

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON HARINA DE ASPERGILLUS, EN EL
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL GANADO HOLSTEIN.**

TESIS
QUE PRESENTA:

LUGO PEÑA ISMAEL

COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO UNIDAD LAGUNA
DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL.**

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON LA HARINA DE ASPERGILLUS, EN
EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL GANADO HOLSTEIN.**

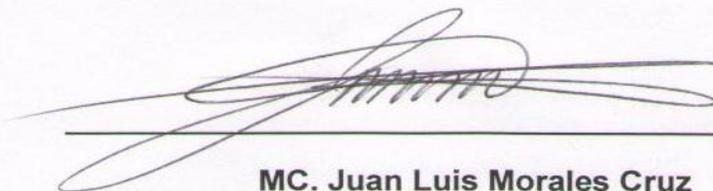
POR:

Ismael Lugo Peña

**Tesis que somete a consideración del H. jurado examinador y aprobada como
requisito parcial para obtener el grado de:**

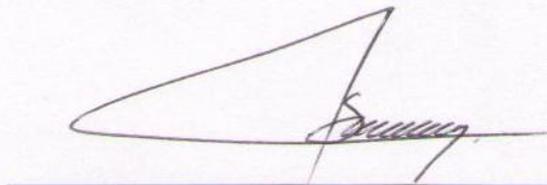
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobado por:



MC. Juan Luis Morales Cruz

Asesor.



MVZ. Rodrigo Isidro Simón Alonso



**Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal**

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Torreón Coahuila, México

Septiembre, 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

EFFECTO DE LA SUPLENTACIÓN CON HARINA DE ASPERGILLUS, EN EL
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL GANADO HOLSTEIN.

POR:

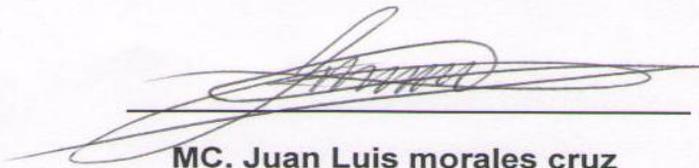
Ismael Lugo Peña

Tesis que somete a consideración del H. jurado examinador y aprobada como
requisito parcial para obtener el grado de:

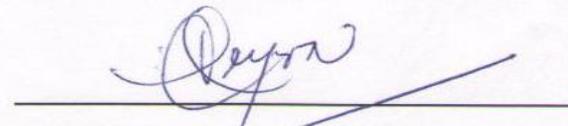
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

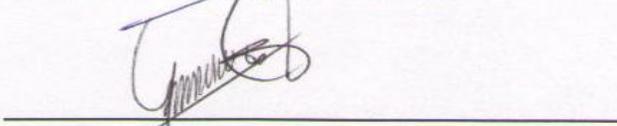
Presidente:


MC. Juan Luis Morales Cruz

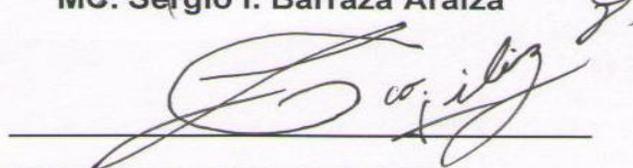
Vocal:

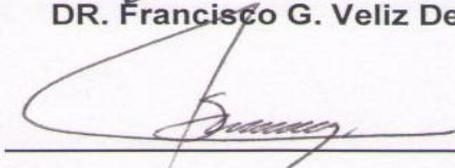

DR. Carlos Leyva Orasma

Vocal:


MC. Sergio I. Barraza Araiza

Vocal suplente:


DR. Francisco G. Veliz Deras


MVZ. Rodrigo Isidro Simón Alonso.



COORDINADOR DE LA DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL.
Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

ÍNDICE GENERAL.

DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
I.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	4
1.2 Hipotesis.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Principios básicos de la nutrición en vacas lecheras.....	5
2.1.1 Aspectos generales del sistema digestivo de la vaca.....	5
2.2 Comportamientos del estomago de la vaca y sus funciones.....	6
2.2.1 Tiempo de pasaje de la dieta.....	9
2.3 Fermentación retículo-rumen.....	9
2.3.1 Procesos digestivos y de absorción post-ruminal.....	10
2.4 El rumen y sus microorganismos.....	10
2.4.1 Bacterias.....	11

2.4.2 Hongos.....	15
2.4.3 Protozoos.....	16
2.5 Dinámica del rumen y la producción de saliva.....	17
2.5.1 Importancia de las contracciones ruminales.....	17
2.5.2 Funciones de la saliva.	18
2.6 Factores que afectan la actividad fermentativa del rumen y que alteran el PH ruminal.....	19
2.7 Productos finales de la fermentación y su utilización.....	21
2.8 Proceso de digestión de rumiantes.....	24
2.8.1 Carbohidratos.....	24
2.8.2 Proteínas.....	25
2.8.3 Lípidos.....	26
2.8.4 Minerales.....	27
2.8.5 Vitaminas.....	30
2.9 Probióticos.....	33
2.10 Prebióticos.....	34
2.11 Aspergillus.....	35
2.12 Aditivos prebióticos en el ganado lechero.....	37

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1 Localización del área de estudio.....	38
3.2 Descripción del manejo y de los animales a estudiar.....	38
3.3 Materiales utilizados.....	38
3.4 Diseño del experimento.....	38
3.5 Conformación de los grupos experimentales.....	39
3.6 Variables analizadas.....	39
3.7 Análisis estadístico.....	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
V. CONCLUSIONES.....	45
LITERATURA CITADA.....	46

DEDICATORIAS.

A MIS PADRES:

Por darme la oportunidad de vivir y porque en todo momento me han brindado su apoyo y cariño. Por haberse quitado el pan de la boca por tal de que sus hijos no sufrieran hambre, en especial yo.

Por haberme corregido cuando fue necesario, por forjar día con día la persona que ahora soy.

PAPÁ: Le dedico mi tesis como un premio que usted mismo ha ganado, por todo el esfuerzo diario que ha hecho. También le digo que no se sienta orgulloso solamente de mí, por ser el primer profesionista en la familia, sino de sus demás hijos ya que ellos también pronto serán profesionistas.

