

52  
24

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN



USO DE UN SISTEMA DE SIMULACION PARA  
DETERMINAR EL CONSUMO VOLUNTARIO  
APARENTE EN BOVINOS LECHEROS

TESIS CON  
T.M.

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA  
P R E S E N T A :  
ERNESTO GUADARRAMA MERCADO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ASESOR: DR. MIGUEL ANGEL GALINA HIDALGO





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

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

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

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

<b>Indice:</b>	<b>Pag</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>1</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>2</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>16</b>
<b>Hipótesis.....</b>	<b>17</b>
<b>Material y Método.....</b>	<b>18</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>23</b>
<b>Discusión.....</b>	<b>25</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>27</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>28</b>

## Resumen:

Se determinó un consumo voluntario aparente (CVA) de 140 g por kg de peso metabólico para las vacas lecheras en el altiplano mexicano. Este CVA se ajustó restandosele un 25% en los primeros 45 días de ordeña (105g kg de PM) en la mitad de la lactación del día 45 al 115 (140 g kg de PM) y se restó a un 18 % a partir del 115avo día de producción (115 g /kg de PM). Para los animales no lactantes se utilizó el valor de 95 g por kg de PM, dicho consumo fué reducido a su vez en los dos últimos meses de gestación restando un 25 % en esta etapa. Por parte del forraje el CVA se alteró por el tipo de alimento (digestibilidad, contenido de fibra), en relación al pasto de referencia. La Unidad empanzante de acuerdo al forraje que se proporcionó fué de 1.2 para el ensilado de maíz, 1.3 para el heno de avena y 1.3 para los cortes de pasto. A este consumo se le agrego los kgs del suplemento que modificaron la cantidad del forraje consumido.

## Introducción

Con el crecimiento de la población a través de la historia del hombre, la necesidad de alimentos ha aumentado, por lo que la humanidad se vió en la necesidad de producir más alimento como la leche y la carne, desarrollando a practicar desde ese momento la selección de los animales que poseían las cualidades adecuadas para los fines productivos que deseaba ( Juárez,1984).

En un principio los animales sólo producían la leche necesaria para alimentar sus crías, por lo que el hombre estudio la fisiología animal (Alais, 1982), para obtener cantidades de leche que superen las necesidades alimenticias de la cría, destinando el excedente para la alimentación humana (Cabello,1971).

Ha sido estudiado que la importancia de la leche radica en que, es el alimento único y esencial durante las primeras fases de la vida del hombre, ya que es una fuente rica en nutrientes, sobretodo para los niños, representando un alimento básico a lo largo de su existencia (Juárez,1984).

Aunque la producción de leche en el mundo se ha aumentado considerablemente, no se podido mantener el mismo ritmo de crecimiento que el de la población humana, estas diferencias de oferta-demanda han sido de mayor importancia en Latino América (AGLPLT, 1983.; Juárez,1984).

Los ganaderos de Texcoco señalan que la industria lechera ha sido tradicionalmente de gran importancia en México, no obstante según este grupo de productores las políticas que se han seguido en los últimos años, han ocasionado que el sector se encuentre en una severa crisis; según algunas estimaciones, en la actividad agropecuaria, el subsector Ganadero ha sido el más afectado, especialmente la ganadería lechera que ha sido la menos favorecida (AGLPLT ,1983).

Por otro lado Juárez,(1984) señala que en América Latina los grandes problemas que han existido para establecer y mantener explotaciones ganaderas, entre los factores que han determinado este fenómeno se señala el desconocimiento del manejo actualizado de los bovinos productores de leche, especialmente en cuanto a la nutrición de las vacas en producción, así como la irregularidad en la implementación de programas de mejoramiento genético, fallas en el manejo sanitario de los hatos con la consecuente pobre utilización de medicina preventiva .

Entre los factores que destaca Juárez, (1984) en su estudio sobre la producción de leche señala: La presencia de enfermedades; un costo creciente de los forrajes; una baja productividad competitiva del ganado; la falta de mano de obra especializada y el bajo nivel de tecnificación, que conjuntamente disminuyen la productividad de las especies lecheras. Aunado a una deficiente administración de las explotaciones y en muchas de las unidades de producción un empirismo que suele ser la pauta en el manejo de los animales.

Todo ello dentro de márgenes económicos de rentabilidad que permita sobrevivir competitivamente, por lo que no basta hacer únicamente que los animales produzcan mejor, lo que es indispensable es obtener unidades lecheras que den bienes de consumo con el menor costo y el mínimo esfuerzo; por lo que una explotación pecuaria debe basar sus prácticas en un claro concepto económico, pues de otro modo estará alejada de la realidad y su viabilidad será limitada (Juárez, 1984).

En la literatura se señala que las unidades de mayor uso de tecnología en los bovinos son las que se han destinado mayoritariamente a producir leche para consumo humano. El sistema de tipo intensivo es por ello el principal aportador de la leche comercializada en nuestro país (Juárez, 1984). En el mismo trabajo se discute que las nuevas estrategias zootécnicas serán encaminadas a mejorar los niveles de producción, dentro de estas medidas las que se refieren al aspecto alimenticio deben ser estudiadas con mayor detalle.

Como ha sido ampliamente discutido la alimentación de cualquier especie animal doméstica es uno de los ejes fundamentales debido al creciente incremento de los costos de los alimentos, esto a llevado a diversos investigadores de todas partes del mundo a experimentar nuevas estrategias para determinar con mayor precisión los consumos de los diferentes alimentos por parte de los animales en diferentes etapas de producción (Galina, 1987).

Es por ello que la nutrición juega un papel importante en cualquier operación lechera; desde luego alimentar a las vacas adecuadamente no se puede hacer si no se consideran otro grupo de factores por ejemplo si se tienen animales de reemplazo débiles, un inadecuado manejo o problemas de salud dentro del hato (Soriano, 1980).

En este tema, se ha discutido que todo programa de alimentación debe ser formulado con el objeto de desarrollar la capacidad productiva de la vaca, o sea, analizar la respuesta de la vaca a el balance de nutrientes o a la adición de concentrados, por lo que los niveles altos de suplementación podrían ser justificados dependiendo de la relación precio del concentrado precio de la leche (Church, 1979).

Por otro lado, otros trabajos han demostrado que uno de los factores de importancia económica, dentro de los sistemas de producción lechera, es precisamente el de la suplementación de la especie, ya que ha constituido hasta el 60% del costo total de la producción (Galina, 1985.; Land, 1981). Por lo que sería necesario obtener una máxima eficiencia en la suplementación del hato.

Así mismo se han presentado recientemente algunos trabajos que no solo destacan los aspectos nutricionales del ganado, si no que discuten el impacto económico sobre las diferentes fases del ciclo productivo, sobre todo en lo referente a la suplementación

y la fisiología reproductiva (Peraza, 1984; 1987).

La nutrición de los bovinos se basa en ofrecerles forrajes y productos agrícolas, que en el rumen sufren una digestión microbiana y enzimática, donde los productos de la degradación son empleados para producir energía, proteínas y vitaminas, que posteriormente van a ser utilizados por el animal para sus procesos biológicos vitales y para la producción de leche y carne (Juárez, 1984).

#### Definición de una Unidad Empanzonante

A fines de la década de los 70's el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INRA) de Francia propone la utilización de un método para estimar la capacidad de ingestión y consumo de materia seca de los animales, con una estimación paralela de la calidad de los forrajes, al cual denominaron "L'Unité d'Encombrement UE" (INRA, 1978; 1988).

Esta metodología ha sido adaptada para ambientes tropicales, en Cuba ha sido denominada como "Unidad de Consumo" (García-Trujillo y Cáceres, 1984, 1985; García-Trujillo y Pedroso, 1989; Xande y García-Trujillo, 1985).

En dicho modelo se integran:

- 1) la capacidad de ingestión de los animales
- 2) el valor de consumo de los alimentos voluminosos (forrajes)
- 3) el efecto asociativo que producen los concentrados con el consumo de forraje.

