



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**UTILIZACION DE DIFERENTES NIVELES DE FIBRA  
DETERGENTE EN LA ALIMENTACION DE BECERRAS  
HOLSTEIN EN CRECIMIENTO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A  
**BENJAMIN MARTINEZ CABRERA**

**A S E S O R:**  
DRA. MA. GUADALUPE BERNAL SANTOS



QUERÉTARO, QRO. 1994

No. Reg. H54014

TS

Class. 636.2085

1385u

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

UTILIZACION DE DIFERENTES NIVELES DE FIBRA DETERGENTE EN LA  
ALIMENTACION DE BECERRAS HOLSTEIN EN CRECIMIENTO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA: BENJAMIN MARTINEZ CABRERA

EXPEDIENTE: 30894-3

ASESORA: Dra. MA. GUADALUPE BERNAL S.

QUERETARO, GRO., MARZO 25 DE 1994

## DEDICATORIAS

A Dios por haberme permitido alcanzar esta meta

A mis padres Angelina y Pablo con mucho cariño  
y gratitud por el gran apoyo, y por el estímulo  
para seguir siempre adelante

A mis hermanos Gema, Angelina, Pablo, Rosalina y  
Blanca por su apoyo que he recibido siempre.

A mi novia Irma con mucho cariño y respeto  
por su gran comprensión.

A todos mis compañeros y amigos que junto con su  
amistad me ayudaron a lograr esta meta. En  
especial a mis amigos: Rubén, Lupillo, Mary,  
Eliás, Miguel y Adrián.

## DEDICATORIAS

A todos mis amigos de la dobla por su gran amistad.

A mis maestros y sinodales por su ayuda en la realizacibn de este trabajo.

A mi asesor Dra. Bernal por su gran ayuda y por estar siempre dispuesta a compartir con nosotros sus conocimientos.

## RESUMEN

Con el fin de examinar el efecto que tiene la concentraci3n de fibra detergente neutro (FDN) en el concentrado iniciador de becerras holstein de reemplazo durante sus primeras 8 semanas de vida sobre su crecimiento y la digestibilidad de las fracciones de la fibra se realiz3 el presente trabajo evaluando 5 concentraciones de FDN (%): 15, 18, 21, 24, y un concentrado comercial con 15.8% de FDN. Se utilizaron 45 becerras de 3 d1as de nacidas y con un peso inicial promedio de 37 kg, alojadas en corraletas individuales, donde permanecieron durante 8 semanas hasta el destete, a cada animal se le asign3 uno de los tratamientos de acuerdo a un dise1no de bloques al azar; la unidad experimental estuvo representada por el animal y el bloque se defini3 por la fecha de nacimiento. La alimentaci3n consisti3 de 4 litros de leche (8.3% del peso vivo en promedio), dividida en 2 tomas, adem1s recibieron concentrado iniciador (.47% del peso vivo en promedio) y heno de alfalfa molido (.43% del peso vivo en promedio) en proporci3n de 50:50. Los criterios de respuesta fueron: peso al destete (59.6 kg en promedio), ganancia diaria de peso (392g en promedio) , consumo de alimento (440.4gr en promedio), y conversi3n alimenticia (1.13 en promedio). Los resultados obtenidos de este trabajo muestran que no se observaron diferencias en las respuestas productivas de las becerras por lo que se puede recomendar el empleo de raciones altas en FDN.

## AGRADECIMIENTO

Se agradece al Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal (CeNIFMA) y a la Comisión Nacional de Mejoramiento Genético y Reproducción Animal, A.C. (CONAMEGRA), por el apoyo brindado para la realización de este trabajo en sus instalaciones de Ajuchitlan, Gro.

## INDICE

RESUMEN.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
INDICE.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	v
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
Desarrollo del rumen.....	3
Desarrollo del epitelio ruminal.....	4
Población Microbiana ruminal.....	10
Influencia de la composición del alimento seco.....	12
Influencia del tipo de alimento sobre la formación ruminal.....	16
III. MATERIAL Y METODOS.....	19
Prueba de comportamiento.....	19
Prueba de digestibilidad.....	22
Análisis de laboratorio.....	23
Análisis estadístico.....	23



IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	25
Ganancia diaria de peso.....	25
Peso inicial y peso final.....	25
Coeficiente de digestibilidad.....	25
Consumo diario de alimento.....	27
Eficiencia alimenticia.....	29
V.- LITERATURA CITADA.....	34

## LISTA DE CUADROS

3.1 Composición de los concentrados iniciadores.....	21
4.1 Ganancia diaria de peso, peso inicial y peso final.....	26
4.2 Coeficiente de digestibilidad y consumo diario.....	28
4.3 Eficiencia alimenticia .....	30

## I. INTRODUCCION

Con mucha frecuencia en las explotaciones de hatos lecheros, se observa que los becerros machos son desechados poco despues del nacimiento con el objeto de poder aprovechar la leche para el consumo humano. En el caso de las becerras, la situacón es diferente, y es necesario criarlas para disponer de reemplazos, habiéndose desarrollado diversas técnicas de destete con las cuales se pueden criar a las becerras con cantidades reducidas de leche sin que se interfiera con el volumen de venta de la granja (Butterworth 1971, citado por Osornio 1974).

El principal objetivo durante la crianza, es el de hacer llegar a la becerria al destete con el rumen funcional de tal manera que pueda mantenerse exclusivamente con alimento sólido a la menor edad posible. La leche o dieta líquida se suministra por un período limitado hasta que la becerria consuma una cantidad suficiente de dieta sólida que le permita crecer sin depender de los nutrimentos aportados por la leche o algún sustituto.

Al igual que en los rumiantes adultos, el consumo voluntario en animales jóvenes, está relacionado con la concentracibn de fibra detergente neutro (FDN) en la dieta. Por lo tanto, para la formulacón de la dieta sólida de becerras en crianza, debe de considerarse el nivel de FDN puesto que su contenido determina la aceptacibn y el nivel de consumo por el animal (Porter, 1973; Turk, 1986).

Existen pocos estudios en los que se halla evaluado el nivel de FDN en el alimento iniciador y su efecto sobre la ganancia de

peso durante la fase de crianza de la becerria. En el presente estudio, se evaluó el efecto de ofrecer diferentes niveles de FDN en la dieta de iniciación, sobre el peso al destete, el consumo de materia seca y la eficiencia alimenticia de becerrias durante la etapa de crianza.

