo (%)</b>
<b>Análisis Proximal</b>		
Materia seca	83.80	70.26
Proteína cruda (Nitrógeno*6.25)	8.04	7.51
Extracto etéreo	2.74	1.29
Cenizas	28.18	22.89
<sup>1</sup> Calcio	0.81	0.75
<sup>2</sup> Fósforo	0.12	0.23
Fibra cruda	7.81	23.98
Extracto libre de nitrógeno	53.23	44.32
Energía Metabolizable (kcal/kg)	2291.68	1933.16
<b>Análisis de Van Soest</b>		
Fibra neutro detergente (FND)	26.41	52.55
Fibra ácido detergente (FAD)	11.67	36.04
Lignina	5.53	12.57
<b>Digestibilidad <i>in-vitro</i> de la materia seca (DIVMS)</b>	78.34	51.34

Fuente: Laboratorio DNAB de la FMVZ <sup>1</sup>AOAC 927.02 (2005); <sup>2</sup>AOAC 965.17 (2005)

El nutrimento mayoritario en ambos suplementos son los hidratos de carbono representado por el Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), con un 53.23% para el bloque multinutricional y 44.32% para el Biosilo Xochimancas. Este valor corresponde básicamente a azúcares solubles, almidón y pectinas, que son fermentados rápidamente aportando energía inmediata a los microorganismos del rumen y al bovino (Bach et al., 2002).

Uno de los objetivos del bloque multinutricional Xochimancas es el aporte de minerales, lo cual se corroboró con el alto porcentaje de cenizas obtenido (28.18 %), siendo uno de los componentes mayoritarios (Cuadro 11). Comparando con el aporte mineral reportado



para otros bloques 32.9% (Becerra et al., 1991), 30.42% (Rueda et al., 1999), el bloque multinutricional resulta menor, sin embargo, debe considerarse que se trata de una fórmula particular orientada a cubrir necesidades específicas (Na, Cl, Ca, P y S).

El Biosilo Xochimancas presentó un porcentaje de cenizas similar al del bloque multinutricional, 22.89%, lo cual se atribuye a la suma de los aportes de cada uno de sus ingredientes; por ejemplo, la melaza y el salvado de arroz aportan 4.23% y 3.36% respectivamente (NRC, 1988), que en teoría representa 7.6% de cenizas, lo que nos permite inferir que el 15.3% restante puede atribuirse a los minerales presentes en la tierra de monte y en especial a la ceniza de leña,..... De este porcentaje elevado de cenizas, los aportes de calcio y fósforo fueron de 0.75% y 0.23% respectivamente.

Para el bloque multinutricional, el aporte de calcio y fósforo es de 3.46% y 0.17% respectivamente. El mayor aporte de calcio se atribuye a los materiales cementantes (cemento/cal) cuya composición de calcio es del 24% biodisponible para la cal (Castro, 2004) y de 32.24% para el cemento (Galvano et al., 1982); así mismo, el cemento presenta una composición variada de minerales dentro de los cuales se encuentra un 0.006% de fósforo (Galvano et al., 1982).

El aporte de proteína cruda del bloque multinutricional Xochimancas es de 8.04%, porcentaje tres veces menor con respecto a lo reportado para otros bloques multinutricionales 26.5% (Becerra et al., 1991), 28.26% (Rueda et al., 1999), esto se debe a la inclusión de urea como fuente de nitrógeno no proteínico en estos bloques multinutricionales. La NRC (1988) marca el aporte equivalente a proteína cruda por la urea





con un 281%, ya que su estructura química facilita la generación de amoníaco, favoreciendo la rápida síntesis de proteínas por los microorganismos del rumen.

La proteína verdadera en cambio es degradada por las enzimas de los microorganismos a péptidos y luego a aminoácidos, por lo que no son aprovechadas completamente en el rumen, llegando una parte al duodeno para la absorción directa por el animal. Esta fracción de proteína no degradable en rumen favorece la condición corporal del animal, siendo de suma importancia el perfil de aminoácidos que brinda (Bach et al., 2002). En particular el bloque multinutricional Xochimancas incluye una leguminosa con lo cual aporta principalmente proteína verdadera. El Biosilo Xochimancas aporta un 7.51% de proteína cruda, dentro de la cual se infiere un aporte principal de proteína verdadera proveniente principalmente del salvado de arroz (11.3 a 14.9%) (Juliano, 1967).

Para el análisis del aporte de fibra de los suplementos se utilizó el fraccionamiento de la fibra según Van Soest (1967), ya que permite cuantificar los componentes de la fibra en función de su disponibilidad para el rumiante (Ángeles et al., 2001; Estrada, 2001).

El porcentaje de FND y lignina para el bloque multinutricional Xochimancas es de 26.41% y 5.53% respectivamente, lo que refleja una proporción de pared celular baja (hemicelulosa, celulosa y lignina) de estructuras vegetales con poca lignificación susceptibles a ser fermentadas por los microorganismos ruminales, liberando el contenido rico en nutrimentos fácilmente asimilables.



Por otra parte el biosilo Xochimancas presenta un porcentaje de 52.55% de FND, lo cual indica que cerca de la mitad de la materia seca está conformada por pared celular. De este porcentaje el 12.57% corresponde a lignina, porcentaje mayor al del Bloque multinutricional, lo que es atribuible a las estructuras fibrosas presentes en la salvado de arroz y la hojarasca (hojas secas) de pino y encino. Estos ingredientes incrementaron su lignificación por su avanzada etapa de maduración, sin embargo, se infiere degradación de lignina durante la maduración del Biosilo Xochimancas por presencia de microorganismos lignocelulolíticos así como la incorporación de minerales de ceniza de leña, que debilitan los enlaces entre la celulosa y la lignina favoreciendo la disponibilidad de la fibra (Ramírez et al., 1992; Laswai et al, 2007).

Una vez establecida la composición química de los suplementos se determinó la digestibilidad *in-vitro* de la materia seca (DIVMS) de ambos, para conocer la disponibilidad de nutrimentos para el animal. La DIVMS del bloque multinutricional Xochimancas fue de 78.34%, es decir, 78.34% de la materia seca del bloque multinutricional será asimilado por el rumiante al término del proceso digestivo. Este valor es alto, y se atribuye a la buena calidad de los ingredientes que lo conforman, en especial a la alta disponibilidad de la fibra presente. Por otra parte, el Biosilo Xochimancas presentó una menor digestibilidad (51.34%) con respecto al bloque multinutricional, lo que se atribuye a su elevado porcentaje de FAD (36.04%).

El perfil nutrimental de los suplementos permitió catalogarlos dentro de la clasificación propuesta por la NRC (Cuadro 12).



Cuadro 12. Grupo de clasificación de los ingredientes para alimentación animal según la NRC (1989).

Código	Clase	Definición
1	Forrajes y alimentos groseros secos	Productos desecados que contienen más del 18% de fibra cruda.
2	Forrajes consumidos frescos	Alimentos no cosechados que pueden entrar segados o ser consumidos in situ. Las plantas tal cual.
3	Ensilados	Alimentos fermentado de gramíneas, leguminosas o hierbas en general.
4	Alimentos energéticos	Productos con menos de 20% de proteína cruda y menos del 18% de fibra cruda. Granos de cereales, subproductos de molinería, frutos secos, raíces.
5	Suplementos proteínicos	Productos que contienen más del 20% de proteína cruda, de origen animal o vegetal.
6	Suplementos minerales	Premezclas minerales, sales minerales específicas, fuentes naturales de elementos minerales (harina de hueso, ortofosfato, carbonatos de sodio y calcio, etc).
7	Suplementos vitamínicos	Premezclas de vitaminas hidro y liposolubles.
8	Aditivos	Antibióticos, colorantes, edulcorantes, saborizantes, hormonas y medicamentos.

El bloque multinutricional Xochimancas cubre las características de alimento energético y suplemento mineral, aportando 2291.68 kcal/kg en MS de EM y un 28.18% de cenizas, sin embargo, no cumple con el perfil de un suplemento proteínico para lo cual se requiere un aporte mínimo de 20% de proteína cruda.



Por otra parte, el Biosilo Xochimancas cubre las características de suplemento mineral con un 22.89% de cenizas; su aporte energético también es alto de 1993.16 kcal/kg en MS de EM, muy similar al del bloque multinutricional, sin embargo, dentro de la clasificación del NRC (Cuadro 12) no puede ser denominado alimento energético por su alto aporte de fibra cruda, superior al 18%.

Con lo cual se corrobora que para el Biosilo Xochimancas se cumple el objetivo de su inclusión en la dieta como suplemento mineral con potencial energético, sin embargo, se requieren de estudios especializados para corroborar el posible aporte de flora ruminal y vitaminas del complejo B.

El bloque multinutricional, por otra parte, cumple con el objetivo de suplementación mineral y energética, sin embargo, no aporta la proteína cruda suficiente para ser considerado suplemento proteínico, con lo cual no se cumple el aporte balanceado de proteína-energía que se atribuye a esta tecnología de suplementación (Sansoucy et al., 1986; Amaro, 2009; Fariñas, 2009; Ocaña, 2012).



### 3. Evaluación de la dieta proporcionada al hato Xochimancas

#### 3.1 Cálculo de los requerimientos del hato Xochimancas

Los requerimientos del hato Xochimancas obtenidos se muestran en el Cuadro 13. Para el intervalo enero-marzo son mayores debido a que el hato se encuentra en el pico de la producción (14 L por bovino al día), lo cual aumenta las necesidades de nutrimentos para cubrir ese periodo de alta demanda metabólica.

Cuadro 13. Requerimientos del hato Xochimancas para ambos periodos de estudio (NRC, 1988)

<b>Intervalo estudio</b>	<b>TND (kg)</b>	<b>EM Mcal</b>	<b>EN<sub>L</sub> Mcal</b>	<b>PC (g)</b>	<b>Ca (g)</b>	<b>P (g)</b>
Enero-marzo (350 PV, 14 L leche, 4.5% grasa)	7.67	31.30	17.39	1629.00	53.20	36.90
Abril-agosto (350 PV, 12 L leche, 4.5% grasa)	6.98	29.32	15.83	1445.00	47.60	33.20



### 3.2 Cálculo de los aportes de la ración

Los aportes de la dieta que se proporcionó al hato Xochimancas durante ambos intervalos, se muestran en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Aportes del hato Xochimancas para ambos intervalos de estudio.

<b>Intervalo estudio</b>	<b>TND (kg)</b>	<b>EM Mcal</b>	<b>EN<sub>L</sub> Mcal</b>	<b>PC (g)</b>	<b>Ca (g)</b>	<b>P (g)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>FAD (%)</b>
Enero-marzo	5.95	22.20	14.04	1286.74	95.56	27.33	49.35	30.30
Abril-agosto	5.92	21.62	14.13	1048.36	118.94	35.19	43.18	26.20

Para el intervalo abril-agosto disminuye de forma general el aporte de nutrimentos, esto se tribuye a la sustitución de avena achicalada por ensilado de maíz, alimento que presentó mayor humedad (31% de materia seca) en comparación con la avena achicalada (90% de materia seca).