Este sistema ha permitido realizar dos tipos de balances:

a) Determinar la cantidad de forraje y concentrado a suministrar para obtener una producción determinada y b) Conocer el consumo de materia seca de los forrajes y la producción animal que se puede obtener si se cuenta con una cantidad fija de alimento concentrado, (García-Trujillo y Cáceres, 1984, 1985; García-Trujillo y Pedroso, 1989; INRA, 1978, 1988; Jarrige et al, 1986; Xande y García-Trujillo, 1985).

Los investigadores del INRA en Francia han efectuado un gran número de mediciones de la materia seca voluntariamente ingerida (MSVI) en los ovinos y en los bovinos inicialmente para llevarlo a cabo posteriormente en las cabras. De esta manera, este grupo de trabajo ha podido hacer comparaciones entre ellas, con el objeto de determinar las cantidades de materia seca ingeridas por día. Por lo tanto se puede clasificar a los forrajes ya sea de acuerdo a su palatabilidad, o según sea su capacidad empanzonante. Este es el enfoque que se utilizará, y se conoce como unidades empanzonantes. La capacidad de ingestión voluntaria de un alimento de referencia se le da el valor empanzonante o de llenado de 1. Como alimento de comparación se utilizó un pasto joven de 70% de digestibilidad; por lo tanto 1 kg de MS de este pasto tiene un valor empanzonante de 1.0 (UE). Para efectuar la

medición, se han seleccionado animales de referencia: un borrego castrado de 1 a 3 años que pesa 40 a 70 kg; un bovino hembra de 600 kg, que produce 17 kg de leche/día en mitad de la lactación o una cabra de 60 kg de peso, buena productora con 4 kg de leche de 3.5% de grasa, (INRA, 1981; 1988).

El consumo del pasto de referencia en base seca, para los tipos de animales standard fué el siguiente: EL ovino 75 g de MS por kg de PM por día; el bovino 140 g de MS por kg de PM por día y en la cabra de 120 g por kg de PM también diariamente. Con el objeto de caracterizar la palatabilidad de un forraje cualquiera y expresarlo en unidades empanzonantes, es suficiente comparar las cantidades consumidas del forraje y relacionarlos con el pasto de referencia, ya sea en base a su digestibilidad o usando tablas (INRA, 1988; 1988a)

En el caso de los bovinos:

Se determinaría una Unidad Empanzonante Bovina: UEB

Valor empanzonante de un forraje (en UEB) ----- 140 (g de MS/kg de PM/día)

-----  
Cantidad de forraje ingerido por el  
bovino standard en g de MS por kg  
de PM

Para calcular el volumen final se debe considerar que el pasto de referencia tiene un tenor de MS de 17% promedio por lo tanto 75 g de MS corresponden a 441 g de producto fresco/día, 140 g de MS corresponden a 823 g de producto fresco/día (Galina, 1987).

#### Capacidad de ingestión

Los forrajes por lo tanto se pueden clasificar según su capacidad empanzonante en UEB o UEO y las cantidades que puede consumir un animal expresadas en UE, por ejemplo un alimento que tenga un alto valor empanzonante puede tener 2 UEB/ kg de MS por lo tanto consumiría 3 kg de MS/día, y otro animal alimentado con forraje de menor cantidad de fibra (menos empanzonante) podría tener 1 UEB/ kg de MS, lo que le permitiría consumir 6 kg de MS/día. La capacidad de ingestión, expresada en Unidades Empanzonantes es una constante del animal considerando cualquier fuente de alimentación o cualquier tipo de alimento (INRA, 1988).

Cuando se pone o adiciona en la ración forrajera consumida voluntariamente una cantidad variable de concentrado (expresado por la variable Q), la cantidad de forraje consumida varía. Ella disminuye de acuerdo a una cantidad (Q x S) ; S representa la tasa de sustitución que se establece entre el forraje y el concentrado. Por ejemplo, si adicionamos 1 kg de MS/día de un alimento concentrado a una ración forrajera consumida a voluntad se establece una disminución del consumo de forraje de 0.8 kg de MS/día, se puede decir que la tasa de sustitución S tiene un valor de 0.8, que en la mayoría de los casos S se sitúa entre 0 y 1, (INRA, 1984).

En los últimos años se han estudiado los principios fisiológicos de la capacidad de ingestión de los rumiantes, y desarrollado un sistema de evaluación denominado "unidad empanzonante" (unite d'encombremont) utilizada ya por varios años en bovinos y ovinos. Sin embargo sólo recientemente se ha aplicado en cabras, habiendo sido utilizado durante los últimos años con forrajes de muy buena calidad, es decir digestibles y energéticos, con un aporte mínimo de concentrado sin que la producción y la fertilidad se vean afectados, este último sistema se ha desarrollado en Francia y en los países escandinavos, habiendo sido utilizado durante los últimos cuatro años por un grupo de investigadores mexicanos, (Echavez, 1987; Galina et al, 1989;1991; INRA; 1988).

Este grupo de trabajo mexicano discute que de acuerdo a la capacidad económica de los productores se han desarrollado dos sistemas diametralmente opuestos de suministros de concentrados:

En uno se buscan producciones máximas de leche con un aportación liberal de concentrado hasta libre acceso en ciertos periodos productivos independientemente de la calidad y naturaleza de los forrajes de la ración, este sistema se ha desarrollado en los Estados Unidos y Francia (Galina, 1985). Y uno segundo en el cual se se pretende la utilización máxima de forrajes, cuando estos son de muy buena calidad es decir digestibles y energéticos, y un aporte mínimo de concentrado, con menor producción, pero más económica, por litro de la leche, sin que la fertilidad se vea afectada, este último sistema se ha desarrollado en Francia y en los países escandinavos y también ha sido ensayado en México (Echavez, 1987; Galina, 1989).

#### Regulación del consumo voluntario en rumiantes.

Las dietas de los rumiantes en los países importadores de granos ha sido en su mayoría de tipo voluminoso, con alto índice de fibra y relativamente bajo de energía digestible, lo que señala la importancia del efecto físico de distensión del tracto digestivo en limitar el consumo voluntario (INRA, 1981)

Las variaciones en el consumo de alimentos es el factor más importante en la determinación del nivel y la eficiencia en la producción de los rumiantes. Según el instituto francés de investigaciones agrícolas cuatro son los factores fundamentales en nutrición a considerar, siendo estos: las necesidades del animal, los contenidos de nutrientes del forraje, la digestibilidad del alimento y la cantidad que se consume (INRA, 1981).

#### Consumo de alimentos.

Los animales comen y beben para cubrir sus necesidades y lograr un estado de saciedad. El hambre y la sed son los estados fisiológicos que corresponden a la percepción del estado de necesidad y que desencadenan las actividades alimenticias (búsqueda, elección e ingestión de alimentos y agua). La saciedad es una sensación que corresponde, en principio a la desaparición del

estado de necesidad que origina el consumo (INRA,1981).

El control del consumo de alimentos puede estar considerado como un mecanismo homeostático del balance energético. El equilibrio energético esta determinado por la diferencia entre la ingestión de energía con el alimento y la salida de la misma en forma de heces, orina, metano, además del incremento calórico más la energía utilizada para el mantenimiento, producción de leche, reproducción y actividad física. Existe la tendencia en los animales adultos de mantener un equilibrio energético igual a cero, es decir un peso corporal constante durante periodos de tiempo bastante prolongados a pesar de las variaciones en el consumo de energía. En forma semejante los animales jóvenes tienden a crecer a una velocidad uniforme. Tanto los animales en crecimiento como los adultos, mantienen un equilibrio energético a pesar de la variación marcada en la actividad física y en el gasto energético, lo que indica que el animal es capaz de ajustar el consumo de energía a través del consumo de alimentos (INRA, 1981).