## II. REVISION BIBLIOGRAFICA

### Desarrollo del rumen

El consumo natural de la dieta sólida por la becerro de reemplazo, se incrementa con la edad, iniciándose un proceso de substitución por una menor ingestión de leche. El iniciador debe proporcionar una buena concentración tanto de proteínas de buena calidad como de energía proveniente de almidones y de fibra. La fermentación ruminal debe ser estimulada mediante el uso de concentrados y forrajes que pueden suministrarse por separado o como una dieta integral. El tipo de fibra ofrecida, tiene un efecto importante en el desarrollo del rumen y como consecuencia en la respuesta de crecimiento de la becerro (Huber et al., 1984; Kincaid, 1980; Kang and Leibholz, 1973).

La limitante de mayor importancia en el tiempo para el destete de la becerro, es el crecimiento funcional del rumen. La becerro al nacimiento tiene sus cuatro compartimentos gástricos sin embargo, únicamente el abomaso es funcional, indicando que durante los primeros días de vida, se comporta como un monogástrico. En el recién nacido, el rumen, el omaso y el retículo tienen el 30% de la capacidad del estómago verdadero (abomaso), mientras que en el adulto, el abomaso ocupa un 7% de la capacidad digestiva total (De Alba, 1971). El rumen en los primeros días de vida no tiene actividad microbiana, y por lo tanto es difícil que se asimilen alimentos sólidos, por lo que se depende básicamente de la leche, o sustituto de la misma para su sostenimiento. Esta leche sobrepasa el rumen a través de la canaladura esofágica

proporcionando los nutrimentos necesarios para su crecimiento durante las primeras semanas de vida (Annison y Lewis, 1966; Orskov 1972, citado por Van Soest, 1982). El consumo de la dieta sblida (forrajes, concentrados, etc.) permite que el rumen se desarrolle de tal forma que pueda estar capacitado para la digerir este tipo de alimento, que se logra a la 3a b 5a semana de vida (Osornio, 1974). La razbn por la cual se realiza el destete entre la cuarta y quinta semana de edad en adelante, se debe a que antes de este periodo, el rumen no posee la capacidad de digerir la proteina ni la fibra vegetal (De Alba, 1971). Una vez pasada la quinta semana de edad se puede considerar a la becerro apta para realizar las funciones digestivas necesarias que no la hagan dependiente de la dieta liquida. Caracterizan a este cambio de funciones un incremento rapido en el tamaño y en la capacidad del estbmago (rumen, reticulo y omaso) en relacion a otros brganos del tubo digestivo (Huber, 1969, citado por Lopez, 1978).

#### Desarrollo del epitelio ruminal

La alimentacion de becerros durante sus primeras semanas de vida tienen como objetivo principal, el funcionamiento ruminal, para llevarlas a un peso corporal y a una condicibn fisica que permitan que al momento del destete no se originen enfermedades, desórdenes digestivos, ni retraso en su crecimiento. Las funciones fermentativas del rumen deben ser desarrolladas, para poder retirar el alimento liquido al menor tiempo posible y en el momento en que el rumen sea suficiente en la produccibn de

nutrimentos a partir de los alimentos sólidos del que dependerá totalmente, a partir de ese momento.

Como se ha expuesto anteriormente, al nacimiento, el retículo y el rumen tienen una menor capacidad en relación al abomaso, pero estos órganos se desarrollan pronto y cuando el animal tiene seis meses de edad, los diversos compartimentos del estómago han adoptado las mismas relaciones entre sí que en el adulto (Dukes, 1981). La velocidad de desarrollo del rumen, omaso y abomaso está influenciada por el tipo de dieta del animal. En explotaciones extensivas, los terneros empiezan a morder las hierbas a los 10 a 14 días del nacimiento y comen cantidades considerables cuando tienen unas 4 semanas de edad. Bajo estas circunstancias, el desarrollo del rumen y omaso es más rápido que cuando los animales subsisten únicamente con leche (Dukes, 1981). El desarrollo de la pared ruminal depende de la estimulación de los ácidos grasos volátiles (AGVS) y si el becerro es mantenido solamente con una dieta de leche, el desarrollo del rumen se retarda, aunque el goteo de leche en el rumen fomenta un tipo de fermentación de ácido láctico con una pequeña producción de AGVS (Orskov, 1972, citado por Van Soest, 1982).

El revestimiento del rumen es un epitelio estratificado papilar, existiendo papilas rudimentarias en los animales muy jóvenes. El crecimiento de las papilas se realiza paralelamente con el principio de la fermentación en el rumen, su desarrollo normal depende de la ingestión de sustancias de rápida fermentación como pastos y concentrados (Annison, 1966).

El rumen maduro está cubierto en sus paredes de papilas, las cuales asisten el proceso de homogeneización, desintegración y el transporte de productos de la acción microbiana (AGV) al complejo sistema sanguíneo que abastece al rumen (Barnet, 1961, citado por Osornio, 1974).

Las papilas ruminales han sido descritas en una gran variedad de formas, y los factores que estimulan el crecimiento son el propionato y el butirato (Sander et al 1959, citados por McGavin y Morrill, 1976).

Por su parte McGavin y Morrill (1976) indican que la ingestión de alimento tosco favoreció el desarrollo de las papilas en forma de lengua y con una capa delgada de paraqueratina, sin embargo en la ausencia de alimento tosco las papilas llegaron a cambiar en forma de dedo, cónica o enramada para formar grupos. En becerros alimentados con alimento tosco, numerosas papilas en forma de lengua obscurecieron los pliegues ruminales, y por lo contrario, en becerros alimentados únicamente con concentrado, pequeñas papilas nodulares enramadas fueron formadas a través de estos pliegues; de esta manera, la ración no indujo a la formación de pliegues, pero únicamente causó el desarrollo de la papila, la cual, o se disfrazó o acentuó su prominencia.

Nockels et al. (1966, citados por McGavin y Morrill, 1976), atribuyeron los cambios en el patrón de crecimiento, características histológicas y contenido mineral de las papilas ruminales a los 5 factores siguientes: (1) diferencias en la clase o cantidad de AGVs producidos, (2) PH del fluido ruminal, (3) posible cambio en la habilidad del epitelio para usar los



ácidos, (4) factor-crecimiento y producción en el rumen, y (5) contenidos minerales de la ración. Estos autores sugirieron que la irritación local de la pared ruminal resultó de la rápida producción ácida y dependiendo de la severidad de la irritación, las papilas se perdieron o crecieron en direcciones o tallas inusuales.