A MIS HERMANOS:

BEATRIZ, ANA ELVIA Y MAXIMILIANO.

Por permitirme ser parte de esta familia, por ayudarme en los momentos más difíciles de mi vida, por estar siempre dispuestos para ayudarme incondicionalmente.

A mis primos Juan, Fidel, Guillermo, José Antonio, José Uribe, Giovanni, Alexa, Víctor Hugo, Amir, Adán, Regina, Noemí, Aly, Mireya, Anastasio.

A todos mis tíos, maternos y paternos.

AGRADECIMIENTOS.

A MI ALMA, TERRA, MATER:

Por permitirme escalar un peldaño más en la vida, por ser mi segunda casa, por esto y más gracias.

A MI ASESOR M.C. JUAN LUIS MORALES CRUZ.

Por todo el apoyo a lo largo de mi formación profesional, por la paciencia durante la elaboración de mi tesis, por los conocimientos transmitidos, por su apoyo y confianza, gracias.

A MI JURADO:

M.C. Juan Luis Morales Cruz, Dr. Carlos Leyva Orasma, M.C. Sergio I. Barraza Araiza, por toda su dedicación y paciencia que tuvieron durante la revisión de este trabajo.

A TODO EL PERSONAL DEL ESTABLO GRANJA “MADERO”.

En especial al Ing. Leocadio Ojeda Araujo por darme la oportunidad de realizar mi trabajo y por todo lo aprendido.

A LA EMPRESA DISTRIBUIDORES AGROPECUARIOS ESCALONA S.A. DE C.V.

Al M.V.Z. Armando Rosales Castro, por brindarme el apoyo necesario para realizar mi tesis.

A MIS AMIGOS:

Pablo Francisco García, Cristian Lorenzo Sixto, Juan Luis Sánchez Callejas, María Florinda Álvarez Altunar, Roberto Wenceslao Ortiz, Franco Roberto Espinoza Delgado, Griselda Arroyo Rodríguez, Martín Martínez Eulogio, Luis Alfredo Ángeles Chávez, Uzuel Jahuey Tepetate, Antonio Castillo Martínez, Imelda Ventura García, Uriel Tepetate Jahuey, José Alfredo Lugo Peña, Katy Paola Mejía Labastida.

En especial a Deysí Apóstol Espinoza por el apoyo en la elaboración de mi tesis.

Por todos los buenos tiempos y momentos vividos, por su amistad gracias.

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Compartimientos del estómago de un rumiante.

Figura 2. Aparato digestivo de un bovino.

Figura 3. Variaciones de pH.

Figura 4. Producción promedio de los grupos sometidos al finalizar la prueba.

Figura 5. Consumo promedio de M.S. al finalizar la prueba.

Figura 6. Figuras comparativas de las características físico-químicas de la leche.

ÍNDICE DE CUADROS.

Tabla 1. Cuadro comparativo de ambos grupos con valores de inicio y término del experimento.

Tabla 2. Diferencias de consumo de M.S. de los grupos al inicio-término.

Tabla 3. Efectos de la harina de *Aspergillus* sobre la salud de los bovinos sometidos al estudio.

RESUMEN

Con el objetivo de valorar la producción y la salud de los bovinos de raza Holstein en la etapa lactante suplementando con la Harina de Aspergillus, evaluando la producción diaria, las características físico-químicas de la leche, el consumo de materia seca, morbilidad y mortalidad. Se analizaron los datos de 249 animales que durante el año 2011 fueron sometidos a experimentación. Dicha prueba se realizó en el establo localizado en la ciudad de Villa Juárez, Durango. Se formaron dos grupos: El grupo tratado con 117 bovinos en producción que recibieron 30 g./día/vaca de Harina de Aspergillus adicionados a la dieta propia del establo durante 42 días y un grupo testigo con 132 bovinos en producción. La alimentación para ambos grupos fue la misma. Las variables se analizaron por medio de un paquete SYSTAT Versión 10.0 de la siguiente forma. Para las variables con proporciones se realizó una prueba mediante un análisis de varianza general y por grupo una prueba de t de student. Los resultados indican que el uso de la Harina de Aspergillus durante la etapa de producción láctea, se observa mejora moderada en la producción, aunque con respecto a las otras variables no se observó ningún efecto.

Palabras clave: Alimentación, bovinos, lactación, prebióticos, Harina de Aspergillus, morbilidad.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo moderno, disponemos de una gran variedad de ingredientes alimentarios de origen vegetal, animal, microbiano, mineral y sintético para su uso en las dietas para animales. Aunque muchos de estos se usan sólo en pequeñas cantidades o en situaciones específicas, un mayor conocimiento de la nutrición ha permitido una utilización completa de muchos productos que en su momento no tuvieron valor comercial (Church et al, 2009).

El uso de antibióticos como promotor de crecimiento en la industria de la producción animal tiene dos principales finalidades en una mayor proporción con fines terapéuticos para mejorar la salud y en menor proporción como un fin profiláctico para mejorar el crecimiento (Dibner y Richards, 2005). La preocupación científica por la resistencia a los antibióticos en animales podría ser transmitido a los seres humanos en decremento a la salud (Casewell., *et al.* 2003).

Los cambios ocurridos recientemente en los sistemas de producción animal de los países pertenecientes a la Unión Europea (UE), en donde se prohibió el uso de avaporcina, bacitracina, espiramicina, tilosina, virgimicina; ha sido basada sobre un principio de precaución o del manejo del riesgo, donde no solo el factor científico ha sido el más determinante si no además, otros factores como análisis de riesgo-beneficio (Cepero, 2005).

Sin embargo, a pesar de los complejos equipos analíticos disponibles, una característica limitante es la utilización de alimentos, la dependencia en los valores analíticos publicados en textos de ingredientes no estandarizados. Los alimentos realmente pueden ser muy diferentes a lo esperado, en parte por las variaciones naturales al cosecharlos o cuando se elaboran y, en parte porque algunos componentes orgánicos, en especial vitaminas y ácidos grasos, pueden deteriorarse durante el tiempo que permanecen en almacenamiento (Church et al, 2009).