#### Control nervioso del consumo de alimentos

El control del balance de energía y especialmente el consumo de alimentos esta intimamente relacionado con la función del sistema nervioso central, siendo el hipotálamo, localizado en el diencéfalo la región que controla la ingestión de alimentos en forma directa. El hipotálamo interviene directamente en la regulación del consumo de alimentos y del equilibrio energético. En el se localizan dos centros implicados en el control del consumo de alimentos: a) centro del apetito (áreas laterales) y b) centro de la saciedad (áreas ventromediales). Un cambio en el equilibrio energético de un animal origina una señal de retroalimentación que se integra en forma última por el hipotálamo. Existen receptores periféricos que emiten señales ya sea por la distensión o llenado del tracto digestivo o relacionadas con el metabolismo, que pueden clasificarse en quimiostáticas o termostáticas. Estos receptores periféricos son del tipo de los mecanorreceptores localizados en los compartimentos pregástricos, estómago e intestino, en particular los mecanorreceptores ruminales son también quimiosensitivos (INRA,1981).

#### Regulación del balance de energía

Los ruminantes procuran ajustar el consumo de energía a sus necesidades, pero este ajuste esta generalmente limitado, retardado o impedido por las particularidades de su regimen alimenticio, de su aparato digestivo y de sus actividades alimenticias, sobre todo cuando se trata de raciones compuestas o exclusivamente por forrajes, (INRA, 1981).

Se ha mencionado que el consumo de alimentos es el factor más importante que determina la cantidad de energía por los ruminantes. Una reciente revisión de los trabajos de Montgomery y Baumgardt, efectuada por el INRA francés (1981) en la cual propusieron un modelo donde describen la interrelación del consumo

de materia seca, energía y el valor nutritivo de la ración, utilizando raciones pobres en "valor nutritivo" (debido a su escasa digestibilidad y volumen excesivo) el consumo de energía fué en poca cuantía, por el efecto de la distensión del tracto digestivo e inhibición del consumo antes de satisfacer la demanda energética. Al incrementar el valor nutritivo de la ración, el consumo de alimentos y de energía hasta que el consumo de energía alcanza el punto establecido por la demanda fisiológica del animal. Aumentos posteriores del valor nutritivo de la ración van acompañados por una disminución en el consumo de alimentos en una cantidad que permita mantener aproximadamente estable el consumo de energía. Otro grupo de investigadores describen el control del consumo de alimentos por tiempo de acción en dos niveles; a corto y largo plazo. En donde al ser digeridos, absorbidos y metabolizados los nutrientes se efectúan un control a corto plazo, determinado por la distensión ruminoreticular, concentración de ácidos grasos volátiles, acetato en el rumen, propionato en vena ruminal e hígado y también de tipo hormonal. El control a largo plazo se determina por el estado fisiológico, lactación, medio ambiente, nivel productivo y demanda total de energía. El hígado también regula el metabolismo energético a corto plazo, por la acción del propionato que es el metabolito precursor de la glucosa, teniendo un efecto depresor sobre el consumo (INRA, 1981, 1988).

Los mecanismos propuestos han tratado de explicar el consumo de alimentos por el predominio de acción de un agente en particular, de ahí se han propuesto las siguientes hipótesis de regulación del consumo: a) Quimiostática, b) Termostática y c) Física discutidas recientemente (Galina y Palma, 1991; Palma y Galina, 1991).

#### Control quimiostático del consumo.

Se ha observado que en ruminantes no se aplica la teoría glucostática del control del consumo de alimentos, debido a que los niveles de glucosa en sangre tienen poca o ninguna relación con el consumo. Los niveles de insulina se relacionan con la influencia del nivel energético de la dieta en ruminantes o no ruminantes, de la cantidad de alimento consumido o de ambas. El lactato es un metabolito que a nivel de duodeno activa receptores que inhiben el consumo (INRA citado por Galina y Palma, 1991; Palma y Galina, 1991).

Existe evidencia que indica que los ácidos grasos volátiles actúan regulando el consumo. Altos niveles de acetato en el rumen inhiben el consumo de alimentos. El propionato tiene el mismo papel que el acetato pero sus receptores se encuentran en la pared de las venas ruminales y rumen. El butirato tiene un mínimo efecto sobre el consumo de alimentos (INRA, 1981, 1988).

## Control lipolítico del consumo de alimentos

La hipótesis lipostática sobre el control del consumo de alimentos sugiere que la cantidad de tejido adiposo corporal puede servir para aumentar o disminuir el consumo de alimentos a medida que disminuye o aumenta la cantidad de grasa corporal. Se ha propuesto que una señal de saciedad después de comer, se asocia con la lipogénesis (insulina y STH) y que una señal posterior como la lipólisis (epinefrina, norepinefrina y cortisol) provoca el consumo de alimentos, aunque las investigaciones en la literatura sobre el papel de los lípidos en el control del consumo de alimentos son controvertidas. A esta discusión se agrega un efecto indirecto, considerándose que un exceso de tejido graso en la cavidad abdominal reduce el espacio ocupado por el rumen durante la alimentación (INRA, 1981, 1988).

Otros estudios señalan que la actividad realizada por las hormonas en la regulación del consumo de alimentos, se ve relacionada con la movilización de los lípidos. La lipogénesis depende de una relación de niveles altos de insulina:hormona del crecimiento, donde relaciones bajas de este binomio hormonal estimula la lipólisis (INRA, 1981).

## Control termostático del consumo.

Los rumiantes responden de manera similar que los animales de digestión simple a los efectos de la temperatura ambiental. Exposiciones prolongadas al calor deprimen y situaciones continuas al frío aumentan al consumo de alimentos. Considerando los datos relativos a la especie, se produce un descenso gradual en el consumo cuando la temperatura ambiental se aproxima a los 32°C, y un descenso más intenso cuando la temperatura ambiental se acerca a los 40°C. De acuerdo a esta teoría el incremento calórico se produce por tres vías: a) acción dinámica específica (ADE), b) incremento en la tasa metabólica como una función del nivel de alimentación y c) incremento en la misma tasa como una función del peso corporal. La primera se relaciona con un control a corto plazo y las dos restantes están relacionadas con el balance de energía, (INRA, 1981).

Las grasas y las proteínas tienen una (ADE) menor que el acetato el cual tiene efecto marcado sobre el consumo y un mayor incremento térmico. Se ha considerado que el calor generado en la fermentación no tiene un efecto significativo en el control del consumo de alimento, sin embargo existe una relación entre la temperatura de la piel y el consumo de alimentos, ligados a través de los mecanismos sensitivos periféricos de temperatura (INRA, 1981, 1988).

## Control físico del consumo.

En los rumiantes cuando el principal componente de la dieta son los forrajes, el efecto físico de distensión del tracto

digestivo limita el consumo voluntario, determinado por sus características de volumen y tenor de fibra, así como por su bajo contenido en energía. Por ello el consumo de alimentos está limitado por condiciones físicas dentro del tracto digestivo, en donde los factores como llenado del retículo-rumen, tasa de digestión y tasa de pasaje son los mecanismos implicados en esta regulación. La tasa de desaparición de la ingesta del retículo-rumen depende en forma primaria de la tasa de digestión, que a su vez, se relaciona con la composición física y química del alimento consumido. Los alimentos fibrosos tienen una menor digestibilidad, con un bajo nivel de ruptura, por lo tanto, van a tener una baja tasa de paso. La demora del paso del alimento, debido a la tasa de ruptura de la ingesta en el rumen se ve influenciada por los siguientes procesos: a) digestión microbiana, b) desintegración mecánica y c) mecanismo de propulsión que acarrea la ingesta a través del intestino. Varios procesos fisiológicos como el crecimiento, gestación, lactación, la demanda de nutrientes por el animal, así como el excesivo depósito de grasa en cavidad abdominal pueden modificar la capacidad del retículo-rumen y posiblemente son de los factores responsables de la ruptura y remoción de la ingesta del rumen. La distensión del retículo-rumen es un mecanismo de control a largo plazo, regulando el consumo día con día, pero es posible que se integre un control físico a largo plazo con el balance de energía en animales adultos. Por ejemplo, los cambios de estado fisiológico debido a la lactación, pueden modificar su capacidad de retículo-rumen y esto provee condiciones para provocar variaciones en el consumo asociado a la lactación (INRA, 1981, 1988).