Aunque un concepto unificado para explicar completamente qué factores afectan el desarrollo ruminal del epitelio, no puede ser posible en este momento, ciertos factores parecen aparentes, incluyendo factores metabólicos, pero no únicamente el propionato y butirato, son necesarios para estimular el crecimiento. En conclusión se requiere la ingestión de un alimento sólido, para prevenir la acumulación excesiva de queratina, residuos de alimento y pelo sobre la superficie de la mucosa ruminal y también para prevenir el crecimiento de agrupaciones papilares anormales (McGavin y Morrill, 1976).

Los rumiantes mantenidos con dietas lácteas durante períodos prolongados no desarrollaron papilas de tamaño normal (Warner y Flatt, 1965, citados por Duker, 1981). La estimulación mecánica del rumen de los animales alimentados con leche, mediante la inserción de esponjas plásticas, no causó el desarrollo papilar. La inclusión de una dieta purificada, soluciones de sales de sodio y ácidos láctico, butírico, propiónico y acético fueron dadas durante períodos de doce semanas. Los rúmenes de los becerros que recibieron la dieta purificada o las soluciones de los ácidos grasos con o sin esponjas mostraron un desarrollo marcado. Estos datos confirman la opinión de que los productos

de la fermentación del rumen (AGV) son los que estimulan el desarrollo papilar del rumen (Flatt et al., 1958, citado por Bueno, 1969; Duker, 1981).

Se ha establecido que los ácidos grasos volátiles, representan una importante fuente de energía para el huésped. La cantidad y proporción de los ácidos grasos volátiles producidos es variable, dependiendo de la naturaleza de la dieta, el tiempo después de alimentarse y la edad del animal (Warner y Flatt, 1965; Osornio, 1974). El orden descendente de abundancia de los principales AGVS es: acético, propiónico, butírico, isobutírico, valérico, isovalérico y vestigios de varios ácidos superiores. Las proporciones de los ácidos volátiles son marcadamente influenciadas por la dieta y el estado metanogénico de la población ruminal. El ácido láctico es importante cuando se encuentra almidón en grandes proporciones dentro de la dieta y el mismo es fermentado a acetato, propionato y butirato. Aparece solamente como un producto pasajero 1 a 2 h después de la fermentación (Van Soest, 1982).

La concentración de AGVS ruminales es regulada por un balance de producción y absorción, y la efectividad para estimular el desarrollo papilar es mayor con butirato, seguido por el propionato, y por último por el acetato; este es el orden en que se conoce son metabolizados por el tejido de la pared ruminal (Giesecke, 1970, citado por Van Soest, 1982).

El movimiento y mezclado del contenido ruminal, favorece el desdoblamiento de los alimentos, facilitando la flotación de las partículas toscas y permite que tengan acceso al proceso de

ruminación. Las dietas de heno producen contenidos ruminales de una capa densa que flota debajo del domo de gas en un contenido relativamente líquido y en donde la fibra se encuentra en suspensión. El proceso de fermentación comprende la digestión y rumia del alimento, tendiente a reducir el tamaño de la partícula; las partículas de fibra se diluyen en el líquido y tienden a irse al fondo, las partículas que se encuentran en el piso del rumen y que tienen una gran densidad son las seleccionadas para pasar al omaso (Van Soest, 1982). En dietas de alta calidad se disminuye la estera flotante que se puede lograr también con el concentrado y su empastillado; el contenido del rumen de animales que comen concentrado es generalmente más viscoso que el de aquellos que únicamente reciben forraje. La viscosidad puede afectar el mezclado de líquidos y la difusión de los AGV a través de la pared ruminal. El fluido ruminal tiene la cantidad más baja de materia seca cuando la dieta es de forraje tosco.

El desarrollo muscular y papilar, la habilidad absorptiva y la población microbiana son las características que debe poseer un rumen funcional. La presencia de un alimento sólido y los productos de la fermentación (AGV'S) son los factores responsables del desarrollo del rumen (Morrill, 1991). En los primeros días de vida el becerro va adquiriendo paulatinamente su flora microbiana característica. La flora ruminal es la encargada de realizar la actividad metabólica ruminal, lo cual una vez establecida, activa la producción de AGV'S (Osornio, 1974). La flora ruminal se adquiere por medio de alimentos, el agua y el

contacto con otros animales. La flora ruminal está compuesta principalmente de bacterias y protozoarios (Annison y Lewis, 1966). El número total de bacterias en el rumen y los tipos que predominan en un momento dado dependen de la naturaleza de la dieta del huésped (McDonald et al., 1969).

#### Población microbiana ruminal

En el rumen existe una multitud de microorganismos, cada grupo desarrolla diferentes funciones de tal suerte que los complejos de carbohidratos pueden ser convertidos en ácidos orgánicos utilizables por el animal. Las bacterias se adhieren a partículas de forraje y gradualmente desprende el material digestible (Orskov, 1989), debido a esto pueden utilizar en su nutrición materiales celulósicos tales como pastos, heno, ensilados y pajas.

Existe una excelente división del trabajo entre microorganismos y el animal, lo cual asegura que los primeros no utilicen todo el alimento, esto es posible porque los microorganismos no utilizan oxígeno para la fermentación, por esta razón, aquellos sólo pueden producir ácidos orgánicos tales como acético, propiónico y butírico. El propio animal absorbe estos ácidos y los utiliza con la ayuda de oxígeno (Orskov, 1989).

Las bacterias y protozoarios del rumen viven sobre los alimentos que digiere el animal y causan extensos cambios químicos. La velocidad a la que fermentan los glucidos en el rumen varía de acuerdo a su disponibilidad. Independientemente de la complejidad de los glucidos ingeridos, los compuestos finales de

INSTITUTO GENERAL U.A.C.

la fermentación son mezclas simples de ácidos grasos volátiles y bicarbonato de carbono. En los animales que se alimentan con heno y otros forrajes se produce ácido acético que suele representar del 60 al 70%, el propiónico, del 15 al 20%, y el butírico, del 10 al 15% (Dukes, 1981). Las concentraciones de ácido propiónico en el rumen son mayores y las de ácido acético son menores cuando la dieta contiene grandes cantidades de azúcar soluble o de almidones y ocurre a la inversa cuando aumenta el forraje en la dieta (Dukes, 1981).

Las inoculaciones en la boca de animales jóvenes, colocando porciones de bolos regurgitados del rumen de animales adultos, ayuda a éstos en la adquisición de su flora y fauna normales. Los suministros tempranos de un forraje y de un concentrado iniciador confieren una ventaja similar (Dukes, 1967).