Otro factor importante es que en muchos casos los valores de digestibilidad son valores calculados, que pueden ser exactos. Por último, sin que sea menos importante, la utilización de un animal, sobre todo en los rumiantes, depende mucho del nivel de la alimentación por que la digestibilidad y el metabolismo corporal cambian al cambiar la cantidad de un nutriente en la dieta (Suarez et al, 2006).

Los aditivos alimentarios tienen funciones muy importantes en las dietas para animales modernas. Los antibióticos y otros compuestos antimicrobianos permiten un crecimiento más rápido y mejoran la eficiencia de la utilización de los alimentos. Las hormonas, incluidas ciertas hormonas esteroides y la somatotropina (hormona del crecimiento), utilizadas en el ganado vacuno y las ovejas, aumentan el índice de crecimiento y, en el caso de la somatotropina, aumenta la producción de leche (Santomá, 1999).

Una familia de agonista beta-adrenergicos, similar en estructura a la epinefrina, es importante para mejorar la magrez de los animales. Ninguno de estos compuestos de distribución de nutrientes ha sido autorizado por la FDA para su uso en los alimentos para los animales, pero son potencialmente útiles en el mejoramiento de la producción de carne magra de los animales para alimento. Otros aditivos se utilizan con fines específicos que van desde el control de parásitos internos y externos (antihelmínticos) en los animales, hasta el mejoramiento de la estabilidad de los comprimidos (aglutinantes para comprimidos) en los alimentos comprimidos (Church, et al, 2004).

La adición de antibióticos en la dieta a bajas dosis, produce riesgos de resistencia (Quigley *et al.* 1997). Para disminuir el uso de antibióticos promotores del crecimiento y mejoradores de la salud de los animales se han evaluado diversas alternativas naturales entre las cuales están los acidificadores, probióticos, prebióticos, enzimas y oligosacáridos (Santomá, 1999).

Los probióticos son preparaciones de un producto que contienen microorganismos variables en suficiente número, los cuales provocan efectos beneficiosos sobre la salud del mismo (Schrezenmeier y De Vrese, 2001).

El uso de promotores para la producción animal representa una herramienta con beneficios importantes en vacas en producción. Dichos promotores incluyen a la harina de *Aspergillus* y cultivos de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), (Ayala y Oseguera *et al.* 2001).

Gibson y Roberfroid (1995) introdujeron el termino prebiótico para describir los suplementos alimenticios que no son digeribles y que generan efectos benéficos para la salud, al estimular selectivamente el desarrollo o la actividad de una o varias bacterias en el tracto intestinal.

Para que un ingrediente alimenticio pueda ser clasificado como prebiótico, debe cumplir con algunos requisitos básicos, como el no ser hidrolizado o absorbido por el tracto intestinal, debe además constituir un sustrato selectivo para una o varias bacterias benéficas habitantes del tracto intestinal, estimulando la proliferación y el metabolismo de las mismas, el aumento en la actividad de la microbiota intestinal y la producción de sus metabolitos que ejercen un efecto adverso sobre las bacterias, potencialmente patógenas. Además, debe ser benéfico para el individuo (Ayala y Oseguera *et al.* 2001).

La principal función de los prebióticos es servir como sustrato a los microorganismos benéficos específicos del tipo de los prebióticos lo cual permite que se establezcan y perduren en el tracto gastrointestinal la mayor parte de la vida productiva (Collins y Gibson, 1999).

1.2 OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el efecto del consumo de la harina de Aspergillus sobre el consumo de alimento, la producción de leche y la salud del ganado lechero.

1.1 HIPÓTESIS.

La adición de Harina de Aspergillus mejora el desempeño productivo y la salud del ganado Holstein.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1 Principios básicos de la nutrición en vacas lecheras.

2.1.1 Aspectos generales del sistema digestivo de la vaca.

De los cuatro compartimientos del estómago, el rumen es el de más importancia cuya función básica es realizar una digestión fermentativa por acción de la actividad microbiana. Los insumos alimenticios, especialmente los pastos y forrajes son transformados en nutrientes esenciales para el animal. En condiciones normales el rumen de una vaca se mantiene en estado dinámico gracias a la presencia de miles de millones de microorganismos (Calsamiglia et al, 2005).

Una de las grandes preocupaciones de los especialistas en alimentación y nutrición es mantener la estabilidad de la flora microbiana.

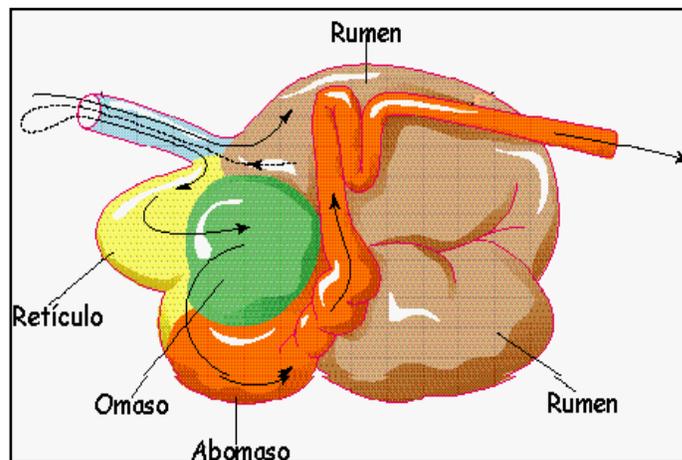


Figura 1. Compartimientos del estómago de un rumiante.

Una vez que la alimentación ha sido consumida, viaja por el esófago al rumen y al retículo, que son los primeros dos compartimientos del estómago del rumiante. La rumia sucede a causa de las constantes contracciones del rumen-retículo que mueve la masa de alimentos hacia adelante hasta entrar en contacto con la abertura posterior del esófago. La masa de alimento regresa al esófago donde es remasticada (Church y Pond, 2002).

Los rumiantes adultos gastan hasta ocho horas o más cada día en rumiar su alimentación para reducir el tamaño de las partículas (Shimada, 2009).