Con la ingestión de forrajes los factores físicos se activan para limitar el consumo, emitiendo una señal que controla el apetito, siendo esta la distensión del retículo-rumen, a través de sus receptores específicos de distensión, que al ser estimulados vía nervio vago transmiten señales al hipotálamo y se inhibe el consumo. A diferencia del efecto que se presenta con dietas ricas en concentrados donde las señales quimostáticas tienen un mayor papel (INRA, 1988).

Se ha observado así mismo que existe una relación entre la digestibilidad de la materia seca con el consumo de alimentos, se determinó, que en raciones cuya digestibilidad variaba entre 52 y 66% , el aumento de la digestibilidad de la ración, marcaba asimismo, un aumento en el consumo de alimentos, hasta un cierto límite. Mientras que aquellas raciones cuya digestibilidad oscilaba entre el 67 y 80% el consumo decrecía al mejorarse el índice de digestión. Se mostraban como limitantes, en el primer caso, el peso vivo del animal y la cantidad de materia seca indigestible del alimento y en las raciones de mayor calidad el consumo fue regulado por el peso metabólico, la producción y la propia digestibilidad de la ración (Conrad, 1964). En estas condiciones el consumo depende por lo tanto del volumen estructural y el contenido de pared celular en las dietas. La relación entre el tenor de agua del forraje y el consumo, puede ser una función del volumen estructural, si el agua de la planta está contenida en la pared celular. La adición de agua por sí misma, al rumen, tiene

poco efecto sobre el consumo porque ésta es rápidamente absorbida y removida. Sin embargo la retención del agua por efecto de esponja de los componentes estructurales del forraje ingerido puede tener un efecto inhibitorio sobre el consumo ( Van Soest, 1982). Asimismo, se ha demostrado un control físico en el consumo de forrajes o pajas que tiene contenidos de proteína por abajo del 10%, el consumo voluntario aparente (CVA) es limitado por la capacidad del retículo-rumen y la tasa de desaparición de la digesta de este órgano, la cual aumenta cuando se mejora el nivel de nitrógeno, ya sea con proteína verdadera o nitrógeno no proteico (Allison, 1985). El cubrir las necesidades energéticas por medio de la alimentación implica una serie de procesos metabólicos y fisiológicos en relación al inicio y terminación del consumo de alimentos (Forbes, 1980). Los ruminantes inician el consumo de alimentos en respuesta a una deficiencia de energía y detienen su consumo cuando rectifican este faltante, excepto cuando en forma física se limite su consumo. La regulación del consumo de alimentos es un proceso multifactorial que dependiendo de los receptores estimulados, origina el predominio de un mecanismo regulador en particular. Alimentos concentrados desencadenan una regulación de tipo quimiostático para el consumo de alimentos (Palma, 1991).

#### Evolución de la Capacidad de Ingestión durante la gestación y el curso de la producción

La capacidad de ingestión y las necesidades de una vaca durante la lactación varían en forma significativa. Según trabajos previos en los primeros meses de gestación, el peso vivo de las vacas se incrementa lentamente, aumentando significativamente en los dos últimos meses de la preñez. Las reservas corporales se acumulan en base a una concentración energética positiva de la ración, como respuesta a un aumento y desarrollo significativo del útero y su contenido. En los tres últimos meses de gestación el peso vivo de la vaca aumenta rápidamente y en algunos casos se detiene este crecimiento antes del parto. La capacidad de ingestión de las vacas por lo tanto expresada en kgs de materia seca o en unidades de llenado (empanzonantes) disminuye continuamente. Por otro lado los requerimientos nutricionales de gestación no tienen un aumento significativo sino hasta los dos últimos meses. En este momento se conjugan dos factores, por un lado aumentan los requerimientos nutritivos de la madre sumado a las necesidades de crecimiento de los productos y por el otro lado se disminuye la capacidad de ingestión al aumentar el volumen del útero, por ello el organismo sostiene el balance energético progresivamente negativo asociado a la movilización creciente de grasas de reserva. Al iniciarse la lactación en la primeras semanas los requerimientos aumentan rápidamente, en este momento las necesidades de producción, (la relación entre las necesidades de mantenimiento y producción láctea) es de 2 a 4. Por otro lado la capacidad de ingestión aumenta lentamente llegando a su máximo entre el día 46 y el 115 de lactación. Este proceso fisiológico al inicio de la lactación explica el balance negativo y la movilización de las reservas corporales que se manifiestan por una pérdida de peso vivo en este periodo. En las primeras 8 semanas

la vaca pierde peso, el enflaquecimiento es aún mayor pero se confunde con el aumento de peso de las vísceras y contenido digestivo. Para el segundo tercio de la lactación el peso vivo suele estabilizarse y para el séptimo mes de lactación la vaca empieza a ganar peso comenzando a reconstituir sus reservas corporales. Esta reconstitución será mayor cuando en el régimen alimenticio se considere una dieta con una densidad superior a 2.5 Mcal de EM por kg de materia seca. Esto debe ser tomado en consideración cuando se planea la alimentación del hato durante todo el año (Galina, 1990).

#### Capacidad de Ingestión.

La expresión de capacidad de ingestión en kg de materia seca permite obtener estimaciones medias lo suficientemente precisas en raciones conocidas de forrajes como el ensilaje de maíz, o alfalfa, acompañadas de niveles pre-establecidos de concentrado. No así cuando se alimentan a base de forrajes menos conocidos aunque progresivamente se desarrollan ensayos de validación en diferentes manejos alimenticios (Galina et al, 1990).

El modelo francés original de CVA utiliza una vaca de raza Holstein de 600 kg de peso vivo (PV) en la mitad de la lactación con una producción de 17 kg de leche/día, ajustado a 3.5% de grasa, alimentada con un forraje de 15% de proteína cruda (PC), 25% de fibra cruda (FC) y 77% de digestibilidad de materia orgánica (DMO), con una densidad energética de 2.7 Mcal de energía metabolizable (EM)/kg de MS, (energía contenida en 1 kg de cebada forraje utilizado por los franceses como referencia) utilizando el sistema de unidades empanzonantes "UE"; (INRA, 1978;1988). El modelo matemático utiliza el PV como la principal variable para calcular el consumo voluntario aparente (CVA) que para el animal de referencia consumiendo el pasto señalado es de 140 g por kg de peso metabólico (PM:diferencia entre el PV y el peso contenido del conjunto de los compartimentos digestivos(INRA,1988), siendo este consumo igual a 1 UE (siempre que la densidad energética de la ración sea de 2.7 Mcal de EM/kg de MS), disminuyendo el CVA por la gestación en los dos últimos meses (los franceses determinan el CVA restándole un 25% en esta etapa). También sugieren un ajuste al consumo de acuerdo al estado de la lactación, para los primeros 45 días se le resta un 25%, se le deja el valor sugerido para la vaca de referencia en la mitad de la lactación, y se le resta sobre ese consumo un 18% a partir del 116avo día de producción y hasta el final del periodo productivo (Galina et al, 1990).

La capacidad de ingestión sugerida por los franceses supone por un lado que los animales tienen la posibilidad de seleccionar el forraje con una tasa de rechazo del 10 al 15%, por otro lado, que la ración ingerida tiene una densidad energética igual o superior a 2 Mcal de EM por kg de MS. Existirá por lo tanto un mayor error cuando se restrinja el forraje o exista una tasa de rechazo superior al 20% (Galina, 1990).

El consumo de alimentos es el factor más importante en la determinación del nivel y la eficiencia en la producción de los rumiantes (INRA, 1988).