En particular la dieta de enero-marzo aportó una mayor cantidad de EM de la cual se destinó un menor porcentaje a la producción de leche ( $EN_L$ ), en comparación con la dieta de abril-agosto (Cuadro 14). La menor  $EN_L$  para la dieta de enero-marzo se atribuye a un aumento en el porcentaje de energía destinada al mantenimiento ( $EN_M$ ), ya que la eficiencia del fraccionamiento de la EM depende de las necesidades del bovino, una vez alcanzado el pico de la lactación se requiere compensar la movilización de reservas corporales característica de la etapa inicial de lactación (Chamberlain et al., 2002).

### 3.3 Balance de la dieta

Cuadro 15. Balance de los nutrimentos que aporta la dieta y los requerimientos del hato Xochimancas de acuerdo a la producción de leche para el periodo de estudio enero-marzo.

<b>Intervalo estudio</b>	<b>TND (kg)</b>	<b>EM Mcal</b>	<b><math>EN_L</math> Mcal</b>	<b>PC (g)</b>	<b>Ca (g)</b>	<b>P (g)</b>
Nutrimentos aporta la dieta Xochimancas	5.95	22.20	14.04	1286.74	95.56	27.33
Requerimientos nutricionales hato Xochimancas: 350 PV, 14 L leche, 4.5% grasa	7.67	31.30	17.39	1629.00	53.20	36.90
Balance	-1.72	-8.4	-3.35	-342.26 3.8%	42.36 0.48%	-9.57 0.11%



Cuadro 16. Balance de los nutrientes que aporta la dieta y los requerimientos del hato Xochimancas de acuerdo a la producción de leche para el periodo de estudio abril-agosto.

<b>Intervalo estudio</b>	<b>TND (kg)</b>	<b>EM Mcal</b>	<b>EN<sub>L</sub> Mcal</b>	<b>PC (g)</b>	<b>Ca (g)</b>	<b>P (g)</b>
Nutrientes aporta la dieta Xochimancas (abril-agosto)	5.92	21.62	14.13	1048.36	118.94	35.19
Requerimientos nutricionales hato Xochimancas: 350 PV, 12 L leche, 4.5% grasa (abril-agosto)	6.98	29.32	15.83	1445.00	47.60	33.20
Balance	-1.06	-7.7	-1.7	-396.64 4.46%	+71.34 0.81%	+1.99 0.02%

Ambos intervalos presentaron deficiencia en energía y proteína cruda, siendo el intervalo de enero-marzo el más deficitario. Los minerales obtuvieron un mejor resultado, siendo el fósforo el único que presentó déficit en el intervalo de enero-marzo (Cuadros 15 y 16).





Las deficiencias se acentuaron en el intervalo enero-marzo a pesar de contar con un mayor aporte de nutrimentos, esto se atribuye a que los requerimientos para esta etapa de lactación del ganado son mayores, al presentar el máximo volumen de producción (14 L por bovino al día).

## Energía

Los hidratos de carbono son el nutrimento más importante para el aporte energético del animal. Los azúcares solubles, almidón y pectinas proporcionan mayor energía al ser fermentados rápidamente en el rumen, en cambio los hidratos de carbono fibrosos fermentan lentamente por acción de las bacterias fibrolíticas, perdiendo un carbono en forma de metano, siendo el proceso energéticamente menos eficaz (Bach et al., 2002).

Con el supuesto de que el almidón y el azúcar aparecen principalmente en los concentrados y los hidratos de carbono fibrosos en los forrajes, la alta proporción de forrajes en la dieta Xochimancas (86%) implica un bajo aporte energético.

De acuerdo a lo anterior se presentó un balance negativo importante en el aporte de EM y  $EN_L$ , lo cual tiene como consecuencia un bajo volumen de producción que puede mantenerse por la movilización de reservas corporales (Cerón et al., 2005).



## Proteína

El aporte proteínico de los alimentos que integran la dieta del hato Xochimancas es bajo, siendo el salvado de trigo y el heno de ebo las principales fuentes de este nutrimento, sin embargo, su porcentaje de inclusión minimiza el aporte de proteína cruda. El ingrediente mayoritario de la dieta es el rastrojo de maíz (30 a 33%), siendo pobre su aporte nutricional, por tratarse de un forraje viejo altamente lignificado, lo que dificulta la asimilación de nutrimentos por la flora ruminal.

El nitrógeno que aporta la dieta Xochimancas es principalmente de origen proteínico, proveniente del contenido celular de los forrajes, por lo que se infiere que su asimilación en el rumen es parcial, proporcionando proteína de paso o de absorción directa para el bovino (Bobadilla, 2013).

Por tanto el tipo de nitrógeno que aporta la dieta aunado al déficit de energía que presentaron ambos intervalos de estudio, no favoreció la síntesis de proteína microbiana, que es la principal fuente de proteína para el bovino (Bach et al., 2002).

En general el nivel de Proteína Cruda de la dieta no afecta significativamente la concentración de proteína en la leche, la cantidad y la fuente de energía de la dieta son los factores que más influyen el nivel de proteína láctea (Chalupa et al., 1990; Bachman, 1967). Esto se debe a que una mayor producción de propionato favorece la disponibilidad de algunos aminoácidos, especialmente del ácido glutámico que tiene un papel importante en la transaminación de



aminoácidos, fomentando la síntesis de aminoácidos no esenciales (Cerón et al., 2005).

## Fibra

El aporte de FDN de la dieta proporcionada al hato Xochimancas es de 55.92% para el intervalo de enero- marzo y de 53.05% para el intervalo de abril-agosto, lo cual supera el porcentaje de inclusión en las raciones típicamente administradas al vacuno lechero que varían de 25 a 45% (Bach et al., 2002).

El alto aporte de fibra de la dieta Xochimancas favorece dos funciones importantes de la fibra como nutrimento: el llenado ruminal y el mantenimiento del pH ruminal (Church y Pond, 1987; Bach et al., 2002). El llenado ruminal óptimo favorece la fermentación de la fibra y estimula las contracciones ruminales, sin embargo, un exceso limita el consumo de alimentos. La dieta Xochimancas se encuentra por encima de lo típicamente administrado, pero no impacta el consumo de alimentos ya que no representa más del 1.1% del peso vivo del animal (NRC, 2001).

El alto porcentaje de FDN, implica un mayor tiempo de masticación y en consecuencia una mayor secreción de saliva (Cuadro 8), que aunado al origen forrajero de la fibra, favorece la capacidad tampón del medio ruminal, frente a los ácidos producidos (Bach et al., 2002; Correa et al., 2005).



Cuadro 17. Fracciones de la fibra y su relación con la rumia, producción de saliva y el pH del rumen (Correa et al., 2005).

Fracciones de Fibra (%MS)			Masticando (min/día)	Producción saliva (Litros/día)	Rumen (pH)
FDN	FDA	Fibra Cruda			
65	41	34	960	239	7.0
55	34	28	940	234	6.6
45	27	22	900	230	6.2
34	20	16	820	216	5.8
24	13	10	660	198	5.4
14	6	5	340	156	5.0

La fibra es fermentada en el rumen lentamente por acción de las bacterias fibrolíticas; estas bacterias utilizan mayoritariamente vías fermentativas que conducen a la producción de acetato y butirato, precursores para la síntesis de grasa en la glándula mamaria, por lo que su producción es fundamental (Chamberlain et al., 2002; Shimada, 2009).

De acuerdo al contenido de FDN que aporta la dieta Xochimancas, se estima un pH aproximado de 6.6 (Cuadro 8), lo cual no afecta la actividad fibrolítica de la flora ruminal, que se reduce considerablemente a pH inferior a 6 (Bach et al., 2002).

Por tanto, el alto porcentaje de FDN que aporta la dieta Xochimancas favorece el mantenimiento del pH ruminal y la producción de acetato y butirato, sin afectar la actividad fibrolítica de la flora ruminal y el consumo de materia seca, pero sí disminuye considerablemente el aporte de energía de la ración.



## Agua

El consumo adecuado de agua para el hato Xochimancas se estima de 60 a 65 Litros/día\*bovino, de acuerdo a lo establecido por Gasque (2010) (Cuadro 18).

Cuadro 18. Consumo de agua estimado de acuerdo edad y volumen de producción (Gasque, 2010).

<b>Clase de animal</b>	<b>Necesidades de agua (litros/día*bovino)</b>
Becerras	5 - 15
Bovinos 1-2 años	15 - 35
Vacas secas	30 - 60
vacas lactantes (10 kg leche)	50 - 80
vacas lactantes (20 kg leche)	70 - 100
vacas lactantes (30 kg leche)	90 - 150

Como se mencionó en la descripción del sistema familiar Xochimancas, los alimentos se ofertan tres veces al día y se realizan dos ordeñas, con lo cual se debería favorecer el consumo de agua (Bach et al., 2002), así mismo el bebedero se encuentra a pocos metros de los comederos y área de ordeño, sin embargo, el volumen de este es de tan solo 20 Litros y su longitud no permite el consumo de más de un bovino simultáneamente, por lo cual se infiere un déficit en el consumo de agua.



El inadecuado suministro de agua aunado al elevado contenido de fibra (FDN) de la dieta Xochimancas son factores que están limitando el volumen de producción, se estima que un bovino debe consumir 850 mL de agua por Litro de leche producido (Bach et al., 2002).

## Minerales

El balance obtenido para el calcio resulto positivo en ambos intervalos con excedentes de hasta 0.81%; el exceso de calcio no se ha asociado con ningún tipo de toxicidad, y niveles inferiores al 1.8% no generan problemas (Beede et al., 1991). El balance positivo permite evitar la movilización de calcio de los huesos con el fin de cubrir la producción de leche, evitando así osteoporosis.

El fósforo por otra parte, presentó un déficit de 0.11% en el intervalo de enero-marzo y cubrió los requerimientos de abril-agosto con un excedente de 0.02%, lo cual indica la necesidad de aumentar el aporte de fósforo cuyas funciones son importantes para el rumiante, en especial su efecto tampón como parte de la saliva (Wattiaux, 2013). En cuanto a la relación Ca:P de la ración es de 3:1, cumpliendo con el rango marcado entre 1:1 y 8:1 (Bach et al., 2002).

Tomando en cuenta que dentro de la dieta se incluyen dos suplementos minerales, el bloque multinutricional y el Biosilo Xochimancas se esperaría que los requerimientos minerales se cubrieran, sin embargo, el fósforo resultó deficitario en el intervalo enero-marzo. Por lo cual debe considerarse la inclusión de fosfatos dentro de la fórmula del bloque multinutricional.



#### **4. Relación entre el balance de la dieta y la composición de la leche cruda Xochimancas**

De acuerdo a lo reportado por el personal de ordeña de Xochimancas, la lactación inicio en diciembre del 2011, obteniendo el máximo volumen de producción 14 L por vaca al día (pico de la producción), durante el mes de enero y un volumen de 12 L por vaca al día durante el intervalo de abril-agosto (persistencia).