En becerros alimentados con sólidos, ocurre un rápido crecimiento de bacterias anaeróbicas, durante las tres primeras semanas de vida, no ocurriendo lo mismo en aquellos alimentados exclusivamente con leche (Huber, 1969). Conrad y Hibbs (1961, citados por Osornio, 1974), después de haber realizado varios experimentos de inoculación del rumen con microorganismos, tales como bacterias y protozoarios, llegaron a la conclusión de que las inoculaciones de contenido ruminal de vacas adultas, no tuvieron mejores resultados en el incremento de peso corporal que cuando se les suministró forraje y grano en relación 2:1. Por lo tanto, cuando se dispone de un forraje de buena calidad, la inoculación del rumen no es necesaria, siendo recomendable solamente cuando se les suministra un forraje de baja calidad.

Las ventajas de fermentación pregástrica es que el tamaño del estómago permite un tiempo de permanencia relativamente largo de los alimentos, de tal manera que aquellos que fermentan lentamente, pueden utilizarse; otra ventaja, la constituyen las células microbianas que han crecido como resultado del proceso de fermentación y consisten, en gran medida, de proteína la cual, junto con el líquido y pequeñas partículas, fluye al estómago verdadero (abomaso), convirtiéndose de esta forma en la fuente de proteínas más importante para los rumiantes (Orskov, 1989).

#### Influencia de la composición del alimento seco

Es muy importante, que el concentrado iniciador contenga glucidos de fácil fermentación, para que el propionato y el butirato, estimulen el crecimiento de las papilas ruminales (Browlee, 1956; Sander, 1959; y Warner, 1955, citados por Morrill, 1991).

Tamate (1962, citado por Osornio, 1974), comparó el efecto de varias dietas en el desarrollo anatómico del estómago en becerras. Evaluó tres grupos de dietas: 1) leche; 2) leche, forraje y grano; y 3) leche más varias sustancias tales como: ácido acético, esponjas, ácido propiónico y butírico, acetato de potasio, propionato de sodio. Colocándolas directamente dentro del rumen. Este autor encontró que las becerras alimentadas con leche exclusivamente mostraron un menor desarrollo papilar del rumen que los dos grupos restantes.

Sander et al. (1959, citado por Bueno, 1969), estudiaron el efecto del desarrollo de la masa ruminal utilizando doce becerras con cánula ruminal, las cuales fueron alimentadas con leche y se les suministró acetato de sodio, cloruro de sodio y glucosa durante 11 semanas. Con la administración de soluciones de butirato de sodio o propionato de sodio se manifestó un marcado desarrollo de la mucosa del rumen, en cuanto a los otros materiales solamente causaron un crecimiento pequeño, confirmando la hipótesis de que el crecimiento de las papilas del rumen es un resultado del metabolismo de los ácidos grasos volátiles.

Sutton et al. (1963, citados por Osornio, 1974) demostraron que la capacidad del rumen para absorber los ácidos grasos volátiles (AGV) es baja después del nacimiento y no hay cambio significativo durante los primeros seis meses, si son alimentados solamente con leche. Sin embargo la introducción de alimentos sblidos en la dieta, de los cuatro días a las dieciocho semanas, resulta en un marcado incremento de la absorción. Knox (1963; citado por Osornio, 1974), demostró in vitro que la habilidad de la mucosa para metabolizar AGV es baja en los recién nacidos, pero se incrementa rápidamente en becerros alimentados con dietas altas en alimentos sblidos.

La cantidad de fibra suministrada es muy importante, así como también el tamaño de la partícula que debe ser superior a 5 cm. Se han observado desarrollos anormales de las papilas cuando el concentrado carece de fibra o cuando la fibra ha sido molida finamente, de ahí la importancia de que no sólo la cantidad sino

el tamaño de la partícula de la fibra que se suministre provoca una producción adecuada de ácidos grasos volátiles (Cody et al., 1972; McGavin y Morrill, 1976).

Existen varias definiciones de fibra, pero la que pudiera definirla de manera más amplia es la que dice: "es un grupo de sustancias de origen vegetal, con estructura química y morfológica muy variable, resistente a las enzimas digestivas de los animales" (Robertson y Van Soest, 1985).

Desde el punto de vista nutricional, y para mantener un rumen funcional, las principales propiedades de la fibra son su voluminosidad, su capacidad de hidratación, capacidad de intercambio catiónico y su fermentabilidad, todas las cuales varían de acuerdo al tipo de planta o vegetal, a su estado fisiológico y a su grado de lignificación (Van Soest, 1982).

Los componentes de las paredes celulares de las plantas, o sea de la fibra son: A) la fracción glucídica: en la cual está la celulosa, la hemicelulosa y la pectina, y B) la fracción no glucídica constituida por la lignina, la cutina, proteína y minerales (Robertson y Van Soest, 1985).

La cantidad total de fibra alimenticia puede ser cuantificada por varios procedimientos, uno de los cuales, que es el más sencillo y que tiene más bases nutricionales, es el de las soluciones detergentes. El método usa un sistema de soluciones a partir de un detergente neutro y otro a partir de un detergente ácido. La solución neutra, que utiliza al detergente sulfato de lauril sódico, disuelve al contenido celular y la pectina



dejando como residuo la pared celular que contiene a la celulosa, la hemicelulosa, la lignina y la cutina, todo lo cual se conoce como Fibra Detergente Neutro (FDN). La solución ácida utiliza al bromuro de cetiltrimetilamonio, con la cual además de disolver al contenido celular y a la pectina, disuelve a la hemicelulosa, dejando como residuo a la fracción menos fermentable de la pared celular, la cual contiene a la celulosa, la lignina, la cutina y algunos minerales; a esta fracción se le conoce como Fibra Detergente Acido (FDA) (Robertson and Van Soest, 1985).

La concentración de FDN, a diferencia de la de FDA, o de la fibra cruda, estimula la rumia y consecuentemente estimula la producción de saliva, el mezclado ruminal, y amortigua de esta manera el pH ruminal. A mayor contenido de FDN en la ración, mayor es el tiempo de rumia. Por otro lado, de los constituyentes del alimento que comúnmente se analizan, la FDN es la fracción que más se relaciona con el consumo debido a su voluminosidad, a la densidad de sus partículas, y porque es el componente que desaparece del rumen más lentamente. La digestibilidad de la FDN es muy variable debido a las diferentes proporciones de lignina, la cual limita o inhibe la digestibilidad de las otras fracciones de la pared celular (Robertson y Van Soest, 1985).