Los modelos utilizados para predecir el consumo en ganado lechero utilizan características del animal, del alimento o de ambos, (INRA, 1978; 1988; Ruiz y Menchaca, 1990).

Las ecuaciones basadas en el peso del animal y nivel de producción han predecido adecuadamente el consumo cuando la dieta ha tenido un alto contenido en energía, el consumo estará regulado por la demanda fisiológica de energía del animal, pero existe una pobre relación cuando su contenido energético es bajo y con altos niveles de fibra. Asimismo, las predicciones realizadas cuando las dietas tienen altos niveles de fibra han sido apropiadas, siendo poco eficientes cuando sus niveles de fibra son bajos, ( Ruiz y Menchaca, 1990).

Estos mismos autores (Ruiz y Menchaca, 1990) encontraron que los rumiantes tratan de realizar un consumo estable de fibra, para lo cual proponen la utilización de un modelo matemático para predecir el consumo de pastos y forrajes a partir de la fibra cruda del forraje, peso y estado fisiológico del animal.

El consumo de materia seca ha sido el factor individual más importante entre los que determinan el valor nutritivo de los alimentos en general y de interés particular de los forrajes. Asimismo, es la variable que más afecta el comportamiento productivo de los rumiantes. Se ha observado que cuando se reduce el consumo de nutrientes paralelamente se disminuye también la eficiencia global de la conversión alimenticia, es decir que existe una relación entre lo que se aporta, (consumo) y lo que se obtiene (producto), razón por la cual ha sido necesario utilizar aquellos modelos que se acerquen más apropiadamente a lo realizado por el animal (INRA, 1978,1988).

#### Previsión del consumo de alimentos

Para alimentar correctamente a los rumiantes, se deben de tomar una serie de medidas, la primera de las cuales sería una predicción correcta del volumen de alimento que el animal puede consumir por día. A partir de este dato, es posible establecer un programa de alimentación correspondiente a las diferentes etapas del ciclo productivo. Los principales factores que determinan las cantidades de alimento que pueden consumir son: el tipo de alimento (forraje, concentrado o la asociación entre ellos), su digestibilidad por su contenido de fibra, su clase botánica (gramínea o leguminosa), la especie (bovino, ovino, caprino), la edad, el estado fisiológico del animal, por ejemplo si esta en gestación o lactación y el peso vivo (INRA, 1988).

Las comparaciones de los alimentos consumidos en relación a materia seca son mejores a aquellas que se hacen con el producto bruto. Para ello se utilizó la expresión de las cantidades consumidas en kg de MS/24 horas. Por ejemplo, para una vaca adulta de

600 kg de peso vivo consumiendo un heno de mediana calidad, la cantidad consumida es de 11.5 kg de MS por día. Esta cantidad de MS se podría conocer como, la materia seca voluntariamente ingerida por día (MSVI por día) (INRA, 1988).

También es posible expresar las cantidades consumidas en Kg/MS por cada 100 kg de peso vivo/24 hrs. Para el mismo animal sería: 1.9 kg de MS/ 100 kg de peso vivo/día. Otra forma de expresarlo, sería: cantidad de MS/kg de peso metabólico ( $P^{.75}$ ), y por lo tanto sería de: 0.095 kg de MS/ kg de PM/día (INRA, 1981; 1988).

#### Factores que afectan el consumo voluntario aparente

a) **Peso vivo:** Para un rumiante del mismo tipo, la cantidad de materia seca voluntariamente ingerida/día (MSVI/día), aumenta con el peso vivo del animal, este aumento es resultado del incremento de las necesidades energéticas de mantenimiento.

Cuadro 1. Variación de las cantidades de MSVI por día por los bovinos en raciones de mantenimiento, en base al pasto de referencia (70% de digestibilidad).

Peso vivo en kg	kg de MS por día	Kg de MS por 100 PV pr día
500	10.04	2.00
600	11.51	1.92
700	12.92	1.85

b) **Producción de leche:** Para las vacas del mismo peso, el consumo de materia seca aumenta linealmente con la producción lechera con un promedio de 270 g de MS/kg de leche, (INRA, 1981).

c) **Estado fisiológico del animal:** En el principio de la lactación, la capacidad de ingestión de una vaca aumenta regularmente llegando a su máximo a los dos meses después del inicio. Se mantiene en estas cantidades para disminuir hacia el final, (INRA, 1981).

Durante el periodo seco del animal su capacidad de ingestión disminuye en razón del aumento del espacio que ocupa el feto al final de la gestación. Otro factor que ha demostrado tener influencia sobre la capacidad de ingestión ha sido el tipo genético. Por último el estado corporal: la capacidad de ingestión disminuye cuando el estado de engrasamiento corporal aumenta, aunque es difícil de separar la influencia de estos factores en el animal vivo (INRA, 1988).

#### Sistemas de estimación y de expresión del valor energético de los alimentos.

De acuerdo a un trabajo reciente realizado por el INRA en Francia, (INRA, 1988), han sido revisados algunos de los conceptos básicos sobre la nutrición de los rumiantes.

Previamente han sido desarrolladas dos familias de sistemas de estimación del valor energético de los alimentos. Una de ellas se basa en el contenido de nutrientes digestibles (Total Digestible Nutrients, TND en los Estados Unidos) o en energía metabolizable de los alimentos, mientras que el otro grupo de sistemas se basa en el contenido de energía neta de los alimentos. En todos estos sistemas se asigna a cada alimento un valor energético único y se admite que los alimentos tienen entre ellos mismos un mismo valor relativo para el mantenimiento, la lactación y la engorda, lo que evidentemente no es el caso, especialmente para la engorda (INRA, 1980).

En el sistema TND se estima que el valor energético de los alimentos depende únicamente de su contenido en elementos digestibles. Se admite que la EM se utiliza con una eficacia constante para el mantenimiento (0.76), para la lactación (0.69) y para el crecimiento y la engorda (0.58), cualquiera que sean las características de los alimentos. Este sistema conduce a sobre-estimar el valor de los alimentos con porcentajes altos en fibra en relación a los alimentos concentrados, sobre todo para el crecimiento y la engorda. A nivel de rancho, sin embargo, los errores no son muy importantes si las raciones son similares y contienen mucho alimento concentrado, lo que a menudo es el caso en los Estados Unidos (INRA, 1981).

Lo anterior justifica plenamente un cambio en la estrategia actual de distribución del alimento concentrado, aplicando los sistemas vigentes de alimentación de los rumiantes de países que optimizan sus recursos forrajeros proporcionando cantidades reducidas de concentrado (Echavez, 1987).

## OBJETIVOS:

Predecir el consumo voluntario aparente de materia seca en vacas lecheras en relación a un forraje de referencia de 15% de proteína cruda, 25% de fibra cruda y 77% de digestibilidad de materia orgánica tomando como variables el peso vivo, nivel de producción, estado fisiológico del rumiante y el contenido de fibra cruda del forraje.

## **HIPOTESIS:**

En base a lo anterior para el presente trabajo se planteó la siguiente hipótesis: se determinará la capacidad de ingestión del hato, desafiando las recomendaciones del INRA y otros trabajos similares con las cuotas aparentes de energía y proteína estimadas . Y por otro lado se utilizarán los sistemas franceses para la evaluación de los requerimientos nutricionales de las vacas .

## MATERIAL Y METODOS

El trabajo se realizó en los meses de agosto a noviembre de 1991 en 58 vacas Holstein de diferentes edades, pesos (como media 530 kg de peso vivo), estados fisiológicos (vacías, gestantes y lactantes).

La unidad . . . lechera donde se desarrolló el trabajo se encuentra localizada en el municipio de Cuatitlán Izcalli en el Estado de México, y pertenece a la Unidad de Bovinos productores de leche de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, U.N.A.M. Localizada geográficamente a 19°10' de latitud norte y entre los meridianos 99°10' y 99°17' de longitud oeste (INEGI, 1987), correspondiendo al altiplano mexicano, con una altitud media de 2,290 msnm, el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, y con un régimen pluvial medio anual que oscila entre 600 y 800 mm, y la temperatura media anual es de entre 12° y 16°C (INEGI, 1990).