Relacionando el volumen de producción obtenido durante el pico de lactación del hato Xochimancas con el volumen reportado en el estudio de Larios et al., (2011) de 21.6 L por vaca al día este resulta significativamente inferior. Esto se atribuye al déficit de energía que presentó la dieta aunado a una inadecuada oferta de agua, ya que la cantidad de agua en la leche es regulada por la lactosa (osmoregulador), influyendo no solo la disponibilidad de agua sino, también el aporte energético y la generación de propionato, como precursor de glucosa en sangre que permitirá la síntesis de lactosa (Wattiaux, 2013).

En cuanto a la composición de la leche cruda Xochimancas, esta se proporcionó a través de un análisis químico proximal realizado por el laboratorio CENCON y cuyos resultados se compararon con la composición promedio de la leche cruda de vaca, establecida por diversas fuentes (Cuadro 19).



Cuadro 19. Comparación entre la composición proximal de la leche cruda Xochimancas y la composición promedio establecida.

<b>Prueba fisicoquímica (g/100 mL leche)</b>	<b>Leche cruda Xochimancas</b>	<b><sup>1</sup>Normatividad Mexicana COFOCALEC</b>	<b><sup>2</sup>American Jersey Cattle Association</b>
<b>Cenizas</b>	0.84		0.7
<b>Grasa (Gerber)</b>	3.10	Clase B (3.1)	4.50
<b>Proteína (Nitrógeno * 6.38)</b>	3.27	Clase A ( $\geq 3.1$ )	3.59

<sup>1</sup> PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012 / <sup>2</sup> Modificado de US Jersey [en línea] y (Jacobson et al., 1999)

En el proyecto de norma del COFOCALEC que se basa en la NOM-155-SCFI-2003, se toma en cuenta las fluctuaciones normales en el contenido de grasa y de proteína inherentes a la producción lechera, por lo que clasifica la leche cruda en tres clases A, B y C, siendo la A la de mayor contenido. La leche cruda Xochimancas corresponde a la Clasificación A en el contenido de proteína y B en el contenido de grasa, correspondiéndole una calidad media de forma general.

Sin embargo, al comparar con el contenido de grasa y proteína que se espera para la raza Jersey, los valores que presenta la leche cruda Xochimancas son significativamente inferiores a lo esperado para el contenido de grasa y proteína, y mayor en cenizas.

De acuerdo a esta información, la leche cruda Xochimancas no está cumpliendo con el perfil esperado para bovinos de la raza Jersey, siendo el contenido de grasa el componente más afectado.



Se sabe que dentro de la curva de lactación existe variación en la concentración de sólidos (grasa y proteína) en función del volumen de producción (Linn et al., 2008; Calvache et al., 2012). Durante el inicio de la lactación el porcentaje de sólidos en la leche es menor, al producirse el mayor volumen de leche; posteriormente los sólidos comienzan a concentrarse a medida que disminuye el volumen de producción (Figura 23).

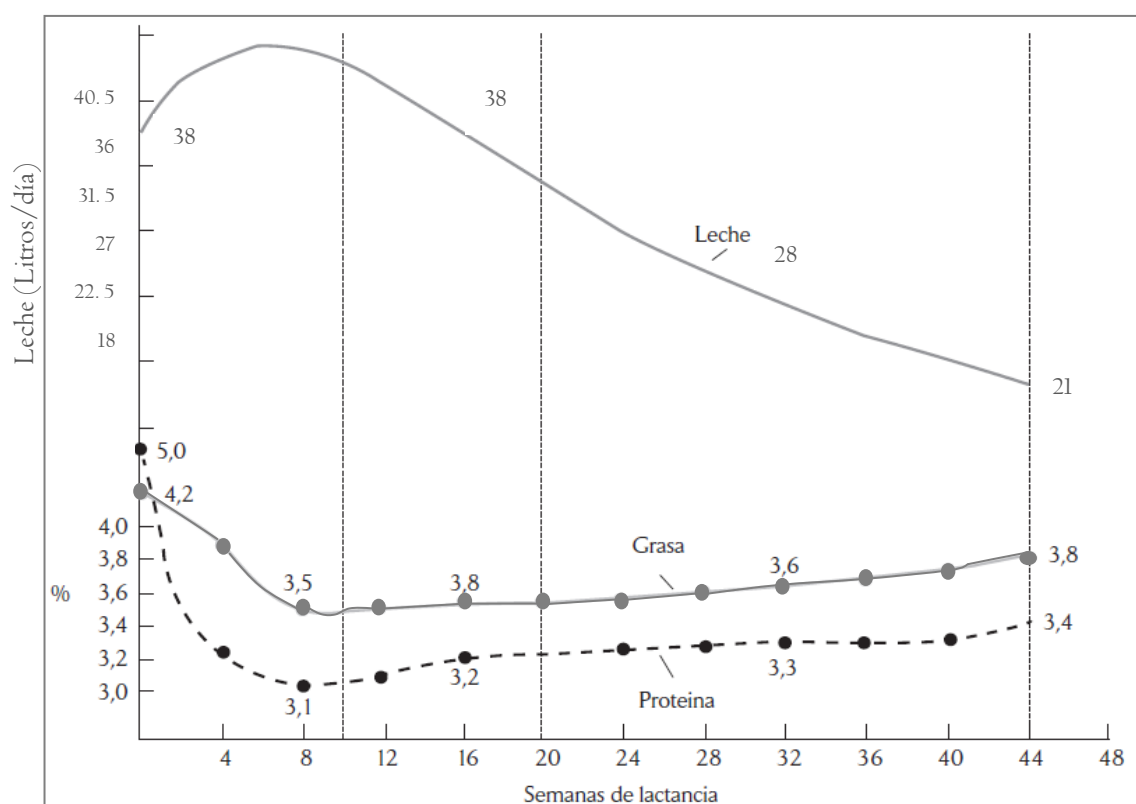


Figura 23. Cambios en la producción de leche, porcentaje de grasa y proteína láctea durante el ciclo de lactancia (Linn et al., 2008).

Tomando en cuenta los datos proporcionados por el personal de ordeño, en el mes de julio 2012, fecha en que se muestreo la leche cruda para su análisis, se encontraban en la etapa de persistencia de la lactación, en la cual el contenido de grasa y la proteína láctea deben ser



mayores, por un efecto de concentración, al disminuir el volumen de producción (Gasque, 1993; Ángeles, 2001). Con lo cual, el resultado inferior en los sólidos de la leche cruda Xochimancas no es atribuible a la etapa de lactación.

Con respecto a la dieta, el déficit energético que presentó puede afectar la producción y la síntesis de componentes lácteos (Church et al., 1987). La energía que aporta la dieta, generalmente, declina conforme el nivel de fibra aumenta (Spross, 2000), sin embargo, la vía fermentativa por la cual asimila la fibra la flora ruminal, genera precursores de grasa láctea (acetato y  $\beta$ -hidroxibutirato), por lo cual el alto aporte de FDN de la dieta Xochimancas disminuye el aporte energético, pero favorece la síntesis de grasa láctea.

Por tanto, la deficiencia energética de la dieta no es el argumento determinante del anómalo porcentaje de grasa láctea obtenido para la leche cruda Xochimancas del intervalo de abril-agosto. Indagando respecto al análisis realizado, el personal del taller de lácteos indicó que el muestreo de la leche cruda, fue realizado por ellos sin previa capacitación. Indicaron que la muestra se recolectó a baja temperatura, de un tanque de almacenamiento con presencia de hielo en la superficie, colectando la muestra del fondo del tanque, sin previa homogenización; con lo cual se infiere que se favorecieron los componentes hidrofílicos, como son las proteínas, quedando la grasa láctea en la superficie.

Esta información aunada a que la relación grasa: proteína presenta un valor inferior a la unidad (0.95), es decir, que el contenido proteínico es ligeramente mayor que la grasa, siendo esta una relación anormal en



la leche (Cuadro 20), refuerza el argumento de que el muestreo inadecuado no permitió cuantificar correctamente el contenido graso.

Cuadro 20. Contenido promedio de grasa (MG) y proteína de diferentes razas (USDA-APL, 2004).

<b>Raza</b>	<b>% Grasa</b>	<b>% Proteína</b>	<b>MG: Proteína</b>
Ayrshire	3.86	3.18	1.21
Pardo Suizo	4.04	3.38	1.20
Guernsey	4.51	3.37	1.34
Holstein	3.65	3.06	1.19
Jersey	4.60	3.59	1.28
Hato Xochimancas	3.10	3.27	0.95

Además del contenido graso determinado por el AQP, como parte de los análisis proporcionados por la empresa se encuentra el perfil de ácidos grasos de la leche, el cual presenta 2.14 g/100mL de grasa saturada y 0.96 g/100mL de grasa insaturada predominando el ácido Oleico (C:18:1). Este porcentaje de grasa insaturada es similar al que se reporta para explotaciones ecológicas de 1.05 g/100mL de grasa insaturada (Villar et al., 2008), siendo un hecho demostrado que las dietas basadas en el pastoreo o en este caso con una alta proporción de forrajes, presentan un mayor contenido de ácidos grasos insaturados, a los cuales se les atribuyen beneficios para la salud.

El perfil de ácidos grasos de la leche se comparó con el perfil obtenido para el queso tipo Oaxaca, ambos realizados por el laboratorio CENCON (Figura 24).