Estudios realizados con becerras alimentadas con diferentes proporciones de leche e iniciadores comerciales han demostrado el beneficio de reducir el nivel de leche sobre el desarrollo funcional del rumen, y ese beneficio es aún mayor si se ofrece a libertad un forraje tosco y de buena calidad (Huber et al., 1984; Kang y Leibholz, 1973; Kincaid, 1980).

En una investigación de nutrición de becerros en la estación experimental de Ohio, observaron que un sistema de alto consumo de forraje estimula el desarrollo de la función ruminal, incluyendo el aumento de microorganismos para su debida digestión (Conrad y Hibbs, 1953, citados por Osornio, 1974).

### Influencia del tipo de alimento sobre la formación ruminal

El alimento seco debe proveer suficiente volumen para estimular un incremento en la capacidad del rumen. En un estudio se observaron solamente un pequeño incremento en la capacidad del rumen, en proporción al peso vivo, en becerros alimentados solamente con leche hasta la doceava semana de edad. Estos investigadores también observaron que las papilas del rumen no se desarrollaron en aquellos becerros alimentados sólo con leche (Tamate, 1962, citado por Morrill, 1971).

Warner et al. (1961, citado por Bueno, 1969) También demostraron que las dietas que contenían concentrados y forrajes estimularon mayormente el desarrollo de las papilas del rumen que cuando se suministró únicamente leche.

También se ha visto que al incrementar la concentración de FDA proveniente de la alfalfa, comparada con la de paja de trigo en raciones para becerras de 5 a 11 semanas de edad, las ganancias de peso y los consumos son mejores con la alfalfa, lo cual demuestra que también el tipo de fibra ofrecido debe ser tomado en cuenta (Leibholz, 1975).

Stobo (1966, citado por Bueno, 1969), estudió los efectos

de dietas que contenían diferentes proporciones de forraje:concentrado sobre el desarrollo del rumen, encontraron que el volumen del retículo-rumen tendió a incrementarse al aumentar la proporción del forraje en la dieta. En otro trabajo utilizando un total de 59 becerras alimentadas con una dieta a base de leche, forraje a libertad y un iniciador de becerras, las cuales fueron sacrificadas a diferentes edades desde los 8 días hasta las 16 semanas, encontraron un aumento pronunciado en los tejidos del rumen ocurriendo esto entre los 32 y los 42 días de edad.

La magnitud en que se deprime la digestibilidad depende del estado físico del forraje. Si la fibra se muele o peletiza, la digestibilidad puede en ocasiones reducirse a la mitad debido a que las partículas pasan rápidamente por el rumen. La presencia de concentrado en la ración reduce la velocidad fermentativa bacteriana de la celulosa. La disminución del consumo de forraje por la presencia de concentrado es mayor con partículas grandes y aun más con forrajes de baja calidad (Orskov, 1989).

El ofrecer forraje en la dieta es beneficioso para incrementar la producción de saliva y el mantenimiento de la acidez en el rumen fuera de niveles peligrosos. Si el PH es de 5.4 o menos, la capa epitelial del rumen se daña provocándose inflamación y erosión (Orskov, 1989).

Harrison et al. (1960, citados por Osornio, 1974) encontraron que las becerras que consumieron una dieta con una proporción forraje:concentrado de 1:9 tenían las papilas del rumen de una mayor longitud y obtuvieron ganancias de peso más

rápidas.

El desarrollo de las funciones de la rumia en becerros se acelera al digerir forrajes toscos, algunas veces antes de cumplir un mes. Sin embargo, aún con henos de buena calidad no es posible obtener un consumo suficiente para el mantenimiento del animal, siendo necesaria la ayuda de un concentrado para lograr un desarrollo normal de la becerria. La mezcla de concentrado debe tener una gran variedad de ingredientes ya que van a ser utilizados por la becerria antes de que desarrolle la función de la rumia (De Alba, 1971, citado por Osornio, 1974).

Existen varios estudios que recomiendan el uso de mezclas de iniciadores como heno de alfalfa solo o en combinacibn con diferentes proporciones de grano (Bartley, 1973; Hibbs et al., 1956, citado por Morrill, 1991).

### III. MATERIAL Y METODOS

Este trabajo se llevó a cabo en el área de crecimiento de becerras perteneciente a la Comisión Nacional de Mejoramiento Genético y Reproducción Animal (CONAMEGRA), ubicado en el Km 1 de la carretera a Colón, Gro., en el poblado de Ajuchitlán, Gro.

Los análisis químicos de las muestras obtenidas así como los análisis estadísticos, se realizaron en el Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal (CeNIFMA) ubicado en el Km 1 de la carretera a Colón, Gro., en el poblado de Ajuchitlán, Gro. El trabajo tuvo una duración de 18 meses, y fue financiado por el CeNIFMA - INIFAP.

#### Tratamientos

El trabajo consistió de 5 tratamientos, los cuales se evaluaron a través de una prueba de comportamiento y otra de digestibilidad. A todos los animales se les suministró heno de alfalfa de buena calidad en una proporción de 50% del total de la ración y concentrado iniciador calculado de la siguiente manera: 1) testigo, con una concentración de 15% de FDN, 2) con 18%, 3) con 21%, 4) con 24% y el 5) fue un concentrado comercial con un 15.8 % de FDN. Todos los tratamientos fueron isoproteicos (18% proteína cruda).

#### Prueba de comportamiento

Se emplearon 45 becerras Holstein de dos días de nacidas, alojadas en corraletas individuales, donde permanecieron durante

8 semanas. Conforme fueron naciendo se fueron asignando al tratamiento correspondiente de acuerdo a una distribución de bloques al azar, siendo el criterio de bloque la fecha de nacimiento (Cochran y Cox, 1990). En total cada tratamiento contó con 9 animales. Al nacer, los animales recibieron el manejo acostumbrado en el establo, el cual se describe a continuación.

Después del nacimiento, la becerro permaneció un promedio de 2 días con la madre en el paridero, periodo durante el cual, la becerro consumió calostro a discreción. Posteriormente fue transferida a una corraleta individual de piso de cemento, previo pesaje inicial. Posteriormente se pesó cada 7 días hasta el destete que ocurrió a las 8 semanas.

Los ingredientes para elaborar los tratamientos fueron a base de: pasta de soya, sorgo molido, heno de alfalfa molido (2 cm), vitaminas, minerales y un poco de melaza. El iniciador comercial fue molido al mismo grado de finura que los tratamientos experimentales.

En el cuadro 3.1 se muestra la composición y los ingredientes de cada uno de los tratamientos experimentales.