2.2 Comportamientos del estómago de la vaca y sus funciones.

Funciones:

La rumia (destrucción de partículas) y producción de saliva (amortiguadores):

- La rumia reduce el tamaño de las partículas de fibra y expone los azúcares a la fermentación microbiana.
- Cuando un vacuno mastica de 6 a 8 horas por día (dieta rica en fibras) produce de 160 a 180 litros de saliva, pero menos de 30-50 litros si la rumia no es estimulada (demasiado concentrado en la dieta).
- Los amortiguadores en la saliva (bicarbonato y fosfato) neutralizan los ácidos producidos por la fermentación microbiana, manteniendo un pH neutral que favorece la digestión de la fibra y el crecimiento de microorganismos en el rumen (Shimada, 2009).

Rumen-retículo.

Capacidad: representan del 81 al 87% de la capacidad total del estómago.

Funciones:

- Retención de partículas largas de forrajes que estimulan la rumia.
- La fermentación microbiana produce:
 - 1) Ácidos grasos volátiles (AGV) como producto final de la fermentación de la celulosa, hemicelulosa y otros azúcares
 - 2) Una masa de microbios con alta calidad de proteína.
 - 3) Absorción de AGV a través de pared del rumen.

- 4) Los AGV son utilizados como la fuente principal de energía para la vaca y como precursores de la grasa de la leche (triglicéridos) y azúcares en la leche (lactosa).
- 5) Producción de hasta 1000 litros de gases cada día, que son eructados (Shimada, 2009).

El retículo y rumen son los primeros pre-estómagos de los rumiantes. El contenido del retículo es mezclado con el del rumen casi continuamente (una vez por minuto). Ambos estómagos comparten una población densa de microorganismos (bacterias, protozoos y hongos) y frecuentemente son llamados el "retículo-rumen", considerándolos una unidad funcional (Nava y Díaz, 2001).

El rumen es un recipiente de fermentación grande que puede contener de 100 a 120 kg de materia en digestión, (Shimada, 2009). Las partículas de fibra se quedan en el rumen de 20 a 48 horas porque la fermentación bacteriana es un proceso lento. El retículo es una intersección de caminos donde las partículas que entran o salen del rumen son separadas. Solo las partículas que tienen un tamaño pequeño (<1.2 mm) o son densos (>1.2 g/ml) pueden continuar al tercer pre-estómago, el omaso (Church y Pond, 2002).

Este es el órgano que permite a los rumiantes obtener energía de los alimentos con mucha fibra. Los productos finales de la fermentación son absorbidos hacia la corriente sanguínea a través de las paredes del rumen. Algunos productos finales de fermentación se absorben también en el omaso, pero la principal función de este órgano parece ser la absorción de agua (Shimada, 2009).

Omaso o libro.

Capacidad: representa del 10 al 14% de la capacidad total del estómago.

Funciones:

- Absorción de agua, sodio, fósforo y AGV (residuos) (Shimada, 2009).

El tercer pre-estómago u omaso se parece en forma y tamaño a una pelota de fútbol y tiene una capacidad de aproximadamente 10 kg. El omaso es un órgano pequeño que tiene una alta capacidad de absorción. Permite el reciclaje del agua y minerales tales como sodio y fósforo, que luego de pasar a la sangre pueden retornar al rumen a través de la saliva. El omaso no es esencial, pero es un órgano de transición importante entre el rumen y el abomaso, que tienen modos muy diferentes de digestión (Nava y Diaz, 2001).

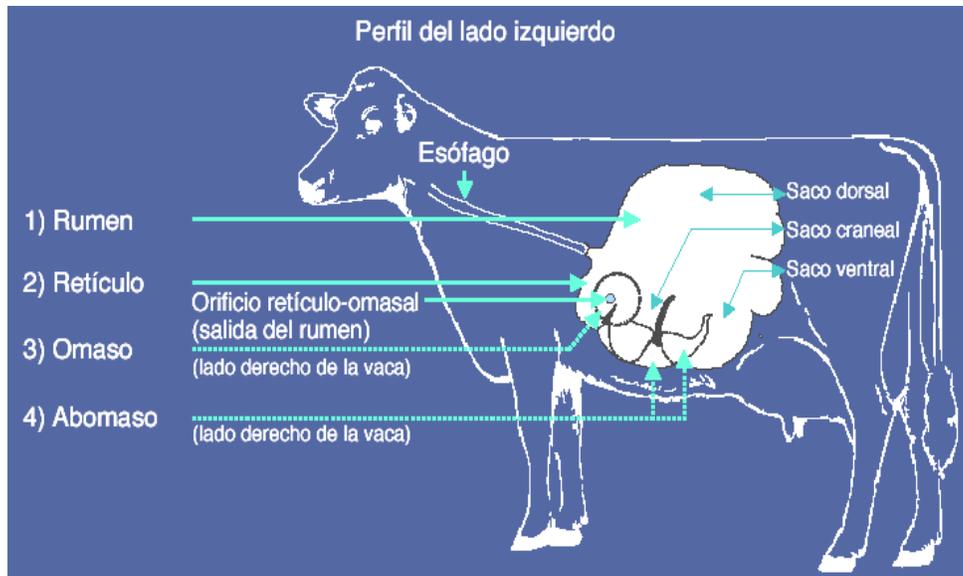


Figura 2. De Cullison & Lowry,(1987).Aparato digestivo de un bovino.

Abomaso o estómago verdadero.

Capacidad: representa del 3 al 5% de la capacidad total del estómago.

Funciones:

- Secreción de ácidos y enzimas digestivas.
- Digestión de alimentos no fermentados en el rumen (algunas proteínas y lípidos).
- Digestión de proteínas bacterianas producidas en el rumen (0.5 a 2.5 kg por día) (Shimada, 2009).

El cuarto estómago es el abomaso; se parece en sus funciones al estómago de los animales monogástricos. Secreta ácidos fuertes y muchas enzimas digestivas. Normalmente los alimentos mezclados que entran al abomaso son compuestos principalmente de partículas no fermentadas de alimentos, algunos productos finales de la fermentación microbiana y los microbios que crecieron en el rumen. En los animales con dieta baja en fibra, gran parte de los alimentos (granos) son digeridos en el abomaso (Church y Pond, 2002).