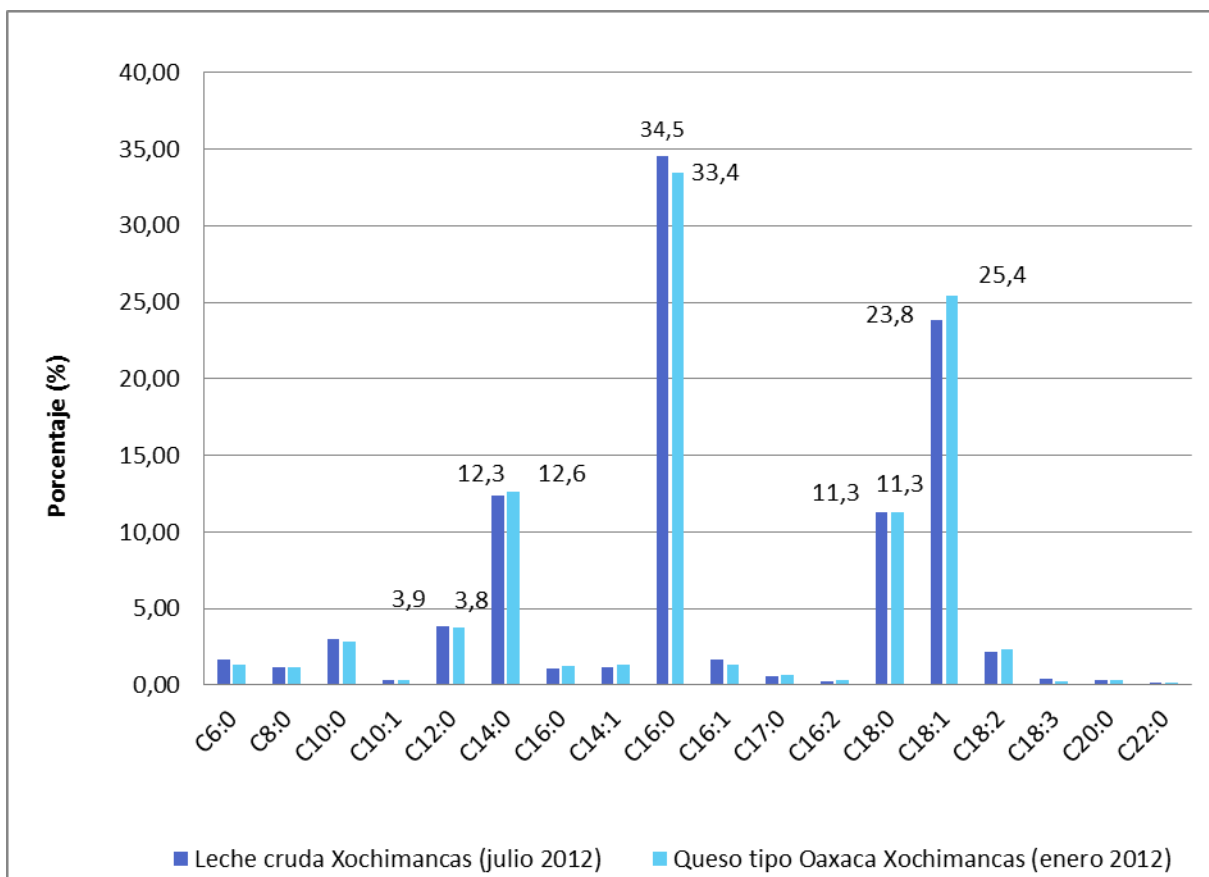


Figura 24. Perfil de ácidos grasos obtenidos por el laboratorio CENCON para las muestras de leche cruda y queso tipo Oaxaca Xochimancas.

Evidenciando una gran similitud en los ácidos grasos predominantes, así como en la abundancia de los mismos, a pesar de que las muestras de la leche cruda y el queso tipo Oaxaca proceden de dietas de diferente intervalo (abril-agosto y enero-marzo respectivamente), reflejando la persistencia del aporte de este nutrimento en la dieta.

## 5. Relación entre la composición de la leche cruda y el queso tipo Oaxaca Xochimancas

Para relacionar la composición nutricia de la leche con su aptitud para la elaboración de queso tipo Oaxaca se definió el proceso de elaboración que sigue el personal del taller de lácteos Xochimancas (Figura 25).

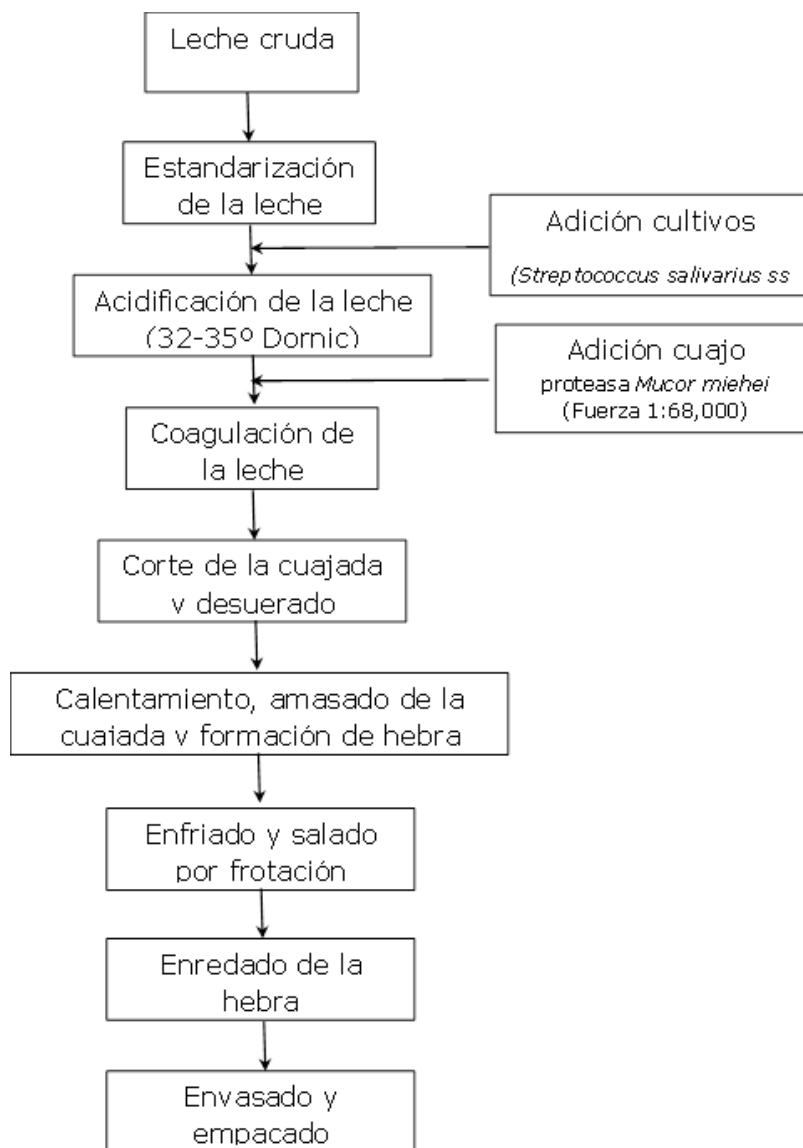


Figura 25. Proceso de elaboración del queso tipo Oaxaca Xochimancas



Dentro del proceso de elaboración de queso, la composición de la leche influye en la coagulabilidad, la sinéresis y al rendimiento (Walstra et al., 2001). La coagulabilidad expresada como la cantidad de leche coagulada por una determinada cantidad de enzima en un tiempo y temperatura óptimos, varía en función de la concentración de caseínas y calcio iónico presentes en la leche, así como por la temperatura, pH y características particulares de la enzima.

La leche cruda Xochimancas presentó un porcentaje de proteína cruda de 3.27%, dentro del cual el 80% corresponde a las caseínas (Alais, 1985), esto como se mencionó anteriormente le brinda un estatus de buena calidad (A) dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003, por lo cual este componente es adecuado para la transformación a queso, brindando el sustrato necesario para la coagulación.

Por otra parte para los minerales de la leche cruda Xochimancas se obtuvo un porcentaje de 0.84, superior al reportado para la raza Jersey (0.68-0.74). Dentro de estos minerales se infiere una alta proporción de calcio, en función de los resultados obtenidos en la dieta (Cuadro 7). Esta característica favorece la coagulación ya que la actividad de  $\text{Ca}^{2+}$  permite establecer puentes salinos entre los puntos cargados negativamente de las micelas de paracaseína, favoreciendo la floculación.



Este factor es de gran importancia por lo que cualquier acción que origine una disminución del calcio ionizado tiene por efecto retardar o impedir la coagulación (Villegas, 2004). El procesamiento realizado por Xochimancas no afecta la cantidad de calcio iónico, ya que la leche no es pasteurizada.

Por tanto, las condiciones de contenido de proteína y calcio son adecuadas lo cual permite optimizar la acción de la proteasa de *Mucor miehei* que utilizan para el procesamiento en el taller de lácteos Xochimancas; es particularmente sensible a las variaciones en la actividad de calcio (Alais, 1985). Así mismo, esta enzima actúa dentro de un rango amplio de pH incluso cercano a la neutralidad y un amplio rango de temperatura de hasta 65°C (Alais, 1985).

A nivel de coagulación la materia grasa es una carga inerte, quedando aprisionada en la cuajada, influenciando principalmente las propiedades reológicas y sensoriales del producto (Alais, 1985). Sin embargo, un bajo contenido graso favorece la contracción de la cuajada, acelerando la velocidad de la sinéresis (contracción y expulsión del lactosuero).

La leche cruda Xochimancas favorece el fenómeno de sinéresis al ser descremada antes de su procesamiento, disminuyendo y homogenizando el contenido graso (Alais, 1985). Así mismo, la sinéresis se ve acelerada con un pH ácido, que en el caso de la leche cruda Xochimancas es desarrollado por la adición de un cultivo láctico, que actúa a lo largo de la transformación, por lo cual se alcanza una acidez considerable.



La cuajada desuerada retiene aproximadamente la mitad, en peso, del conjunto de componentes de la leche que forman el extracto seco total. La caseína y la materia grasa son retenidas por la cuajada casi completamente; esto depende principalmente de la consistencia obtenida, si la cuajada no es suficientemente consistente, se originan finos y disminuye el rendimiento (Walstra et al., 2001).

Los rendimientos proporcionados por el personal del Taller de Lácteos Xochimancas (Cuadro 21) corresponden a los meses de junio y julio del 2012, y se encuentran dentro de lo esperado para este tipo de queso, de acuerdo a lo reportado por SAGARPA (2012). Sin embargo no se cuenta con información dentro del intervalo enero-marzo porque aún no se implementaba el registro en bitácoras.

Cuadro 21. Comparación entre los rendimientos obtenidos para la producción de queso tipo Oaxaca por Xochimancas y lo reportado por SAGARPA (2012).

	Producción por 100 L de leche	Producción por 80 L de leche
Referencia	9 a 11 Kg de queso	7 a 9 kg queso
Xochimancas	12 kg queso (Junio 2012)	7 kg queso (julio-agosto 2012)

Los rendimientos obtenidos para estos dos meses aunados a la información anterior, nos permite inferir que las adecuadas condiciones de coagulación y sinéresis, así como la composición de la leche cruda Xochimancas, favorecieron el rendimiento del queso tipo Oaxaca.





En cuanto a su composición proximal (Cuadro 22) el resultado obtenido por el laboratorio CENCON se comparó con la Norma Oficial Mexicana NMX-F-733-COFOCALEC-2010, observando que cumple con los rangos establecidos por esta.

Cuadro 22. Composición proximal de los quesos frescos de Xochimancas, determinados a través de AQP por el laboratorio CENCON, incluyendo los valores de referencia de para el queso Oaxaca.

<b>Prueba fisicoquímica (g/100 g queso)</b>	<b>Queso tipo Oaxaca Xochimancas</b>	<b><sup>1</sup>Norma mexicana Queso Oaxaca</b>
<b>Humedad</b>	47,9	< 51
<b>Cenizas</b>	2,7	
<b>Extracto Etéreo</b>	23,0	> 20
<b>Proteína</b>	22,0	> 21.5
<b>Hidratos de Carbono</b>	4,4	

<sup>1</sup> NMX-F-733-COFOCALEC-2010

El muestreo del queso tipo Oaxaca se realizó por el personal de CENCON el 31 de enero del 2012, fecha comprendida dentro del intervalo de enero-marzo de la dieta, periodo en la cual se presentó déficit de proteína y energía (-1.17 Mcal y - 3.8% respectivamente). Sin embargo, el derivado obtenido cumplió con las especificaciones marcadas con la normatividad, lo cual evidencia que a pesar de las deficiencias de la dieta, el potencial de sólidos totales en la leche que se atribuye a la raza Jersey, permitió mantener una buena producción de este derivado.