### Alimentación

Las becerros fueron alimentadas con 4 litros de leche al día (8.3% del peso vivo), suministrada en biberón y dividida en dos tomas, una en la mañana y otra en la tarde. Además recibieron el concentrado iniciador y el heno de alfalfa molido (en criba de 2 cm.) en una proporción 50:50, los cuales se ofrecieron una vez al día por la mañana. El agua se ofreció a libre acceso en bebedero automático.

CUADRO 3.1 Composicibn de los concentrados iniciadores  
(% en base seca).

INGREDIENTES	NIVELES DE FIBRA DETERGENTE NEUTRO 1/				
	15% (control)	18%	21%	24%	15.8%2/ (comercial)
	1	2	3	4	5
Pasta de soya	25.3	22.5	19.3	16.2	----
Sorgo molido	64.4	54.3	44.3	34.1	----
Heno de alfalfa	----	13.0	26.2	39.3	----
Vitaminas y minerales	5.8	5.8	5.9	5.9	----
Melaza	5	4.4	4.3	4.4	----

ANALISIS QUIMICO(%)

Materia Seca	91.2	90.6	89.9	91.0	90.4
Proteína Cruda	18.04	18.086	18.040	18.01	18.18
FDN	34	32	34	36	15.8
FDA	9.5	12.7	15.6	22.5	8.2
Lignina	2.3	3.1	3.9	5.3	2.3

1/ Porcentaje de FDN pre-planeados.

2/ A base de cereales molidos, combinacion de pastas de oleaginosas, subproductos de cereales, subproductos alimenticios, agricolas e industriales, alfalfa deshidratada, melaza de caña de azucar, vitaminas y minerales, pero se desconocen las proporciones de los ingredientes.

Los animales pasaron por un período de adaptación al alimento de 5 días, iniciándose el período de prueba del día 6 de la recepción de las becerras hasta los 56 días de vida (8 semanas). Durante el período experimental, se llevaron registros diarios del alimento ofrecido y del rechazado para determinar el consumo individual del alimento, el de la materia seca y de los demás nutrimentos, así como para poder estimar la conversión alimenticia.

#### Prueba de digestibilidad de la materia seca.

Se estimó de manera indirecta por el método del índice, utilizando la lignina como marcador interno (Rodríguez y Llamas, 1990). El período de muestreo fue de 7 días, el cual se inició a los 50 días de edad de las becerras y terminó 6 días después al destetarse las becerras. Durante este período se midió el consumo voluntario individual haciéndose ajustes, para permitir solamente un 10% de rechazos. Diariamente se pesó y se muestreó el alimento ofrecido y rechazado tanto del forraje como del concentrado y se tomaron muestras de heces directamente del recto. Las muestras obtenidas tanto de alimento como de heces fueron secadas a 550C, y molidas en un molino Wiley con una criba de 2 mm. Posteriormente se analizaron químicamente para poder estimar el consumo de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa, hemicelulosa y lignina.



La digestibilidad de la materia seca se calcula de la siguiente manera:

$$CD \text{ MS} = 100 - \frac{(\%I \text{ en MS en A})}{(\%I \text{ en MS en H})}$$

CD = Coeficiente de digestibilidad

I = Indicador

MS = Materia Seca

A = Alimento

H = Heces

#### Análisis de laboratorio:

Las muestras del alimento ofrecido y del rechazado, así como el de las heces, se sometieron a los siguientes análisis:

Materia seca y proteína cruda por el método de Kjeldahl (AOAC, 1984). Fracciones de fibra y determinación de lignina por el método de Kleason (Robertson y van Soest, 1985).

#### Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en las dos pruebas, se analizaron por el método de los cuadrados mínimos para un diseño por bloques al azar, utilizando el paquete estadístico de SAS (1985). Las medias diferentes fueron comparadas por el método de Duncan (Cochran y Cox, 1990).

El análisis estadístico de los resultados se realizó de acuerdo al siguiente modelo para el diseño antes mencionado:

$$Y_{ijk} = w + t_i + B_j + E_{ijk}.$$

Donde:  $Y_{ijk}$  = representa la variable de respuesta.

$w$  = " " la media general.

$t_i$  = " " el efecto del tratamiento  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 5$ ).

$B_j$  = " " el efecto del bloque  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, 9$ ).

$E_{ijk}$  = " " el error experimental.

Las variables de respuesta que se evaluaron fueron: ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento, eficiencia alimenticia, peso inicial, peso al destete y digestibilidad de la materia seca.

#### IV.RESULTADOS Y DISCUSION

##### Ganancia diaria de peso

En el Cuadro 4.1 se muestra el promedio de la ganancia diaria de peso, obtenidas por los grupos experimentales.

Las ganancias diarias promedio fueron de 415.8 g. para el grupo con el tratamiento 1 que es el grupo control; de 431.0 g. en el grupo 2; de 329.2 g. en el grupo 3; de 416.6 g. en el grupo 4; y en el grupo con concentrado comercial fueron de 386.7 g., encontrándose diferencias no significativas entre el grupo 3 con el grupo 2 ( $P>0.5$ ).

##### Peso inicial y peso final

En el peso inicial se observó que en el grupo 1 fue de 38.1 kg.; para el grupo 2 de 36.1 kg.; en el 3 de 37.7 kg.; en el 4 de 38.3 kg.; y en el 5 de 36.0 kg.; no se encontraron diferencias significativas ( $P>0.7$ ) en cuanto al peso final, para el grupo 1 fue de 61.5 kg.; en el grupo 2 de 60.6 kg.; en el grupo 3 de 56.6 kg.; en el grupo 4 de 61.9 kg.; y para el grupo 5 de 58.3 kg., los cuales tampoco observaron diferencias significativas ( $P>0.9$ ).

##### Coeficiente de digestibilidad

En el coeficiente de digestibilidad de la materia seca se encontró que para el grupo uno fue de 99.05, para el grupo dos, 99.04; en el grupo tres, 99.07; en el cuatro, 99.0 y en el quinto, 99.2. encontrándose diferencias entre el grupo 4 con el grupo 5 ( $P>0.0001$ ).