2.2.1 Tiempos de pasaje de la dieta.

El nivel de pasaje más rápido ocurre con dietas altamente digeribles y compuestas con partículas de tamaño pequeño. Las dietas altas en fibra tienen un nivel lento de pasaje. Normalmente pasan de 12 a 24 horas para que el alimento sin digerir aparezca en los excrementos (aproximadamente un 10 % del total). El 80 % será excretado en las siguientes 70 a 90 horas después de su ingestión, y el paso de todas las partículas por el tracto intestinal se completa finalmente en 7 a 10 días (Hall, 2003).

2.3 Fermentación retículo-rumen.

En el rumen y en el retículo existe una población muy grande de microorganismos (bacterias, protozoos y hongos) que viven en un ambiente regulado. La ingestión constante de alimentos y la devolución sistemática de la masa en degradación ocurre aquí conjuntamente con la absorción de los productos finales de la fermentación que salen fuera del retículo-rumen con destino al torrente sanguíneo (Flores, 1990).

El proceso de la rumia es importante para aumentar al máximo la exposición de los alimentos ingeridos a los microorganismos. La función principal de los microorganismos es la de digerir los componentes fibrosos de los alimentos. Durante la fermentación en el rumen, las proteínas y los carbohidratos del alimento se degradan completamente y son usados por los microorganismos antes de ser digeridas por el abomaso y absorbidas por el intestino delgado (Flores, 1990).

2.3.1 Procesos digestivos y de absorción post-ruminales.

Después que los alimentos pasan a través del rumen y el retículo entran en contacto con las secreciones de ácidos fuertes producidas en el abomaso. Estos ácidos desnaturalizan las proteínas para que las enzimas puedan trabajar sobre ellas. La digestión en esta área es de capital importancia y permite a los animales usar las proteínas para sus funciones productivas (Nava y Díaz, 2001).

La digestión de la grasa tiene lugar en el intestino delgado, cuando los lípidos entran en contacto con la bilis del hígado. Las lipasas digieren entonces los lípidos. Los ácidos grasos se absorben a través de la pared intestinal, y son convertidos en triglicéridos, siendo luego transportados a lo largo del cuerpo (Ayala-Oseguera, et al, 2001).

2.4 El rumen y sus microorganismos.

El conocimiento y comprensión de la ecofisiología microbiana ruminal son imprescindibles para mejorar la utilización de los alimentos y como consecuencia de ello incrementar la eficiencia de producción (Flores, 1990).

La eficiencia de conversión depende, en parte, de la eficiencia de digestión de las fibras vegetales en el rumen. La digestión de la pared celular vegetal en los rumiantes depende, a su vez, de la colonización y digestión de la misma dentro del complejo ecosistema microbiano del rumen (Hall, 2003).

La diversidad de microorganismos del rumen es importante porque la presencia de especies distintas aporta un conjunto mayor de genes y complemento de enzimas, así como reacciones bioquímicas precisas para una conversión máxima de productos alimenticios en células microbianas y productos de fermentación. Una población diversa estabilizará la fermentación, al evitar grandes fluctuaciones en las cantidades y proporciones de productos finales formados (Flores, 1990).

El rumen provee un ambiente apropiado, con un suministro generoso de alimentos, para el crecimiento y reproducción de los microorganismos. La ausencia de aire (oxígeno) en el rumen favorece el crecimiento de grupos especiales de bacterias, entre ellos las que pueden digerir las paredes de las células de plantas (celulosa) para producir azúcares sencillos (glucosa), (Nava y Díaz, 2001). Los microbios fermentan glucosa para obtener la energía necesaria para vivir, reproducirse y producen ácidos grasos volátiles (AGV) como productos finales de la fermentación. Los AGV cruzan las paredes del rumen para pasar a la sangre y una vez distribuidos por todo el organismo sirven como fuente de energía para el rumiante (Yoon, 1995).

Ambiente del rumen:

- ✚ El PH del rumen varía de 5.5 a 7.0.
- ✚ La temperatura es de 38° a 40°.
- ✚ Casi no hay oxígeno, esta es tóxica para los microorganismos.

Mientras que crecen los microorganismos del rumen, producen aminoácidos, fundamentales para proteínas. Las bacterias pueden utilizar amoníaco o urea como fuentes de nitrógeno para producir aminoácidos. Sin la conversión bacteriana, el amoníaco y la urea serían inútiles para los rumiantes. Sin embargo, las proteínas bacterianas producidas en el rumen son digeridas en el intestino delgado y constituyen la fuente principal de aminoácidos para el animal. (Calsamiglia et al, 2005).

2.4.1 Bacterias.

La cantidad de bacterias puede variar por factores ambientales o dietarios, y cuando estos dos parámetros se mantienen, las variaciones derivan de factores específicos de cada animal, tales como: tiempo destinado a la rumia, cantidad de saliva segregada, consumo de agua y capacidad de avance de la digesta (Flores, 1990).

Desde el punto de vista de la fermentación, el rumen es bastante independiente del animal. No obstante ambos interactúan y, tanto las bacterias como el animal se benefician mutuamente. El rumen posee una serie de características que intervienen en el crecimiento de los organismos (Calsamiglia et al, 2005).

Concentración de sustrato: Continua, cuando el animal ingiere alimentos en forma frecuente, y discontinua donde se producen dos grandes picos, por lo cual la concentración de sustrato varía marcadamente a lo largo del día (Calsamiglia et al, 2005).

Cambios de tamaño de partículas: A través de la rumia las partículas ingeridas disminuyen su tamaño hasta lograr pasar por el orificio retículo – omasal provocando el vaciado del rumen y el ingreso de alimentos a través del consumo, (Calsamiglia et al, 2005).

Control de temperatura: La temperatura del contenido ruminal oscila entre 38° y 40° °C. (Calsamiglia et al, 2005).