El manejo de los animales fué el de estabulación total, alimentados con forrajes (paja de avena en un 32% del total de forrajes, alfalfa fresca en un 55%, y silo de maíz en un 13%) y una suplementación con concentrado comercial (este sólo se les proporcionó a las vacas en producción), dándoseles de acuerdo a su nivel de producción de la siguiente manera: 3 kg de concentrados a aquellas que producen menos de 15 kg de leche por día, 5 kg a las que dan de 15 a 20 kg de leche, y 8 kg a las que tuvieron más de 20 kg; las vacas en lactación fueron ordeñadas dos veces al día, por la mañana y por la tarde.

El nivel de suplementación (en materia seca), fue administrado en comederos durante cada ordeña en forma individual, el concentrado era de 3 Mcal de energía metabolizable (EM) y de 120 g de proteína digestible (PD), determinado por análisis químico proximal.

La ordeña fué de tipo mecánico, en una sala tipo tandem para ocho animales. Los animales y la leche fueron pesados mensualmente.

La unidad empanzonante de acuerdo al forraje que se les proporcionó fué: 1.2 para la heno de avena, y de 1.3 tanto para el silo como para la alfalfa.

Para los cálculos se utilizaron los requerimientos sugeridos por el INRA para vacas lecheras (INRA, 1981; 1989).

Se utilizó un programa diseñado para computadora personal en lenguaje basic que tomaba en consideración las siguientes variables:

a) Determinación de la capacidad de ingestión:

Se tomaba en cuenta el peso vivo actual, elevándose a la potencia 0.75 para obtener el peso metabólico y multiplicándose

por 140 g que es la sugerencia del INRA para el forraje de referencia.

Peso vivo  $\cdot 75 \times 140 \text{ g} =$  Consumo voluntario pasto de referencia.

En caso de estar en los dos últimos meses de gestación se efectuó el siguiente ajuste:

$(\text{Peso vivo } \cdot 75 \times 140) \times .75 =$  Consumo voluntario gestación

Se sustrajo la cantidad de suplemento (concentrado pesado)

Consumo de Forraje = Consumo voluntario - concentrado

La materia seca del forraje aparentemente consumida fue:

MSF = Forraje / Unidad empanzonante

La Unidad empanzonante se determinó en base a las tablas del INRA, comparadas con algunas digestibilidades para los mismos forrajes en México, en general se usó el siguiente criterio que fue la tasa de sustitución y que para el concentrado es menor que 1, utilizando los criterios establecidos con anterioridad por investigadores en Colima (Galina et al, 1991).

1. Concentrados = .8 UE
2. Forrajes de excelente digestibilidad como alfalfa joven o ray grass en crecimiento = 1
3. Forrajes de buena digestibilidad como Brocoli, Chicharo, alfalfa o ray grass maduro = 1.1
4. Forrajes de mediana digestibilidad como avena, sorgo, silo de maíz, pastos maduros o arbustivas = 1.2
5. Forrajes de baja digestibilidad como rastrojo de maíz, pajas de avena o de sorgo = 1.3

El total de materia seca aparentemente consumido fue por lo tanto la suma del forraje y el concentrado

Total Materia Seca = Materia seca forraje + materia seca concentrado

b) Determinación de la energía necesaria.

Para comprobar si el volumen calculado individualmente correspondía al probable consumo calculamos la energía y proteína necesaria sugerida para esos niveles de producción y estado fisiológico de las vacas con las siguientes ecuaciones:

Para Energía:

Se dividió el programa en energía de mantenimiento, de crecimiento, de gestación y de producción de leche.

Para la energía de mantenimiento se calculó el peso metabólico y multiplicándose por 117 Kcal de energía metabolizable que

es la sugerida para la vaca de referencia. El INRA estableció las sugerencias en unidades forrajeras leche (UFL), unidades de energía neta que para su interpretación en el programa las pasamos a energía metabolizable utilizando de referencia la cebada y su valor en EM (INRA, 1988).

1 Unidad Forrajera Leche = 2.71 Mcal de Energía Metabolizable

EM= Peso vivo  $\times$  .75  $\times$  .117 Kcal

Para la energía de crecimiento (EGAN) se calculó restando el peso actual (PACT) del peso anterior (PANT) y dividiéndolo por 30 días, la ganancia diaria se multiplicó por 9.5 Mcal de EM

EGAN= (PACT-PANT/30)  $\times$  9.5 (INRA, 1988).

Para la energía de gestación (EGES) se agregó lo siguiente un 20%, un 35% y un 55% sobre las necesidades de mantenimiento para el 7o, 8o y 9o mes de gestación respectivamente (INRA, 1988; Galina, 1987).

Para la energía de lactación (ELAC) se usó la siguiente ecuación:

ELAC= Kilos de leche  $\times$  1.16 Mcal de EM

(INRA, 1988).

La energía total fué la suma de las cuatro anteriores.

c) Para calcular la proteína digestible se dividió en proteína de mantenimiento, PMAN; de crecimiento, PGAN; de gestación, PGES y de lactación, PLAC, con las ecuaciones correspondientes. Para el diseño del programa se utilizaron las recomendaciones de materia nitrogenada digestible (MND), correspondiente a la proteína digestible y no las de proteína digestible intestino ya que las tablas francesas presentan ambas.

Proteína de mantenimiento:

PMAN= Peso Actual  $\times$  .6 g de Proteína digestible

Se utilizaron los mismos porcentajes de corrección que para la energía de mantenimiento de acuerdo a el manejo del hato.

Proteína de Ganancia:

PGAN= Ganancia de peso diaria  $\times$  260 g de PD

Proteína de gestación:

1. 7o mes de gestación PGES= PMAN + .78 g por kg de peso vivo
2. 8o mes de gestación PGES= PMAN  $\times$  .88
3. 9o mes de gestación PGES= PMAN  $\times$  1.0

## Proteína de lactación:

PLAC= leche diaria x 60 g de PD  
(INRA, 1988)

La proteína total fué la suma de todas ellas

El método de calculo de la capacidad de ingestión fué en base a su peso metabólico y multiplicándolo por 140 g por kg como recomienda el INRA francés para el pasto de referencia, de acuerdo a la cantidad de fibra y su digestibilidad particular de los diferentes forrajes se les asignaba un valor comparativo con la unidad de referencia o se tomaba el recomendado por las tablas del INRA, dividiendo el resultado inicial por el factor de corrección de acuerdo al forraje. Este cálculo inicial sirvió para determinar la capacidad forrajera en su relación a llenado, "unidad empanzonante". A esta cantidad inicial se le restaron los kilogramos de concentrado en materia seca de la dieta. El concentrado se dividió por un factor inferior a la unidad ya que su digestibilidad es mayor y su porcentaje de fibra menor que el forraje de referencia de aproximadamente .8. Finalmente se calculó su capacidad de ingestión forrajera, restando la cantidad de suplemento ofrecido y por diferencias se determinó el volumen del forraje ingerido (ajustándose mediante el uso del sistema de unidades empanzonantes) la capacidad de ingestión final se determinó sumando cada uno de los elementos de la dieta, (INRA,1981).

Posteriormente se determinaron las necesidades totales de energía y proteína de acuerdo a las sugerencias establecidas con anterioridad por los franceses . Se substrajo la energía y proteína del suplemento calculándose por diferencia la del forraje. Se realizaron paralelamente varios exámenes químicos proximales tanto del suplemento como de diferentes forrajes con el fin de establecer el valor nutritivo aproximado de los mismos.