## Conclusiones

- El aporte energético de la dieta del hato Xochimancas expresado en Energía Metabolizable (EM) presentó deficiencia en ambos intervalos de estudio: - 8.4 Mcal (enero-marzo) y -7.7 Mcal (abril-agosto), lo cual se atribuye a la alta inclusión de fibra en la dieta (FDN): 49.35% (enero-marzo) y 43.18 (abril-agosto); propiciando a su vez un déficit en Energía Neta de lactación: - 3.35 Mcal (enero-marzo) y -1.7 Mcal (abril-agosto).
- La inadecuada oferta de agua aunada al déficit de energía mencionado (EM y EN<sub>L</sub>) afectaron el volumen de producción y la composición proteínica de la leche producida, alcanzando solamente un volumen de 14 Litros/bovino\*día durante el pico de producción, con un 3.27% de proteína.
- La relación grasa: proteína anómala en la leche cruda Xochimancas correspondiente al intervalo de abril-agosto, se atribuye a un mal muestreo, ya que la dieta proporcionada al hato favorece la síntesis de grasa láctea por su alta proporción de FDN.
- La leche cruda Xochimancas resultó adecuada para la transformación a queso tipo Oaxaca, ya que cumplió con la composición establecida por la NMX-F-733-COFOCALEC-2010, además de permitir un rendimiento dentro de lo reportado, de 9 a 11 kg de queso /100 Litros de leche.



- El bloque multinutricional cumple con el objetivo de suplementación mineral (28.18%) y energética (2291.68 kcal/ kg MS), sin embargo, no cubre el aporte requerido para considerarse un suplemento proteínico (< 20% Proteína Cruda).
- El Biosilo Xochimancas cumple con el objetivo de suplementación mineral (22.89%) con potencial energético (1993.16 kcal/kg MS), sin embargo, por su alto aporte de fibra cruda (> 18%) dentro de la clasificación propuesta por el NRC no puede considerarse energético.



## Recomendaciones

Con los resultados obtenidos puede recomendarse lo siguiente:

### **Agua**

Favorecer el aporte de agua en la dieta mejorando la accesibilidad del bebedero y considerando la inclusión de uno más. En cuanto a los alimentos que conforman la dieta se recomienda aumentar la oferta de alimentos húmedos, como forrajes frescos o ensilados.

### **Alimento**

Reducir el tamaño de partícula de los forrajes secos, para disminuir el tiempo de degradación y asimilación de nutrimentos.

### **Suplementos**

- Incluir dentro de la formulación del bloque multinutricional fósforo (fosfato mono sódico) para contrarrestar la deficiencia encontrada.
- Realizar un estudio más amplio del Biosilo Xochimancas para confirmar el aporte de vitaminas del complejo B y de microorganismos al rumen que se le confiere.

### **Leche**

Registrar el volumen de leche obtenido por ordeña y marcar en los tanques la fecha y ordeña de la que provienen.



Se enfatiza la importancia de un buen muestreo para realizar las pruebas de andén <sup>2</sup> y para cualquier determinación que consideren realizar.

Para conocer con certeza el contenido graso de la leche se recomienda realizar una nueva determinación de la composición de la leche cruda. Sin embargo, para hacer un análisis más detallado de la influencia de la dieta sobre la leche y derivado, se recomienda realizar tres muestreos de la leche durante las diferentes etapas de la lactación, con los respectivos análisis del derivado elaborado con la misma, para relacionarlos de manera más directa con la dieta proporcionada en el intervalo de tiempo correspondiente.

## **Queso Tipo Oaxaca**

Registrar el volumen de leche procesado y el rendimiento obtenido en la elaboración del queso tipo Oaxaca.

---

<sup>2</sup> Como parte del Proyecto PIEMP11-48 se implementaron las pruebas rápidas de andén: Evaluación Sensorial, Temperatura, pH, Acidez Titulable, Densidad y Prueba de Alcohol, brindando capacitación al personal del Taller de Lácteos sobre las pruebas y el muestreo (Anexo 3) de la leche, realizando el respectivo registro de resultados como medio de control de la leche que están procesando.

En la realización de la Tesis de Fuentes, C.G. "Análisis de inocuidad y calidad de leche de origen orgánico: atributos deseables para su transformación" se abordó la calidad microbiológica de la leche desde su ordeña hasta el procesamiento.



## Bibliografía

Agenjo, C. C. 1956. Enciclopedia de la leche. Espasa- Calpe. Madrid, España, pp. 15-20.

Alais, Charles. 1985. Ciencia de la leche, principios de técnica lechera. Reverté. Barcelona, España, pp 617-762.

Amaro, G. R. 2009. Alimentación: Elaboración Artesanal y uso de bloques multinutricionales de melaza como suplemento alimenticio para ovinos.[En línea].Disponible en: <http://www.asmexcriadoresdeovinos.org/sistema/pdf/alimentacion/elaboracionartesanal.pdf> (fecha de consulta 12 de Noviembre 2012).

American Jersey Cattle Association. 2012. *US Jerseys* [En línea]. Disponible en: [http://www.usjersey.com/WhyJerseys\\_Espanol.pdf](http://www.usjersey.com/WhyJerseys_Espanol.pdf) (fecha de consulta noviembre de 2012).

Ángeles, S. y otros. 2001. Alimentación animal: forrajes y concentrados: Bovinos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia: División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México, pp 25-35

Apango, O.A. 2012. *Elaboración de quesos tipo Panela y Oaxaca* [en línea]. México: SAGARPA, Subsecretaría de Desarrollo Rural. Disponible en:<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20quesos.pdf> (fecha de consulta 10 de abril de 2013).

Arias, R. 2013. *Diagnóstico integral de la unidad productiva de lácteos Xochimancas, como elemento básico para solicitar financiamiento gubernamental*. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México, pp. 10-12.



Ávila, T. S., Gutiérrez, C. A. 2010. Producción de leche con ganado bovino. Manual Moderno. D.F., México, pp. 45-60.

Bach, A., Calsamiglia S. 2002. Manual de Racionamiento para el vacuno lechero. Servet Diseño y Comunicación. Barcelona, España, pp. 12-15, 29-31, 55-60.

Becerra, J. y David A. 1991. Variación del peso vivo y de la producción láctea de vacas mestizas (Bos Taurus x Bosindicus) suplementadas con bloques de urea-melaza durante la estación lluviosa. *Livestock Researchfor Rural Development*. 3 (2), pp. 12-15.

Bobadilla, H. A. 2013. Estrategias de alimentación, la búsqueda del menor costo En: *Taller de Producción artesanal de lácteos* (memorias del taller 22 y 23 de febrero) [en PDF]. México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia: Secretaría de Educación Continua, UNAM, pp.11-18.

Calvache, G.I., Navas, P.A. 2012. Factores que influyen en la composición nutricional de la leche. *Revista de Ciencia Animal*, 5, pp. 73-85.

Castro, H. 2004. *Suplementación mineral: La cal ¿puede cubrir la deficiencia de calcio de los novillos a corral*. Sitio argentino de producción animal [en línea]. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar>, (fecha de consulta 9 de enero 2013).

Cerón, J. M. y Correa, J. H. 2005. Factores nutricionales que afectan la composición de la leche En: M. Pabón y J. Ossa (eds.). *Bioquímica, nutrición y alimentación de la vaca*. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia, pp.244-245.

Cersovsky, H., Sonntag, S., Johst, F. 1982. Especificaciones de calidad de la leche cruda y métodos para su determinación En: *Fabricación de productos lácteos*. Acribia. Zaragoza, España, pp.3-55.



Cesín, V. A., Aliphat, F. M., Ramírez, V. B., Herrera, H. J. G. y Martínez, C. D. 2007. Ganadería lechera familiar y producción de queso. Estudio en tres comunidades del municipio de Tetlatlahuca en el estado de Tlaxcala, México. *Técnica Pecuaria en México*, 1(45), pp. 61-76.

Chamberlain, A.T. y Wilkinson J.M. 2002. *Alimentación de la vaca lechera*. Acribia. Zaragoza, España, pp. 66-73.

Church, D.C. y Pond, W.G. 1987, Bovinos. En: *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. Limusa, D.F., México, pp. 215-308.

COFOCALEC, 2010. *Norma Mexicana NMX-F-733-COFOCALEC-2010, Sistema Producto Leche- Alimentos - Lácteos - Queso Oaxaca-Denominaciones, especificaciones y métodos de prueba*. Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2010, Guadalajara, México.

COFOCALEC. Proyecto de norma mexicana PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012. Sistema producto leche - alimento - lácteo - leche cruda de vaca - especificaciones Físicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba. Guadalajara, México.

Crampton E.W. y Harris, L.E. 1979. Nutrición animal aplicada: el uso de los alimentos en la formulación de las raciones para el ganado. 2ª edición. Acribia. Zaragoza, España, pp. 8-9.

Dillon, P., Berry, D. P., Evans, R. D., Buckley, F. y Horan, B. 2006. Consequences of genetic selection for increased milk production in European seasonal pasture based systems of milk production. *Livestock Science*, 99, pp. 141-158.

Domínguez L. A., Villanueva C. A., Arriaga-Jordán C. M., Espinoza O. A. 2011. Alimentos artesanales y tradicionales: El queso Oaxaca como un caso de estudio del centro de México. *Estudios Sociales*. 19 (38), pp. 166-193.





Escamilla, J. 2002. Clasificación de los alimentos. En: J. Zavala, L. Méndez y O. Rivera eds. Alimentación animal forrajes y concentrados: bovinos. 2ª edición, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia: División Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia, UNAM, D.F., México, pp. 1-25.

Espinosa V., Jiménez, J.R., Gil G. (2011, 17 de diciembre). "Lechería familiar". La Jornada del campo En: *La Jornada*. Número 51. [en línea]. Disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/2011/12/17/cam-lecheria.html>, (fecha de consulta el 05 de abril 2013).

Estrada A. J. 2002. *Pastos y Forrajes para el trópico Colombiano*. Manizales: Universidad de Caldas, Comité Editorial. Colombia, pp. 173-180.

Fariñas, T., Mendieta, B., Reyes, N., Mena, M., Cardona, J., Pezo, D. 2009. Serie técnica. Manual Técnico no. 92: ¿Cómo preparar y suministrar bloques multinutricionales al ganado? [En línea]. Disponible en: <http://web.catie.ac.cr/gamma/mesoterra/manuales/Bloques%20nutricionales.pdf>(fecha de consulta 4 de noviembre del 2012).

FAO-FEPALE. 2012. *Situación de la Lechería en América Latina y el Caribe en 2011*. Observatorio de la Cadena Lechera. [En línea]. Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, División de Producción y Sanidad Animal. Disponible en: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM\\_MARKETS\\_MONITORING/Dairy/Documents/Paper\\_Lecher%C3%ADa\\_AmLatina\\_2011.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Dairy/Documents/Paper_Lecher%C3%ADa_AmLatina_2011.pdf)(fecha de consulta el 04 de abril 2013).