CUADRO 4.1 Ganancia diaria de peso, peso inicial y peso final

VARIABLES	TRATAMIENTOS					$\bar{x}$	EE <sub>1</sub> /
	1a/	2	3	4	5b/		
	15%	18%	21%	24%	15.8%		

GDP

Total	415.8	431.0	329.2	416.6	386.7	392.0	28.1
2a semana	50.0	28.6	-35.7	0.0	57.1	-21.4	1.5
4a semana	414.3	385.7	321.4	407.1	371.4	392.9	28.3
6a semana	421.4	571.4	435.7	507.1	442.9	478.6	34.5

Peso

Inicial	38.1	36.1	37.7	38.3	36.0	37.3	1.4
Final	61.5	60.6	56.6	61.9	58.3	59.6	2.1

a/ = Control

b/ = Comercial

GDP = Ganacia diaria de peso

EE<sub>1</sub>/ = Error estándar: no se encontraron diferencias entre tratamientos (P > 0.1)

### Consumo diario de alimento

En relación al consumo de materia seca, en el cuadro 4.2, el grupo con el tratamiento control fue de 500.7 g.; para el grupo 2, 451.6 g.; el grupo 3, 371.2 g.; en el grupo 4, 466.3 g.; y el grupo 5, 412.0 g.; observándose diferencias no significativas entre el grupo 3 con el grupo 1 ( $P>0.5$ ). En el consumo de forraje se obtuvo que para el primer grupo fueron 242.9 g.; en el segundo grupo 219.1 g.; en el tercero, 175.7 g.; en el cuarto grupo 224.1 g.; en el quinto grupo 197.7 g., observándose diferencias no significativas nuevamente entre el grupo 3 con el grupo 1 ( $P>0.5$ ).

De acuerdo a lo indicado en el cuadro 3.1 se puede notar que los porcentajes de FDN que originalmente se plantearon antes de realizar el análisis químico, se observaron diferencias en las concentraciones, como se pueden apreciar en el mismo cuadro, esto probablemente se debe a que las mezclas no se realizaron debidamente, b que los ingredientes no contenían la concentración necesaria de nutrimentos que se emplearon al calcular las dietas. El consumo de FDN, en el grupo uno fue de 221.3 g.; para el grupo dos, 210.4 g.; el grupo tres, 158.4 g., para el grupo cuatro, 210.2 g.; y para el quinto grupo, 158.4 g. observándose diferencias no significativas entre el grupo 3 y 5 con el grupo 1, 2 y 4 ( $P>0.002$ ). En el consumo de concentrado no se encontraron diferencias significativas ya que para el grupo 1 fue de 257.9 g.; para el grupo 2 de 232.5 g.; en el 3 de 195.5 g.; en el 4 de 242.2 g.; y en el 5 de 228.6 g. ( $P>0.5$ ).

CUADRO 4.2 Coeficiente de digestibilidad y consumo diario

VARIABLES	TRATAMIENTOS					$\bar{X}$	EE <sub>1</sub> /
	1a/ 15%	2 18%	3 21%	4 24%	5b/ 15.8		
<u>Materia seca</u>							
Total	500.7	451.6	371.2	466.3	412.0	440.4	37.2
Forraje	242.9	219.1	175.7	224.1	197.7	211.8	16.9
Concentrado	257.8	232.5	195.5	242.2	214.3	228.6	22.9
<u>FDN</u>							
Total	221.3	210.4	158.4	210.2	158.4	192.6	15.7
Forraje	131.5	132.2	93.5	122.6	113.0	119.0	10.3
Concentrado	89.8	78.2	64.9	87.6	45.4	73.6	6.6
<u>CFDMS</u>	99.05	99.04	99.07	99.00	99.20	99.10	0.04

a/ = Control

b/ = Comercial

EE<sub>1</sub>/ = Error estándar: no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (P>0.1)

CFDMS = Coeficiente de digestibilidad de la materia seca

FDN = Consumo de fibra detergente neutro

## Eficiencia alimenticia

En cuanto a la conversión alimenticia no se encontraron diferencias significativas ya que para el primer grupo fue de 1.24; para el grupo dos de 1.03; para el grupo tres de 1.11; para el grupo cuatro 1.13; y para el quinto grupo de 1.06, ( $P > 0.4$ ).

CUADRO 4.3 EFICIENCIA ALIMENTICIA

---

VARIABLE	TRATAMIENTOS					$\bar{X}$	EE <sub>1</sub> /
	1 <sub>a</sub> /	2	3	4	5 <sub>b</sub> /		
	15%	18%	21%	24%	15.8%		
<u>Conversion alimenticia</u>	1.24	1.03	1.11	1.13	1.06	1.13	0.07

---

a/ = Control

b/ = Comercial

EE<sub>1</sub>/ = Error estándar: no se encontraron diferencias entre tratamientos (P > 0.1).



Como se puede apreciar a través de los resultados obtenidos, no hubo diferencias significativas en las variables, que se midieron, prueba de ello se observa en la conversión alimenticia, en donde el tratamiento 2 tiene la mejor conversión con 1.03 y el que le sigue es el tratamiento 5 (concentrado comercial) con 1.06 y si se aprecia el contenido de FDN de estos concentrados se puede observar que el tratamiento 2 tiene 32% y el tratamiento 5 tiene tan solo el 15.8%, esto indicaría que el nivel de FDN si tiene efectos significativos, pero si se observa el siguiente tratamiento que obtuvo mejor conversión con 1.1 es el tratamiento 3 y sin embargo tiene 34% de FDN, esto viene a desechar la hipótesis de que a mayor porcentaje de FDN se tendría una mejor conversión, lo cual coincide con los estudios de Warner y Flatt (1965) en donde ellos atribuyen el desarrollo papilar a la presencia de los AGVS, pero también es cierto que la presencia de alimentos toscos, o partículas grandes de fibra estimulan a que el rumen tenga un mayor tamaño como lo presentan los estudios de Dukes (1981) y Orskov (1989).

Lo que si es indispensable para lograr un desarrollo en el rumen, es que el animal consuma alimentos sólidos, ya que por un lado, son una fuente de obtención de la flora microbiana, de la cual dependerá posteriormente la digestión de los alimentos, y por otro lado para estimular el desarrollo papilar de acuerdo a la concentración de AGVS producidos por estos microorganismos al fermentar el alimento. El tamaño del rumen se encuentra más relacionado con el tamaño de la partícula de fibra, esto quiere decir que a mayor tamaño de la partícula de alimento, será mayor

el tamaño del rumen y por un lado es ventajoso este efecto, ya que se podrán aprovechar mejor los alimentos fibrosos como forrajes, ensilados, etc., como lo presenta Orskov (1989), quien describe que un estómago grande permite un tiempo de permanencia mayor a los alimentos, de tal manera que aquellos que son de fermentación lenta, puedan utilizarse, mientras que la desventaja es que partículas chicas escapan más pronto del rumen, esto podría presentarse en alimentos fibrosos que han sido molidos, y de esta forma afectaría la digestión de dicho alimento.