Se realizó el estudio estadístico mediante una prueba de T de Student para muestras independientes, entre los resultados calculados del forraje mediante los exámenes químico proximales o los sugeridos por las tablas de alimentos contra los resultados de densidad energética o proteica de acuerdo a el nivel de producción y estado fisiológico para estimar el margen de acuciosidad de nuestra predicción de consumo voluntario aparente.

Se determinó de esta manera la cantidad de materia seca total aparentemente consumida, se pesó en kg el suplemento, y por diferencia se determinó la cantidad probable de forraje consumido. Así mismo se determinó la EM total, la EM del suplemento y por diferencia la EM aportada por los diferentes forrajes (comparados con los valores obtenidos en los exámenes químicos proximales y en las tablas de alimentos) y el porcentaje total que aportó el suplemento, realizándose el mismo ejercicio para la proteína, comparando estos resultados con las recomendaciones para la vaca francesa. Es decir, observar si las sugerencias de volumen y calidad en una explotación tenían una correlación importante con las señaladas para el manejo alimenticio elabora-

das en los institutos de nutrición especializados. Las comparaciones tuvieron como objetivo medir la repetibilidad de las recomendaciones de capacidad de ingestión, energía y proteína, dentro de lo establecido por la escuela europea y si ellos correspondían a lo calculado para la vaca en nuestra observación.

La observación calculada del consumo de energía y proteína solamente sirve para estimar el grado de error de las ecuaciones de predicción de consumo voluntario y niveles de suplementación.

## RESULTADOS

Los resultados observados corresponden a los pesos de las vacas adultas y su producción de leche tratados en forma mensual para la energía total, proteína total, total de materia seca, energía y proteína del forraje y porcentaje de materia seca resumidos en el cuadro 2.

Con el programa de simulación para bovinos lecheros en el altiplano, se calculó un consumo voluntario anual de 4,740 kg de materia seca, en promedio 12.980 kg de MS/día, distribuidos en 2,986 kg de forrajes/año (63%) y 1,754 kg de suplemento/año (37%). El aporte energético fue de 11,376 Mcal/año, con 6,712 Mcal/año (59%) del forraje y 4,664 Mcal/año (41%) del suplemento. Con un contenido proteico de 389 kg de PD/año, distribuidos en 202 kg (52%) por el forraje y 187 kg (48%) del suplemento.

Comparando la densidad energética proteica necesaria sugerida por el INRA y el tratamiento de consumo de 140 g/kg de PM, mediante la prueba estadística arrojó el siguiente resultado, se observa una diferencia altamente significativa comparando la energía total necesaria y la energía total de la ración ( $p < .001$ ). En el caso de la proteína no existió diferencia significativa al comparar la proteína total necesaria y la proteína total de la ración (cuadro 5).

Los resultados obtenidos de la prueba de hipótesis para la media poblacional, donde se utilizó la prueba para muestras grandes, en los dos primeros meses se obtuvieron resultados de significancia, en los siguientes meses no, (cuadro 4).

En las condiciones del altiplano el modelo de simulación permitió calcular aparentemente los volúmenes de forrajes (paja de avena, ensilado de maíz y alfalfa) y concentrados, para el tipo y manejo productivo de los animales estudiados, permitiendo mediante las variables peso vivo, nivel de producción, días de lactación, porcentaje de grasa, manejo zootécnico, estado fisiológico, cantidad de concentrado y calidad de los forrajes (UE) obtenidas, manejar adecuadamente la alimentación de los bovinos.

La densidad energética combinada promedio fue de 2.4 Mcal/EM/Kg/MS. Para ello el suplemento fue de 3 Mcal/EM/Kg/MS y 120 g de PD/Kg/MS y el forraje tuvo un promedio de 2.3 Mcal de EM/Kg/MS.

Cuadro 2. Peso vivo mensual de las vacas durante los cuatro meses del estudio

Mes	Peso vivo Kg Adultas 58 animales	Leche Kg Adultas
Agosto	543	14.8
Septiembre	532	14.4
Octubre	527	14.9

Noviembre	525	15.2
Media	532	14.8

Cuadro 3. Promedios obtenidos por meses para la energía, proteína y total de materia seca. Energía, proteína y porcentaje de materia seca del forraje.

	ET Mcal	PT Kg	TMS Kg	EF Mcal	PF g	PMS %
agosto	27.0	1.070	11.516	18.5	640	31
septiembre	29.7	.927	11.469	18.6	640	26
octubre	22.9	.932	10.569	18.5	625	26
noviembre	27.6	1.026	10.356	17.9	617	26
Media	26.8	.988	10.977	18.3	631	27

Cuadro 4. Resultados mensuales de la prueba de hipótesis para la media poblacional.

Mes	Resultado
Agosto	5.94 **
Septiembre	5.23 **
Octubre	0.48 ns
Noviembre	0.004 ns

\*\* significativo  
ns no significativo.

Cuadro 5. Resultado de la prueba de "t"

	Valor de "t"	p
Energía	-3.245	.001
Proteína	.451	.652

## DISCUSION

Uno de los factores de mayor controversia en la alimentación de los ruminantes ha sido la determinación del CVA. No se pretende sugerir patrones de consumo de energía o proteína, sino solamente y en base al consumo observar si las sugerencias del INRA, (1981; 1988), corresponden a la práctica en nuestras condiciones. Como fue señalado anteriormente, la cantidad de alimento ingerido de manera voluntaria es un factor muy importante, frecuentemente limitante, en el caso de los forrajes por la energía ingerida en la ración total. Recientemente se discutieron los elementos teóricos para su evaluación, que en la mayoría de los casos coinciden en que la vaca consume en promedio un 3% de MS en relación a su peso. Aunque puede llegar según algunos investigadores hasta 3.5% (Galina, et al 1991). Los datos necesarios para evaluar este consumo fueron: el estado fisiológico, de acuerdo al mes correspondiente, estado de lactación o gestación, el peso vivo mensual, ganancia o pérdida de peso y la producción de leche ya que existe una elevada correlación matemática, superior al 90% como lo demostro Peraza, (1987). En nuestra observación el nivel de consumo por porcentaje fué más cercano al 2% de su peso vivo, el menor consumo se debe probablemente al nivel de forraje en la dieta 73% con un tenor de fibra que limita su consumo, por lo tanto el nivel de producción se podría incrementar disminuyendo el nivel de forraje de la dieta o aumentando su digestibilidad con un menor nivel de fibra.

Los investigadores franceses en sus trabajos iniciales (INRA, 1978), sugirieron un consumo de 120 g por kg de PM para la vaca lechera en la mitad de la lactación, con 95 g/kg de PM para la vaca seca, siempre que la densidad energética de la ración fuera de 2.7 Mcal de EM por kg de MS, referencia utilizada en el sistema de unidades forrajeras (INRA, 1988). Posteriormente y con base a ensayos globales de alimentación el mismo grupo del INRA modificó su sugerencia de 120 a 140 g/ kg de PM (INRA, 1988).

Por ello y mediante regresión desarrollamos una hipótesis de consumo ajustada para el tamaño y los niveles de producción de la vaca mexicana (530 kg de peso vivo y 15 kg de leche en la mitad de la lactación con una densidad energética de 2.4 Mcal de EM por kg de MS consumida), la cual desafiamos, considerando una diferencia significativa en la densidad energética de la ración de 2.7 Mcal para los franceses contra 2.4 Mcal para nosotros, compensada, ya que nuestras vacas son más pequeñas 530 contra 600 kg PV y con cuotas totales de producción de 4,514 contra 6,000 kg leche lactancia.

Con base en estos datos el modelo de simulación desarrollado tuvo una veracidad estadísticamente significativa con el CVA obtenido por ecuaciones para determinación del consumo (INRA, 1978). También comparada por densidad proteica de los forrajes y necesidades proteicas de producción señaladas por el INRA (1988), el modelo en base a 140 g/kg de PM fué el que tuvo mayor confiabilidad en estableción.