FAO. 2013. Melaza En: Sistema de información de los recursos del pienso [en línea]. Dirección de Producción y Sanidad Animal. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/afris/es/Data/554.HTM> (fecha de consulta 27 de enero de 2013).

Flores M. J. 1984. *Bromatología animal*. 3ª edición, Limusa. D.F., México, pp.486-488, 851-858, 977-991.



Fuentes C. G. 2013. *Análisis de inocuidad y calidad de leche de origen orgánico: atributos deseables para su transformación*. Tesis de licenciatura (Química de Alimentos). Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Química, pp. 77-80.

Galvano, G. Lanza, A. Chrofalo, L. and Mal'an, M. 1982. Cement kiln dust as a mineral source in feeding ruminants; 1. The use of CKD in hay and straw based diets of lambs. *Word Review of Animal Production*, 18(4), pp. 63-71.

Gasque, G. R. 2008. Alimentación de bovinos En: *Enciclopedia Bovina* [en línea]. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México, Disponible en: [http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/e\\_bovina/Indice.pdf](http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/e_bovina/Indice.pdf), (fecha de consulta 10 abril de 2013).

Gasque, G. R. 2008. Glándula mamaria y la secreción láctea En: *Enciclopedia Bovina* [en línea]. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, México, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: [http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/e\\_bovina/Indice.pdf](http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/e_bovina/Indice.pdf), (fecha de consulta 10 abril de 2013).

Gasque, G. R. 2010. Zootecnia de bovinos productores de leche [en línea]. Disponible en: <http://fmvzenlinea.fmvz.unam.mx/course/vies.php?id=70> (fecha de consulta 04 de abril 2013).

Grant, R. J. 1993. Feeding to Maximize Milk Solids [en línea]. University of Missouri Extension. Disponible en: <http://extension.missouri.edu/p/G3110#added>, (fecha de consulta 31 de diciembre de 2012).

González S. 2011. Aprovechamiento de esquilmos y subproductos en la alimentación de ganado [en línea]. México: SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). Disponible en: <http://www.sistemasproductohidalgo.org.mx/noticias/aprovechamiento.pdf>, (fecha de consulta el 20 de octubre de 2012).



Gutiérrez V. E., Ayala B. A. 2009. Fundación Produce Michoacán: Uso y elaboración de los bloques multinutricionales de melaza-urea [en línea]. Disponible en: <http://www.iaf.umich.mx/filenot/bloques.pdf> (fecha de consulta 24 de enero 2013).

INEGI. 2013. Mapa digital de México (V5.0). Disponible en: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html#> (fecha de consulta febrero 2013).

Ishler, V., Heinrichs, J., Varga G. 2013. De la alimentación a la leche: comprendiendo la función del rumen [en línea]. USA, College of Agricultural Sciences: Pennstate extension. Disponible en: <http://extension.psu.edu/animals/dairy/health/nutrition/nutrition-and-feeding/rumen-function/de-la-alimentacion-a-la-leche-comprendiendo-la-funcion-del-rumen/view> (fecha de consulta 02 de abril de 2013).

International Legume Database and Information System (ILDIS). 2007. Vicia sativa L. (en línea). Disponible en: <http://www.ildis.org/LegumeWeb?sciname=Vicia+sativa> (fecha de consulta 29 de enero de 2013).

Jacobson N. L., Park, C.S. 1999. *Fisiología de los Animales domésticos*. UTHEA, Noriega Editores. México, D.F., pp. 36-40.

Jenkins, T.C., 1993. Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 76, pp. 3851-3863.

Juliano, B.O. 1967. *El arroz en la nutrición humana* [en línea]. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Serie Estudio FAO: alimentación y nutrición No. 26. Disponible en: [http://books.google.com.mx/books?id=d1Ak3Zg2PYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.mx/books?id=d1Ak3Zg2PYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false), (fecha de consulta 16 de noviembre de 2012).



Lapisa D. R. 2012. Información Técnica: Flor de azufre. Disponible en: [http://www.lapisa.com/2008/prod/scripts/reka/productos.php?ide=572&producto=reka&sub\\_cat=premezclas&producto\\_cat=minerales&pro=Flor](http://www.lapisa.com/2008/prod/scripts/reka/productos.php?ide=572&producto=reka&sub_cat=premezclas&producto_cat=minerales&pro=Flor) (fecha de consulta 9 de enero 2013).

Larios-Sarabia N., Ramírez-Valverde, R., Núñez-Domínguez, R. García M. J., Ruíz, F.A. 2011. Caracterización técnica, social, económica de las empresas del hato bovino Jersey de registro en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 8 (2), pp. 229-247.

Laswai, G. H.; Mtamakaya, J. D.; Kimambo, A.E.; Aboud, A. A.; Mtakwa, P.W., 2007. Dry matter intake, in vivo nutrient digestibility and concentration of minerals in the blood and urine of steers fed rice straw treated with wood ash extract. *Animal Feed Science Technology*, 137 (1), pp. 25-34.

Linn, J., Hutjens, M., Shaver, R., Otterby, D., Howard, W. y Kilmer, L. 2008. *Feeding the Dairy Herd*. University of Minnesota Extension. Disponible en: <http://www.extension.umn.edu/distribution/livestocksystems/components/DI0469-05.html> (fecha de consulta 15 de marzo de 2013).

López, O. M. 2004. *Mejoramiento de vida de anaquel en queso tradicional rancharo y queso de pasta hilada (Oaxaca)* [en PDF]. Tesis de maestría en Ciencia y Tecnología de los alimentos. Universidad Iberoamericana. D.F., México, pp. 28-42, 80-81.

Melgarejo, V. L. 2012. Calidad nutricia de los forrajes En: *Alimentación animal: Forrajes y Concentrados. Bovinos*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia: División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., pp. 100-106.

Mora B. I. 2007. *Nutrición Animal*. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica, pp. 18-20.



National Research Council. 1988. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6th edition. National Academy Press. Washington, USA, pp. 200-350.

National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th edition. National Academy Press. Washington, USA, pp. 281-310.

Ramírez, R. G., Cruz C., González C. C., 1992. Effect of treating corn stover with wood ashes and hydroxide on nutrient digestibility by sheep and goats. *Journal of Small Ruminants Research*. 7, pp. 3-7, 225-232.

Restrepo R. J. 2007. El A, B, C de la agricultura orgánica y harinas de roca. SIMAS. Managua, Nicaragua, pp. 15-22, 51-53.

Revilla, A. 1982. Tecnología de la leche: Procesamiento, manufactura y análisis. 2a edición, Lica, Costa Rica, pp. 45-67.

Rueda E. y J. de Combellas. 1999. Evaluación de la suplementación con bloques multinutricionales en un sistema de producción ovina I. Ovejas en lactancia. *Revista de la Facultad de Agronomía*, Universidad del Zulia Maracaibo-Venezuela. 16, pp. 79-88.

SAGARPA. 2012. *Elaboración de quesos tipo Panela y Oaxaca* [en línea]. Subsecretaría de Desarrollo Rural. D.F., México, Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20quesos.pdf> (fecha de consulta 10 de abril de 2013).

SAGARPA. 2013. *Busca SAGARPA hacer rentables lechería familiar y de traspatio* [en línea]. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2013B003> (fecha de consulta 18 de febrero 2013).



Sansoucy, R. Aarts, G. and Leng, R.A. 1986. Molasses-urea blocks as a multivitamin supplement for ruminants En: Sugar cane as feed [en línea]. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Serie Estudio FAO: producción y sanidad animal No. 72. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/s8850e/S8850E24.htm#TopOfPage> (fecha de consulta enero de 2013).

Secretaría de Economía. Leche Fórmula láctea y producto lácteo combinado-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. NOM-155-SCFI-2003, D.F., México. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de septiembre de 2003.

Secretaría de Economía. Humus de lombriz (lombricomposta)-Especificaciones y Métodos de Prueba. NOM-FF-109-SCFI-2008, D.F., México. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de mayo de 2008.

Secretaría de Economía. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. NOM-243-SSA1-2010. D.F., México. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 9 de mayo de 2011.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2006. Leche de Bovino en México: Capítulo II. Producción [en línea]. Disponible en: <http://w4.siap.gob.mx/sispro/portales/pecuarios/lechebovino/situacion/descripcion.pdf> (fecha de consulta 04 de febrero 2013).

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2012. Boletín de leche: octubre-diciembre de 2012 [en línea]. [http://www.siap.gob.mx/opt/estadistica/Derivada/BoletinLeche/Bolet\\_%20LecheOct-Dic\\_2012.pdf](http://www.siap.gob.mx/opt/estadistica/Derivada/BoletinLeche/Bolet_%20LecheOct-Dic_2012.pdf) (fecha de consulta 11 de abril de 2013).



Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA) - Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). 2008. El Plan maestro de manejo integral y aprovechamiento sustentable de la Cuenca del Río Magdalena y Eslava [en línea]. Disponible en: <http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/biblioteca/riomagdalenayeslava/rioeslava/7.-VIII-programas-subprog.pdf> (fecha de consulta 10 enero de 2013).

Secretaría de Salud. Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias. NOM-121-SSA1-1967. D.F., México. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de abril de 1967.

Shimada, M. A. 2009, *Nutrición animal*. 2ª edición. Trillas. D.F., México, pp. 73-88.

Silva, G. 2008. *Manual de fabricación de quesos*. Centros de Estudio de la Leche (CEDELE). Tulancingo, Higoalco, pp. 23-60.

Tejada de Hernández, I. 1992. Manual de Laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México. D.F., México, pp. 321-327, pp. 286-303.

Tiisekwa, B., Huygherbaert, A., De Mey, L., 1999. The use of wood ash and "Magadi soda" (sodium sesquicarbonate) as material for sorghum tannin detoxification. *Proc. Ann. Res. Conf. Tanzania* 4, pp. 298-305.

Tilley, J.M.A. & Terry, R.A. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society*. 18, pp. 104-111.

Tornadijo, M.E., Marra, A.I., García, F., Prieto, B., Caraballo, J. 1998. La calidad de la leche destinada a la fabricación de queso: calidad química. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 2 (002), pp. 79-91.



USDA, ARS, National Genetic Resources Program. Germplasm Resources Information Network-GRIN [On line Database]. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. Disponible en: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?300667>(fecha de consulta 29 enero de 2013).

Van Soest, P.J. & Wine R.H. 1967. Use of detergents in analysis of fibrous feed. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*. 50, pp. 50-55.

Vega S., Coronado H. M., Gutiérrez T. R., García H. A., Díaz G. G. 2006. Un aporte sobre la industria láctea orgánica y la innovación tecnológica. *Revista Mexicana de Agronegocios*. X (019) Julio-diciembre.

Veisseyre, R. 1988. *Lactología Técnica*. 2a Edición. Acribia. Madrid, España, pp. 20-23.