Control del pH: El pH es uno de los factores más variables del ambiente ruminal, es afectado por la naturaleza del alimento, forma física del mismo, frecuencia de la ingesta, etc. Las bacterias celulolíticas y las metanógenas son afectadas intensamente una vez que el pH del rumen desciende por debajo de 6,0 (Calsamiglia et al, 2005).

Provisión de nutrientes endógenos: A través de la saliva, de descamaciones epiteliales y pasaje a través de las paredes ruminales se aportan nutrientes para el crecimiento bacteriano, tales como: Urea, fosfatos y otros (Calsamiglia et al, 2005).

Eliminación de los productos finales de la digestión: Los AGV, el ácido láctico, el NH₃ son eliminados por absorción o pasaje, por lo tanto no se acumulan y no modifican la fermentación. Ya que una acumulación de los mismos provocaría una reducción del pH (Calsamiglia et al, 2005).

Eliminación por pasaje de la fracción no digerida: Todo material que no ha sido fermentado en el rumen y que por ende no aporta nutrientes a las bacterias ruminales, deja el rumen por pasaje al tracto digestivo posterior, permitiendo una nueva ingesta de alimento fresco, es decir nuevo sustrato para los microorganismos (Calsamiglia et al, 2005).

Mantenimiento de la anaerobiosis: Los microorganismos que habitan el rumen viven y se reproducen en condiciones de ausencia de oxígeno. El oxígeno que entra por el proceso de deglución y rumia es rápidamente eliminado por los gases dióxido de carbono y metano, que genera el proceso de fermentación en cantidades importantes (Calsamiglia et al, 2005).

También existen bacterias encargadas de eliminar el oxígeno, permitiendo que el rumen este siempre en anaerobiosis (Vadilo et al, 2002).

- Bacterias celulolíticas

Las bacterias ruminales pueden hidrolizar la celulosa y metabolizar los azúcares solubles producidos. Las especies de bacterias más importantes que degradan la celulosa son: *Ruminococcus flavefaciens*, *Ruminococcus Albus*, *Bacteroides Succinogenes* y *Butyrivibrio fibrisolvens*. Bajo determinadas condiciones especies tales como *Eubacterium cellulosolvens* puede constituir la bacteria celulolítica más importante en el rumen.

- Bacterias hemicelulolíticas y pectinolíticas

Las principales bacterias hemicelulolíticas del rumen son: *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Bacteroides ruminícola* y *Ruminococcus spp.* La mayoría de las especies predominantes de *ruminococcus* celulolíticas degradan y utilizan con eficacia la hemicelulosa.

- Bacterias amilolíticas

Las principales bacterias amilolíticas del rumen son: *Bacteroides. amylophilus*, *Streptococcus bovis*, y *Bacteroides ruminícola Succinivibrio dextrinosolvens* usará también dextrina aunque no todos los almidones. Las bacterias amilolíticas suelen predominar en el rumen cuando se consumen dietas ricas en almidón, aunque algunas bacterias como *B. Ruminicola*, parecen ser más prevalentes con dietas pobres en almidón (Hobson y Wallace 1982).

- Bacterias que utilizan azúcares simples

Todas las bacterias del rumen que degradan carbohidratos complejos son capaces asimismo de fermentar algunos azúcares simples. *R. flavefaciens* puede fermentar la glucosa aunque

pueden utilizar celobiosa de forma eficiente. Disponen de un enzima, celobiosa fosforilasa, que fermenta la celobiosa en lugar de la glucosa.

- Bacterias que utilizan ácidos intermedios

Las bacterias que utilizan ácidos intermedios en el rumen realizan la fermentación secundaria de los productos finales de otras bacterias del rumen. Entre estos ácidos se incluyen lactato, succinato y metanoato. El lactato puede ser fermentado hasta acetato, propionato o ácidos grasos de cadena más larga por bacterias tales como *Megasphaera elsdenii* y *Selenomonas ruminantium*.

El metanoato es usado como un precursor para la producción de metano por *Methanobrevibacter ruminantium*.

- Bacterias proteolíticas

Las bacterias proteolíticas del rumen incluyen *Bacteroides amylophilus*, *B. ruminicola*, algunas cepas de *Butyrivibrio fibrisolvens* y *Streptococcus bovis*. Muchas de estas especies bacterianas disponen también de exopeptidasas para una posterior descomposición de oligopéptidos hasta aminoácidos y péptidos de cadena más corta.

- Bacterias productoras de amoníaco

La producción de amoníaco mediante la desaminación de aminoácidos es realizada por *Bacteroides ruminicola*, *Megasphaera elsdenii*, *Selenomonas ruminantium* y unas pocas especies de *Butyrivibrio*. En general, el amoníaco es más importante como fuente de N para aquellas bacterias del rumen que digieren carbohidratos complejos en lugar de azúcares sencillos.

El amoníaco se obtiene también de la hidrólisis de la urea.

- Bacterias lipolíticas.

Los lípidos son metabolizados activamente por las bacterias del rumen. *Anaerovibrio lipolytica* hidroliza triglicéridos y fosfolípidos para liberar glicerina y tres ácidos grasos. La lipasa de esta bacteria es extracelular y va unida a la membrana. Galactolípidos, fosfolípidos y sulfolípidos, que se descubren en los forrajes, son hidrolizados por un *Butiryvibrio* spp.

- Bacterias productoras de metano

Las bacterias productoras de metano constituyen una clase especial en la población del rumen por su papel en la regulación de la fermentación total al eliminar H₂ gaseoso. La reducción de CO₂ con H₂ gaseoso es el método primario por el cual se produce CH₄ en el rumen. Las bacterias metanógenas incluyen: *Methanobrevibacter ruminantium*, *Methanobacterium formicicum* y *Methanomicrobium mobile* (Church, 1993).

La fermentación esta acoplada al crecimiento microbiano y las proteínas de la biomasa constituyen la principal fuente de nitrógeno para el animal.

Además de las funciones digestivas, los microorganismos del rumen sintetizan aminoácidos y vitaminas, principalmente del complejo B, siendo la principal fuente de esos nutrientes esenciales para el animal.