En nuestro trabajo existió una diferencia significativa entre la energía aportada por los forrajes y la necesaria para mantener el animal y sostener los niveles de producción de las vacas estudiadas, por otro lado no existió una diferencia significativa cuando se comparó la proteína ofrecida y los necesidades de estas vacas, por lo que probablemente la dieta sea excesiva en energía y el límite de la producción de estos animales lo determine la densidad proteica de la ración. Estos resultados nos permiten confirmar la posibilidad de utilizar la sugerencia francesa de 140 g/kg de PM para la vaca lechera mexicana y en el caso de los animales estudiados sugerir un incremento de la densidad proteica de la ración que elevaría los niveles de producción de leche en un promedio de 2 a 3 kg de leche por vaca o una disminución de la concentración energética que les permitiría mantener la producción láctea pero que podría disminuir el costo de la ración.

Las necesidades energéticas de mantenimiento y gestación juntas representaron el 72% del total de la energía necesaria para las vacas adultas que coinciden con las necesidades totales de un hato de 500 kg de peso vivo y 3,500 kg de leche mientras que nuestros animales adultos tuvieron promedio de peso de 532 kg y 4,500 kgs de leche.

## Conclusiones

Dentro de las condiciones de este trabajo las vacas presentan un consumo voluntario aparente a los 140 g por kg de PM.

En nuestras observaciones encontramos que la limitante de la producción lechera fué el aporte de proteína de la dieta, encontrándose que existe un balance positivo en cuanto a energía, esto es que si nosotros pretendieramos tratar de obtener una mayor producción de leche necesitaríamos proporcionarles a los animales un alimento que contenga un mayor aporte de proteína.

Para estimar con mayor precisión el consumo voluntario aparente hay que establecer con mayor rigurosidad la unidad empanzonante de los forrajes empleados.

## Bibliografía

- Alais, Ch.Ciencia de la Leche.1982. Principios de Técnica Leche ra. 1a.edición.Ed.CECSA.México.
- A.G.L.P.L.T.Asociación Ganadera Local de Productores de Leche de Texcoco.1983.La Ganadería Lechera en México y en el mundo, estadísticas, hechos y programas de desarrollo.Texcoco,México.
- Allison, C.:Factors affecting forage intake by range ruminants: A review. J. Range Manage. 38 (4): 1985.
- Cabello, E.F.La Ganadería de leche en México.Banco Nacional Agro pecuario,S.A.México.1971.
- Churc, D.C.Libestock Feeds and Feeding.4th edition.Ed.O B.U.S.A. 1979.
- Conrad, H. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. J. Dairy Sci. 47:54-62. 1964.
- Dirección general de servicios meteorológicos nacional 1978. Catálogo de registros. Departamento de Topografía Nacional. SARH, México.
- Dirección general de servicios meteorológicos nacional. 1982. Departamento de climatología de México.Tarjeta de resumen mensual y anual.SARH,México.
- Echavez, V. E. 1987. Producción de leche con cantidades reducidas de concentrado en un hato lechero de la Comarca La gunera.Memorias III Congreso Nacional de AMENA, Coccyoc, Edo.de Morelos.Pp 143 a 150.
- Forbes, J.: Hormones and metabolites in the control of food intake. In digestive Physiology and Metabolism in Ruminants. Ruckebush, y and thivend, P. MTP Press Limited. pp.145-160. 1980.
- Galina, M. 1987. Previsión del consumo de alimentos. AZTECA, memorias IV Congreso Nacional Universidad de Colima, p 19-29
- Galina,M. 1990. Alimentación de los rumiantes. Curso sobre nutrición de rumiantes. SARH-Universidad de Colima. (Mimeo-grafiado), Colima, México.
- Galina,M. y Palma, G.J.M.1991. Previsión del consumo de alimentos. Nutrición y Alimentación de Rumiantes.SARH-Colima; Universidad de Colima:12-17.
- Galina,M., R. Morales A., J.M.Palma y E. Silva P. 1991. Dos modelos tecnológicos de producción de leche. Avances en investigaciones agropecuarias. FES-Cuautitlán, UNAM, México. En Prensa.
- García-Trujillo, R., y O. Caceres. Nuevos Métodos para expresar el valor nutritivo de los alimentos. Consumo. Pastos y Forrajes: 121-130.1984.
- García-Trujillo, R., y Pedroso, D. Alimentos para Rumiantes. Tablas de Valor Nutritivo. Ed. EDICA. La Habana, Cuba. 1989
- INEGI.1987.Síntesis geográfica,nomenclátor y anexo cartográfico del Estado de México.
- INEGI.1990.Cuatitlán Izcalli.Cuaderno de información básica para la planeación municipal.
- INRA. 1981. Alimentación de los Rumiantes. Edit. Mundi Prensa, Barcelona España.

- INRA. 1988. Alimentation des Bovins, Ovins, et Caprins. Institut National de la Recherche Agronomique. Paris, Francia.
- INRA. 1988. Tables de L'Alimentation des Bovins, Ovins & Caprins. Institut National de la Recherche Agronomique. Paris. Francia.
- INRA, 1984. Alimentation des Bovins. ITEB. Paris. Francia.
- Jarrige, C.R.; et al, 1986. The INRA "fill unit" system for predicting the voluntary intake of forage-based diets in ruminants: A review. J. Anim. Sci. 63: 1737-1758.
- Juárez, L.C. 1984. Contribución al programa de la cátedra de Zootecnia de Bovinos Productores de Leche. Tesis Licenciatura. FESC UNAM.
- Land. O. 1981. Dairy Production Guide. 12th edition. New York, USA.
- Palma, G.J.M. y Galina, M. 1991. Estimación del consumo de alimentación y Nutrición en Rumiantes. SARH-Colima; U. de Colima, 23-26.
- Palma, G.J.M. 1991. Las unidades empanzonantes como alternativas para evaluar el consumo en los rumiantes. pp 29-41. UNAM y U. de Colima, Memorias.
- Peraza, C. 1984. Analisis de los requerimientos nutricionales de las cabras lecheras en un sistema semiintensivo de las zonas semiáridas de México. Productividad caprina. FMVZ. UNAM. México: p.3-30.
- Peraza, C. 1987. Nutrición de la cabra lechera en agostadero. Seminario. III Congreso de la Asociación de Especialistas en Nutrición Animal, Cocoyoc Morelos.
- Ruiz, R. y Menchaca, M. 1990. Modelo matemático del consumo voluntario en rumiantes. 2 principios y métodos para estimar el consumo potencial de materia seca de los pastos y forrajes tropicales. Rev. Cubana de Ciencia Agrícola (Cuba), 24; 51-59.
- Soriano, J. 1980. Apuntes de Nutrición Animal. FES Cuautitlán, UNAM.
- Soest, P. Van.: Nutritional ecology of the Ruminant. O and B Books INC. Cervallis, OR. Oregon, USA. 1982.
- Xande, A., Garcia-Trujillo, R. 1985. Tablas de valor alimenticio de los forrajes tropicales en la zona del caribe. INRA-Guadalupe, Indio-Hutey, ICA, Cuba.

**ANEXO**

**Análisis Químico Proximal de los Forrajes**

Forraje	BH (%)	BS
<b>Heno de Avena:</b>		
MS.....	93.3	100
HT.....	6.5	0
PC.....	7.6	8.1
Cenizas.....	6.3	6.7
EE.....	6.3	6.8
FC.....	53.7	57.5
ELN.....	19.3	20.6

**Ensilado de maíz**

MS.....	21.9	100
HT.....	78.0	0
PC.....	1.9	9
Cenizas.....	1.6	7.3
EE.....	1.6	7.3
FC.....	13.9	63.5
ELN.....	2.8	12.7

**Alfalfa mas gramínea natural**

MS.....	26.3	100
HT.....	73.7	0
PC.....	3.0	11.7
Cenizas.....	3.0	11.6
EE.....	1.5	5.8
FC.....	16.5	62.7
ELN.....	2.1	8.0