Villar Bonet, A., Barrachina Fuentevilla, M., Salcedo Díaz, G. 2011. Análisis comparativo de la calidad y perfil de ácidos grasos de la leche de vacuno procedente de explotaciones con manejo convencional y ecológico. *Cría y Salud (Bovino)*. No. 38, pp. 40-49.

Villamar A. L., Olivera C. E. 2005. Situación Actual y perspectiva de la producción de leche en México. SAGARPA: Coordinación General de Ganadería. D.F., México, pp. 4

Villegas de Gante, A. 2004. Dos famosos quesos de pasta hilada (filata): el Oaxaca y el mozzarella [en línea]. Disponible en: <http://www.alfa-editores.com/carnilac/Octubre%20Noviembre%202004/TECNOLOGIA%20%20OAXACA-MOZZARELLA%20corregido.pdf>, (fecha de consulta 11 mayo de 2012).

Walstra, P., Oria A. 2001. *Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos*. Acribia. Zaragoza, España, pp. 486-532.





Wattiaux, M.A. 2013. Composición de la leche y valor nutricional [en línea] En: *Esencias Lecheras*. Universidad de Wisconsin-Madison: Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera: Disponible en: [http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de\\_19.es.pdf](http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_19.es.pdf) (fecha de consulta 23 de enero de 2013).

Wattiaux, M.A. Metabolismo de proteínas en las vacas [en línea] En: *Esencias Lecheras*. Universidad de Wisconsin-Madison: Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera: Disponible en: [http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de\\_05.es.pdf](http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_05.es.pdf) (fecha de consulta 16 de febrero de 2013).

Wattiaux, M.A., Grummer, R. R. 2013. *Metabolismo de lípidos en las vacas lecheras* [en línea] En: *Esencias Lecheras*. Universidad de Wisconsin-Madison: Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera: Disponible en: [http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de\\_04.es.pdf](http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_04.es.pdf), (fecha de consulta 03 de marzo de 2013).

Wattiaux, M.A., Howard, W.T. 2013. *Alimentos para vacas lecheras* En: *Esencias Lecheras* [en línea]. Universidad de Wisconsin-Madison: Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Disponible en: [http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de\\_06.es.pdf](http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_06.es.pdf) (fecha de consulta 5 de abril de 2013).

Wendt, N., 2005. *Animal Feed*. En: Horwitz, W., Latimer, G. eds. Official methods of analysis of AOAC International. 18th edition. Association of Official Analytical Chemists. Maryland, USA. Capítulo 4, pp. 1, 8, 24, 39-40, 44-46.

Zamudio, B. A., Amberti, M. P., Manzo, F. y Sánchez, M. T. 2003. La participación de las mujeres en los sistemas de traspato de producción lechera en la ciudad de México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, núm. 51, segundo semestre, pp. 37-60.



# Anexo 1

## Digestión de la vaca lechera

### Retículo y rumen

El retículo y el rumen son los primeros estómagos de los rumiantes (Figura 26). El contenido del retículo se mezcla con los del rumen casi constantemente (una vez por minuto). Los dos estómagos comparten una población densa de microorganismos (bacterias, protozoos y fungi) y se les llaman frecuentemente el "retículo-rumen."

El rumen es un vaso de fermentación grande que puede contener hasta 100-120 Kg. De materia en digestión. Las partículas de fibra se quedan en el rumen de 20 a 48 horas porque la fermentación bacteriana es un proceso lento. El retículo es una intersección de caminos donde las partículas que entren o salgan del rumen se separan. Sólo las partículas de un tamaño pequeño (<1-2 mm) o que son densas (>1.2 g/mL) pueden seguir al tercer estómago.

### Omaso

El tercer estómago u *omaso* (Figura 26) es un saco con forma de balón y tiene una capacidad de aproximadamente 10 Litros, el omaso es un órgano pequeño que tiene una alta capacidad de absorción. Permite el reciclaje de agua y minerales tales como sodio y fósforo que pueden volver al rumen por la saliva. El omaso no es esencial, sin embargo es un órgano de transición entre el rumen y el abomaso, que tienen modos muy diferentes de digestión.

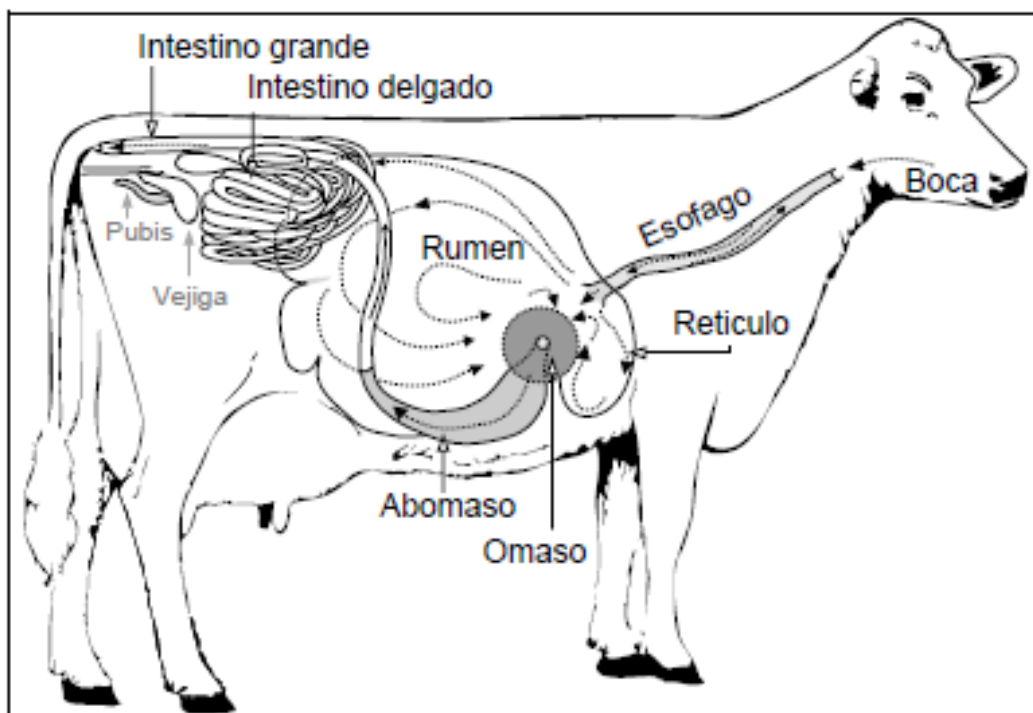


Figura 26. El sistema digestivo de una vaca incluye cuatro estómagos (Wattiaux et al., 2013)

### **Abomaso**

El cuarto estómago es el abomaso (Figura 26). Este estómago se parece al estómago de los animales no-rumiantes. Secreta ácidos fuertes y muchas enzimas digestivas. En los animales no-rumiantes, los primeros alimentos se digieren en el abomaso. Sin embargo en los rumiantes, los alimentos que entran el abomaso se componen principalmente de partículas de alimentos no-fermentadas, algunos productos finales de la fermentación microbiana y los microbios que crecieron en el rumen.



## Las bacterias del rumen

El rumen provee un ambiente apropiado, con un suministro generoso de alimentos, para el crecimiento y la reproducción de los microbios. La ausencia de aire (oxígeno) en el rumen favorece el crecimiento de especies de bacterias especiales, entre ellas las que pueden digerir las paredes de las células de plantas (celulosa) para producir azúcares sencillos (glucosa).

Los microbios fermentan glucosa para obtener la energía para crecer y producen ácidos grasos volátiles (AGV) como productos finales de fermentación. Los AGV cruzan las paredes del rumen y sirven como fuentes de energía para la vaca. Mientras van creciendo los microbios del rumen producen aminoácidos; estos son los ladrillos fundamentales con los cuales se sintetizan las proteínas.

Las bacterias pueden utilizar amoníaco o urea como fuentes de nitrógeno para producir aminoácidos. Sin la conversión bacteriana, el amoníaco y la urea le son inútiles a la vaca. Sin embargo, las proteínas bacterianas producidas en el rumen se digieren en el intestino delgado y constituyen la fuente principal de aminoácidos para la vaca.



## **Anexo 2**

### **Metodologías de los Análisis de Laboratorio**

#### **Fracciones de la Fibra (Van Soest, 1967)**

El método Van Soest permite determinar de forma más precisa la cantidad de fibra existente en los alimentos, separando los hidratos de carbono en fracciones relacionadas con su disponibilidad nutricional, siendo: a) Muy disponible (contenido celular); b) Disponibilidad incompleta (hemicelulosa y celulosa) y c) No disponible (lignina y proteína alterada por el calor) (Ángeles et al., 2001).

#### ***Determinación de Fibra Neutro Detergente***

##### ***Fundamento***

El proceso consiste en romper las paredes celulares, por medio de un tratamiento neutro detergente, haciendo la proteína más soluble combinándola con los detergentes y utilizando un quelante (EDTA) para remover los metales pesados y los iones alcalinos contaminantes.

Al hervir la muestra en un detergente neutro se solubiliza el contenido de la célula y la pectina, dejando como residuo la pared celular, que contiene: celulosa, hemicelulosa y lignina. El contenido celular se estima por su desaparición (Ángeles et al., 2001).



## Material y Equipo

- Molino de cuchillas con criba de 1 mm
- Balanza analítica con sensibilidad de 0.1 mg
- Desecador
- Equipo para filtración a vacío (adaptable a los embudos buchner)
- Horno a 105°C
- Aparato de reflujo
- Vasos Berzelius de 600ml

## Reactivos

- 1) Acetona, grado reactivo.
- 2) Solución detergente neutro

## Preparación de reactivos

Se midió en una probeta un Litro de agua destilada, de la cual se tomaron 150 mL para disolver 78.61 g de sal disódica de EDTA y 6.81 g de  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . En otro vaso se colocaron 20 mL de agua destilada a los que se agregó 4.56g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , que se disolvieron calentando. Una vez disueltos se colocaron ambos en un frasco de volumen ligeramente mayor a un Litro, mezclándolos calientes. A esta mezcla se incorporó en el fondo (con el apoyo de un embudo de tallo largo), 30 g de sulfato lauril sódico previamente disuelto en 200 mL de agua destilada. Para finalmente agregar 10 mL de etilenglicol monoetiléter, y el agua destilada restante (630 mL). Obteniendo una solución de un volumen ligeramente superior a 1Litro.



Este reactivo se mezcla bien y se deja reposar 24 horas, después de las cuales se verifica que el pH sea de  $7 \pm 0.1$ , de lo contrario se ajusta con hidróxido de sodio o ácido clorhídrico.