Cuando dos o más microorganismos combinan sus capacidades metabólicas para degradar una sustancia que no puede ser catabolizada en forma individual por ninguno de los dos se llega al concepto de sintrofia, en el rumen existen grupos sintróficos relacionados a la degradación de fibras, incluyendo, por ejemplo a los celulolíticos, hemicelulolíticos y los microorganismos que los suceden, como las bacterias metanogénicas. Los más competitivos presentan adhesión al sustrato y almacenamiento de energía dentro de la célula.

2.4.2 Hongos.

Los flagelados poseen zoosporas móviles y colonizan regiones dañadas de los tejidos vegetales en las 2 horas de la ingestión, en respuesta a materiales solubles. Su rol principal es facilitar la desaparición de la pared celular de la célula vegetal. Se han identificado especies de 4 géneros: *Neocallimastix*, *Caecomyces* (formalmente *Sphaeromona*), *Pyromyces* (formalmente *Phyromonas*) y *Orpinomyces*.

Los hongos liberan un complejo celulósico más soluble que el de las bacterias y atacan partículas rugosas a las que fermentan más rápidamente que las bacterias. Alimento altamente molido o concentrado presenta menos hongos. Los hongos producen AGV, gases y trazas de etanol y lactato.

2.4.3 Protozoos.

Su principal función es ingerir partículas del tamaño de las bacterias, como almidón, fibras, cloroplastos (Shimada, 2009; Church y Pond, 2002).

Todos los protozoos son anaerobios estrictos. La mayoría de los componentes son Ciliados, los organismos unicelulares más complejos. Su biomasa es similar a la de las bacterias, pero pueden sobrepasarla más de 3 veces según la dieta, o inclusive desaparecer. Su densidad es del orden de 10^5 - 10^6 / ml. Las especies presentes varían con la especie animal, la localidad y la dieta (Flores, 1990; Shimada, 2009).

Los ciliados difieren de las bacterias en varios aspectos:

Son muy móviles e invaden a los alimentos recién ingeridos tan rápido como las bacterias a pesar de estar en menor número.

Pueden almacenar hidratos de carbono adicionales en forma de polímeros insolubles, la amilopectina.

Son más fácilmente destruidos por la acidez, los Holotriches son los más sensibles y los Entodimorphes, menos.

Los ciliados no son esenciales para los procesos de fermentación pero ayudan a que sean más eficientes (Yoon, 1995).

Aunque forman parte de la población microbiana y tienen una influencia en la fermentación, los beneficios que producen a los rumiantes siguen siendo controvertidos. Estudios sobre el tema han demostrado que mejora la digestibilidad y las ganancias de peso son más rápidas cuando el rumen contiene protozoos. Las concentraciones de ácidos grasos volátiles son superiores cuando los protozoos están presentes (Shimada, 2009).

2.5 Dinámica del rumen y la producción de saliva.

Los valores de pH fluctúan en el rumen, influenciado por distintos factores, como por ejemplo el tipo de alimento y tiempo de ingestión. Los valores fisiológicos normales de pH se encuentran entre 5,4 y 6,9 (Calsamiglia y Castillejos, 2005).

Tres puntos a tener en cuenta como factores de regulación:

1. Influencia de los ácidos grasos volátiles en el aumento de la acidez. En los procesos fermentativos se producen estos AGV. Se alcanza la mayor acidez luego de aproximadamente 3 horas de la ingestión, siendo en general mayor cuando los procesos de fermentación son más intensos.
2. La cantidad de saliva secretada durante la masticación y la rumia. Dado que la saliva tiene un pH entre 8,1 y 8,3, que hace de agente neutralizante de ácidos grasos, propiedad conferida por las sales que contiene (bicarbonatos, fosfatos de sodio y potasio). La cantidad de saliva secretada fluctúa entre 100 y 180 litros.
3. La velocidad de absorción de AGV funciona como amortiguador de la acidez que estos producen. A menor grado de disociación, mayor es la velocidad. Si el pH baja, se reduce el grado de disociación y por lo tanto, al aumentar la velocidad de absorción, se logra una cierta estabilización del pH. (Calsamiglia y Castillejos, 2005; Shimada, 2009).

2.5.1 Importancia de las contracciones ruminales.

Las contracciones del retículo y rumen son muy importantes para la fermentación, sus principales objetivos son:

- ✚ Mezclar el alimento.
- ✚ Eliminar los gases producidos mediante el eructo.
- ✚ Propulsar el contenido ruminal.

Se identifican dos patrones diferentes de contracciones:

Contracciones primarias. Que se originan en el retículo y se distribuyen caudalmente alrededor del rumen. Estas contracciones mezclan y propulsan el contenido ruminal.

Contracciones secundarias. Que ocurren en sólo partes del rumen y son usualmente asociadas con el eructo (Shimada, 2009).

Al terminar una contracción primaria, inmediatamente después se inicia una secundaria, para formar un ciclo que se repite de una a tres veces por minuto, la mayor frecuencia ocurre durante la alimentación. Las contracciones están controladas por el sistema nervioso central a través del nervio vago; sin embargo, las condiciones dentro del rumen como el pH pueden afectar significativamente la motilidad (Nava y Díaz, 2001).

Un rumen en buen estado mantiene uno o dos contracciones/minuto. Esto permite una mezcla continua de su contenido. También permite separar el material grueso (fibra) a la parte superficial.

Es de gran importancia el proceso de rumia, dado que con este se produce un gran aporte de saliva al medio. La saliva del rumiante posee funciones importantes:

- ✚ Mantiene un pH constante. Debido a que es rica en fosfatos y bicarbonatos tiene la facultad de actuar como amortiguador, controlando el efecto de los ácidos que se producen durante la fermentación.
- ✚ Es una fuente de nitrógeno no proteico (**NNP**). La urea sintetizada en el hígado es secretada en la saliva para nutrir a la microbiota ruminal.

Durante este proceso se aporta tres veces más saliva que cuando la masticación. Hay que tener en cuenta que el tiempo de rumia será afectado por el tipo de alimento y la calidad física y química (Nava-Díaz, 2001).

2.5.2 Funciones de la saliva.

Buffer o amortiguador. La saliva con un valor de pH aproximado de 8.2 tiene un efecto amortiguador en el rumen. Esto quiere decir que la saliva evita que los alimentos que producen ácidos, como los cereales, melaza, patatas y remolacha, bajen el valor del pH.