También se puede obtener un menor tamaño ruminal, acompañado de un buen desarrollo papilar, con una dieta no muy tosca pero rica en almidones y glucidos de fácil fermentación como lo presenta McGavin y Morrill (1976) en donde han observado que el desarrollo papilar y las características que estas presentan es dependiente del tipo de dieta. En el presente trabajo no se midió la capacidad ruminal, pero probablemente hubiera sido mayor al haber alto contenido de fibra en la ración. Lo mismo ocurre con la microflora ruminal descrito por Orskov (1989), es importante, que para obtener buenos resultados hay que someter a los animales a una etapa de adaptación al alimento, para que en este tiempo exista un buen desarrollo de la microflora especializada de acuerdo al tipo de alimento que se le ofrezca, y de igual forma se le de tiempo a la pared ruminal para obtener las características necesarias, para el mejor aprovechamiento de los alimentos. Lo anterior no quiere decir que la fibra salga sobrando, ya que es necesaria para cualquier tipo de alimento que se ofrezca a las becerras, puesto que una de sus principales características es la de evitar una acidosis en alimentaciones

ricas en concentrados. Por estas características es recomendable incluir en la dieta, cantidades suficientes de fibra sin descuidar los requerimientos proteicos, energéticos, etc., necesarios para el buen desarrollo del animal, como ya se observó en el presente estudio, otra finalidad es la de dar a conocer al ganadero, otras opciones de elaborar concentrados de acuerdo a la calidad que se necesite, sin estar dependiendo de los concentrados comerciales.

En vista de que el objetivo primordial de la recría es el de llevar a la becerro lo más sana posible a la etapa post-destete, sería interesante para estudios subsecuentes, el evaluar también el comportamiento productivo de las becerras después de destetadas para determinar si existe algún beneficio al incluir niveles altos de FDN en el iniciador durante el período de crecimiento, sobre todo en término de eficiencia ruminal.

## LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. 1984. Official methods of analysis. 14th ed. AOAC. Washington, D.C.
- Annison, E.F. y M.A. Dyfed Lewis. 1966. Metabolismo en el rumen. Edicibn en español, Edit. UTEHA. Mexico.
- Bartley, E.F. 1973. Effects of a self-fed pelleted mixture of hay and calf starter on the performance of young dairy calves. J. Dairy Sci. 56:817.
- Bueno, S.V. 1969. Aplicación de tres niveles diferentes de harinolina (10% / 20% / 30%) en raciones para destete precoz de becerras de reposicibn. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnolbgico de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, N.L.
- Cochran, W.G. y G.M. Cox. 1990. Diseños Experimentales. Segunda edicibn. Editorial Trillas, Mexico, D.F.
- Cody, Jr. R.E., J.L. Morrill, and C.M. Hibbs. 1972. Effect of dietary screened sawdust on health, feed intake, and performance of the bovine. J. Anim. Sci. 35:460.
- De Alba, J. 1971. Alimentación del ganado en América Latina. Segunda edición. La Prensa Médica Mexicana. Mexico, D.F.
- Dukes, H.H. 1967. Fisiología de los animales domésticos. Tercera Edición., Edit. Aguilar, S.A., Madrid, España.
- Dukes, H.H. y M.J. Swenson, 1981. Fisiología de los animales domésticos. Cuarta Edicibn., Edit. Aguilar, S.A., Mexico, D.F.
- Huber, J.T. 1969. Symposium: Calf Nutrition and Rearing Development of Digestive and Metabolic Apparatus of the Calf. J. Dairy Sci. 52:1303
- Huber, J.T., A.G. Silva, D.F. Campos, and C.M. Mathieu. 1984. Influence of feeding different amounts of milk on performance, health, and absorption capability of baby calves. J. Dairy Sci. 67:2957.
- Kang, H.S. and J. Leibholz. 1973. The roughage requirement of the early weaned calf. Anim. Prod. 16:195.
- Kincaid, R. 1980. Alternate methods of feeding alfalfa to calves. J. Dairy Sci. 63: 91.
- Leibholz, J. 1975. Ground roughage in the diet of the early-weaned calf. Anim. Prod. 20:93.

- López, A.J. 1978. Evaluación de algunos sistemas de alimentación y manejo en becerras Holstein para reemplazo en la comarca lagunera. Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, N.L.
- McDonald, P.R., A. Edwards and J.F.D. Greengalgh. 1969. Nutrición animal. Edit. Acriba., Zaragoza, España.
- McGavin, M.D. and J.L. Morrill. 1976. Scanning electron microscopy of ruminal papillae in calves fed various amounts and forms of roughage. Am. J. Vet Res. 37:497.
- Morrill, J.L. 1991. Concentrados iniciadores en becerras de reemplazo. Memorias del Curso Intensivo Internacional Sobre Producción de Leche. Montecillos, México.
- Orskov, E.R. 1989. La fermentación en el rumen. XII Reunión de la Asociación Mexicana de producción Animal Octubre 11-14, 1989, Montecillo, Edo de México, México.
- Osornio, D.C.G. 1974. Desarrollo anatómico y funcional del rumen en becerros estabulados por medio de un trasplante de flora ruminal. Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, N.L.
- Porter, J.C. 1973. The effect of fiber level and physical form of the concentrate on the growth and development of dairy calves fed no forage. Tesis de Maestría. Cornell University. Ithaca, N.Y.
- Robertson, J.B. and P.J. Van Soest 1985. Analysis of forage and fibrous foods. A Laboratory Manual for Animal Science 613. Cornell University. Ithaca, N.Y.
- Rodríguez, G. F. y G. Llamas. 1990. Digestibilidad, balance de nutrimentos, y patrones de fermentación ruminal. En: Castellanos, R.A., G. Llamas y A. Shimada. (Eds). Manual de Técnicas de Investigación en Rumiología. PAIPEME, México.
- SAS. 1985. SAS User's Guide, Statistis versión 5 editin. SAS Inst., Inc., Cary. NC.
- Turk, J.M. 1986. Effect of level and source of dietary fiber for rapidly growing lambs. Tesis de Maestría. Cornell University. Ithaca, N.Y.
- Van Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. O & B Books Inc. Corvallis, Oregon.
- Warner, R.G., and W.P. Flatt. 1965. Anatomical development of the ruminant stomach. In Physiology of digestion in the ruminant. R.W. Dougherty, (Ed). Butterworths, Washington, D.C.