## Procedimiento

1. Se colocaron 0.5 g de muestra seca, desengrasada, molida y homogenizada a través de una criba de 1 mm, dentro de un vaso berzelius de 600 mL
2. Posteriormente se adicionaron 100 mL de solución detergente neutro y se colocó en el aparato de reflujo para mantenerlo en ebullición durante 60 minutos.
3. Transcurrido el tiempo se retiró del aparato de reflujo para filtrar al vacío, utilizando rodajas de filtración rápida previamente pesadas. El vacío se aplicó ligeramente, y se realizaron dos lavados con agua caliente y dos lavados con acetona.
4. Terminada la filtración la rodaja con el residuo se secó en el horno a  $105^{\circ}\text{C}$  durante toda la noche (mínimo 8 horas).
5. Transcurrido el tiempo se dejó enfriar en un desecador con pentóxido de fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) como desecante; para pesar el residuo y proceder a calcular la FND y el contenido celular, de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$FND = \frac{\text{peso del residuo (g)} - \text{peso del papel filtro (g)}}{\text{peso de la muestra (g)}} \times 100$$

$$\text{Contenido Celular} = 100 - \% FND$$



## ***Determinación de Fibra Ácido Detergente***

### ***Fundamento***

Como proceso posterior a la determinación de la FND, se hidroliza la hemicelulosa que se encuentra libre y aquella que está combinada con lignina, por ebullición con un detergente ácido, dejando como residuo la celulosa y la lignina, que se denomina fibra ácido detergente (FAD). El contenido hemicelulosa se estima por su desaparición (Ángeles et al., 2001).

### ***Material y Equipo***

El mismo que se emplea para la FND

### ***Reactivos***

- 1) Acetona, grado reactivo.
- 2) Hexano, grado reactivo.
- 3) Solución ácido detergente

### ***Preparación de reactivos***

La solución ácido detergente se preparó a partir de 55mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N a los cuales se adicionó 1.11g de bromuro de cetil amonio (CTAB) previamente disueltos en 1Litro de agua destilada. La mezcla se agito hasta su disolución completa y se refrigeró una noche antes del análisis (mínimo 8 horas antes).





## Procedimiento

1. Se colocó 1 g de muestra seca, desengrasada, molida y homogenizada a través de una criba de 1mm, dentro de un vaso berzelius de 600 mL
2. Posteriormente se adicionaron 100 mL de solución ácido detergente y se colocó en el aparato de reflujo para mantenerlo en ebullición durante 60 minutos.
3. Transcurrido el tiempo se retiró del aparato de reflujo para filtrar al vacío, utilizando rodajas de filtración rápida previamente pesadas. El vacío se aplicó ligeramente, y se realizaron dos lavados con agua caliente y dos lavados con acetona.
4. Terminada la filtración la rodaja con el residuo se secó en el horno a 105°C durante toda la noche (mínimo 8 horas).
5. Transcurrido el tiempo se dejó enfriar en un desecador con pentóxido de fosforo ( $P_2O_5$ ) como desecante; para pesar el residuo y proceder a calcular la FAD y la hemicelulosa, de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$FAD = \frac{\text{peso del residuo}(g) - \text{peso del papel filtro}(g)}{\text{peso de la muestra}(g)} \times 100$$

$$\text{Hemicelulosa} = \text{muestra}(g) - [\text{peso del residuo}(g) - \text{peso del papel filtro}(g)]$$

## Determinación de Lignina y Celulosa

### Fundamento

La fracción ácido detergente se somete a un tratamiento de oxidación de la lignina con permanganato de potasio ( $KMnO_4$ ), el cual deja solo la celulosa y la ceniza como residuo, que al ser incinerados permite estimar el valor de la celulosa por su desaparición.



## Material y Equipo

- Crisoles de filtración, vidrio SCHOTT DURAN
- Desecador
- Agitador de vidrio
- Bandeja de vidrio o peltre de poca profundidad
- Equipo para filtración a vacío  
(adaptable a los embudos buchner)
- Horno a 105°C
- Mufla a 525°C

## Reactivos

- 1) Alcohol etílico al 80%
- 2) Ácido bromhídrico, grado reactivo.
- 3) Acetona, grado reactivo
- 4) Solución combinada de  $\text{KMnO}_4$
- 5) Solución desmineralizadora

## Preparación de reactivos

Solución $\text{KMnO}_4$ saturada		Solución amortiguadora de lignina	
$\text{KMnO}_4$	50.00g	$\text{Fe}(\text{NO}_2)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	6.00g
$\text{Ag}_2\text{SO}_4$	0.05g	$\text{AgNO}_3$	0.15g
Agua destilada	1 Litro	$\text{CH}_3\text{COOH}$	500mL
		CHECOOK	5.00g
		Alcohol butílico terciario	400 mL
<b>Nota:</b> Mantenerla protegida de la luz solar directa		<b>Nota:</b> el $\text{AgNO}_3$ se disuelve previamente en 100mL de agua destilada	



La solución combinada de  $\text{KMnO}_4$  se preparó mezclando la solución de  $\text{KMnO}_4$  saturada y la solución amortiguadora de lignina en una relación 2:1 respectivamente.

Y la solución desmineralizadora se preparó disolviendo 50 g de ácido oxálico deshidratado en 700mL de alcohol etílico al 95%. Una vez disuelto se adicionaron 50mL de HCl concentrado (12N) y 250mL de agua destilada.

### **Procedimiento**

1. Se colocó el residuo de la determinación de FAD (aproximadamente 1 g de muestra seca), dentro de un crisol
2. El crisol se colocó en una bandeja de vidrio o peltre de poca profundidad con una capa de agua a temperatura ambiente de 2 a 3 cm de espesor
3. Posteriormente se agregaron al crisol 25 mL de solución combinada de  $\text{KMnO}_4$  y se mezclaron con un agitador de vidrio, para deshacer los grumos y aumentar la superficie de contacto.
4. Se mantuvo la muestra en estas condiciones durante 90 min (T ambiente)
5. Transcurrido el tiempo se retiró el crisol y se colocó en el matraz de filtración a vacío, esperando a que se asienten las partículas grandes para iniciar el filtrado.
6. Una vez filtrada la solución se colocó nuevamente en la bandeja con agua y se le adicionaron 15 mL de solución desmineralizadora. Condiciones en las que se mantuvo durante 20 min.



7. Transcurrido el tiempo se filtró al vacío, aplicándolo ligeramente y observando el color del filtrado. Se debe obtener un filtrado blanco, de lo contrario se repite la digestión con solución desmineralizadora durante 10 minutos.
8. Una vez obtenido el filtrado blanco, se le realizaron dos lavados con alcohol etílico al 80% y dos con acetona.
9. Posteriormente se secó el crisol en el horno a 105°C durante toda la noche (mínimo 8 horas).
10. Transcurrido el tiempo se enfrió en un desecador con pentóxido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) como desecante; para pesar el residuo seco e incinerarlo a 525°C durante 3 horas.
11. Después de la incineración se dejó enfriar en un desecador con pentóxido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) como desecante, y se procedió a calcular el contenido de lignina y celulosa, de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$\text{Lignina} = \frac{\text{peso del residuo seco (g)} - \text{peso del crisol (g)}}{\text{peso de la muestra (g)}} \times 100$$

$$\text{Celulosa} = [\text{residuo seco (g)} - \text{residuo de incineración (g)}] \times 100$$



## Digestibilidad *In-Vitro* de la Materia seca (Tiller et. al., 1963)

### Fundamento:

La técnica se fundamenta en imitar las condiciones gastrointestinales en que el rumiante digiere los alimentos. Se inicia con una digestión anaerobia con líquido ruminal como inóculo, durante 48 horas, similar al paso por el rumen. Posteriormente, se realiza una segunda digestión con pepsina por 48 horas más, correspondiente al paso por el abomaso.

### Materiales y Equipo:

- Molino de cuchillas con criba de 1 mm
- Pipeta automática
- Tubos de centrífuga de polietileno de 120 mm x 40mm diámetro.
- Tapones de corcho, acondicionados con una manguera, sellada del extremo.
- Matraz Kitasato de 500 mL.
- Equipo para filtración a vacío (adaptable a los embudos Buchner)
- Baño de agua con agitación
- Centrífuga
- Horno a 40°C



## Reactivos

Solución 1		Solución 2	
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> anhidro	3.7 g	NaCl	4.7 g
NaHCO <sub>3</sub>	9.8 g	KCl	5.7 g
Agua desionizada	1 L	CaCl <sub>2</sub>	0.4 g
		MgCl <sub>2</sub>	0.5 g
		Agua destilada	100 mL

- a) **Solución amortiguadora de McDougall.** Se prepara adicionando 10 mL de solución 2 a 1 de solución 1, agitando para homogenizar.
- b) **Solución de pepsina ácida.** Disolver 2.4 g de pepsina 1:10 000 (NFx1) en 1.2 l de ácido clorhídrico 0.1N (12 mL HCl 10 N/1.2 L de agua).
- c) **Inóculo.** Obtener el líquido ruminal de borrego en ayuno por sondeo buco-gástrico y conservarlo en un termo con baño de agua caliente (42°C) y burbujearlo con CO<sub>2</sub> antes de cerrarlo; para mantenerlo lo más cercano a 39°C y en anaerobiosis, (condiciones en que digieren los microorganismos ruminales).

### Procedimiento:

1. Se molió la muestra y homogenizó, haciéndola pasar por una criba de 1 mm para así secarla a una temperatura no mayor de 60°C por 24 horas.



2. Se pesaron 0.250 g ( $\pm 0.1$ mg) de muestra y se colocaron en un tubo de centrífuga de polietileno (acondicionada con un tapón).
3. De forma paralela se precalentó 1 Litro de solución amortiguadora y un matraz Erlenmeyer de 500 mL, en un baño con agitación a 40°C.
4. Con ayuda de una gasa, se filtró rápidamente el líquido ruminal y se recibió el filtrado en el matraz Erlenmeyer de 500 mL precalentado.
5. Para formar la mezcla inóculo-amortiguador, se adicionaron 250 mL de líquido ruminal filtrado a un Litro de solución amortiguadora precalentada, y se burbujeó con CO<sub>2</sub> al término de la adición.
6. Se colocaron los tubos con muestra en el baño con agitación apoyándose de una gradilla, para adicionarles con pipeta automática 25 mL de la mezcla inóculo-amortiguador a cada uno de los tubos, posteriormente se taparon.
7. Se incubaron los tubos en el baño a 40°C por 48 horas, manteniendo la agitación.
8. Transcurrido el tiempo se centrifugaron los tubos a 2500 rpm durante 10 min, después se decantó.
9. Una vez decantados, se adicionaron 25 mL de la solución de pepsina ácida precalentada a 40°C, al residuo de la digestión.



10. Se taparon los tubos y se incubaron nuevamente en el baño con agitación (40°C) durante 48 horas.

11. Al término de la incubación se filtró al vacío, realizando lavados con agua destilada (se empleó papel filtro a peso constante).

12. El papel con los residuos de la digestión se secó a 100°C durante 24 horas, para pesar y obtener la digestibilidad por diferencia, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Digestibilidad de la MS} = \frac{100 \text{ MS muestra} - (\text{MS residuo} - \text{MS blanco})}{\text{MS muestra}}$$

Nota: El blanco se realizan con soluciones amortiguador-inóculo sin muestra y se aconseja incluir un estándar, como la alfalfa, del cual se tiene el dato de la digestibilidad.