Suprimir la espuma. La saliva puede reducir el riesgo de hinchazón ya que tiene la propiedad de evitar la espuma en el rumen (Heinrichs y Kononoff, 2002).

2.6 Factores que afectan la actividad fermentativa del rumen y que alteran el pH ruminal.

Existe considerable interés en los diversos factores que afectan la actividad fermentativa del rumen en los animales. Sin embargo la producción de alto nivel también tiene un costo, ya que algunos animales en especial las vacas lecheras están más predispuestas a enfermedades y trastornos metabólicos, como cetosis, hipocalcemia e ingestión aguda, cuando se les alimenta con índices de ingestión altos (Calsamiglia y Castillejos, 2005).

Factores relacionados a la vaca.

Consumo de alimento: Muchos factores afectan el consumo de alimento de los animales. Factores como el gusto, el olor, la textura física, y la composición química del alimento. En general, los animales tienden a regular su ingestión de alimento diario a corto o a largos plazos mediante complejas respuestas fisiológicas a la dieta y al ambiente y por su necesidad de energía (Church y Point, 2002).

La rumia y el medio ambiente del rumen: El pH ideal del rumen está entre 6 y 7. Los micro-organismos deseables trabajan bien dentro de ese rango. Si el pH varía demasiado, algunos tipos de micro-organismos se eliminan y hay una reducción en la digestión de alimentos. Si la mayoría del alimento de la vaca es concentrado, su ración debe administrarse a lo largo del día. Cuando la ración se ingiere en una o dos veces al día, el resultado es una gran variación del pH en el rumen (Flores, 1990).

El siguiente dibujo muestra una descripción esquemática de lo que ocurre cuando se alimenta a la vaca con concentrados dos veces al día, 12 veces al día o en una Ración Total Mezclada (TMR o Unifeed).

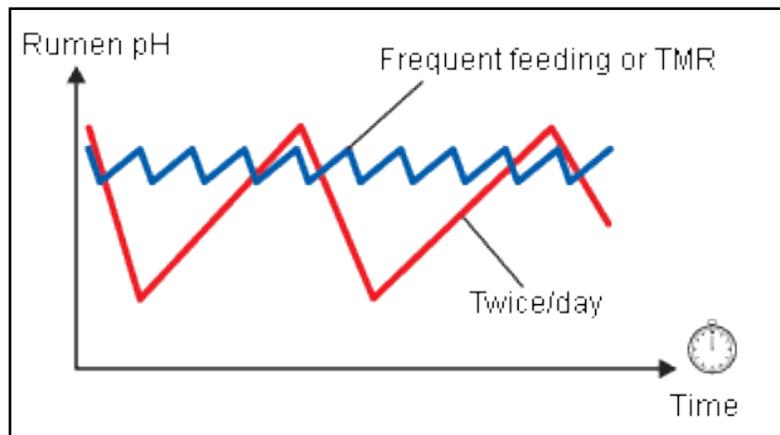


Figura 3. De Cullison & Lowry, (1987). Variaciones de pH.

Se reduce la variación en el pH del rumen cuando los concentrados se ingieren varias veces al día en vez de dos (Heinrichs y Kononoff. 2002).

Aspectos relacionados con la ingesta.

El contenido del rumen y retículo es de aproximadamente 4-6 Kg en los ovinos y de 30-60 Kg en los bovinos. El alimento y los productos de la fermentación se acomodan en tres capas dependiendo de su gravedad específica:

Capa gaseosa. Se localiza en la parte superior y en ella se encuentran los gases producidos durante la fermentación de los alimentos.

Capa sólida. Está formada principalmente por alimento y microorganismos flotantes. El alimento consumido más recientemente, por ejemplo el día de hoy, se establece en la parte superior de esta capa, debido a que posee partículas de gran tamaño (1-2 cm), las cuales atrapan a los gases producidos.

Capa líquida. Se localiza ventralmente y contiene líquido con pequeñas partículas de alimento y microorganismos suspendidos (Shimada, 2009; Yoon, 1995).

El flujo de material sólido a través del rumen es bastante lento y depende de su tamaño y densidad. Los alimentos con una buena digestibilidad pueden tardar alrededor de 30 horas.

Durante la fermentación, las partículas grandes de alimento se reducen constantemente a partículas más pequeñas y los microorganismos proliferan (Shimada, 2009).

Tamaño de la partícula del alimento consumido.

Las necesidades de la vaca lechera para niveles cada vez mayores de energía nos ha llevado a dietas relativamente altas en concentrados. Sin embargo, las vacas aún requieren fibra adecuada para funcionar bien. Cuando no se alcanzan los niveles mínimos de fibra, las vacas pueden mostrar uno o más de los siguientes desórdenes: porcentaje de grasa de leche reducido, abomaso desplazado, laminitis o acidosis ruminal. Las vacas que consumen suficiente de fibra con un tamaño de partícula del forraje severamente reducida pueden mostrar los mismos desórdenes metabólicos que las vacas alimentadas con una dieta deficiente en fibra (Heinrichs y Kononoff, 2002; Yoon, 1995).

Es necesaria una longitud adecuada de la partícula de forraje para un funcionamiento apropiado del rumen. Se ha demostrado que el tamaño de partícula de forraje reducido disminuye el tiempo de masticación y causa una tendencia a disminuir el pH del rumen. Cuando las vacas pasan menos tiempo masticando, producen menos saliva la cual es necesaria para equilibrar el rumen. En comparación, cuando las partículas del alimento son demasiado largas, los animales tendrán mayores probabilidades de elegir la ración, y al final la dieta que se consume es muy diferente a la que se formula originalmente (Nava y Díaz, 2001).

Tamaño de partícula adecuada es de 2.5 a 4.0 cm (Heinrichs y Kononoff, 2002).

No se recomienda alimentar una ración que contenga un tamaño de partícula ni extremadamente fino ni grueso. Las dietas en cualquier extremo pueden predisponer a las vacas a la acidosis ruminal y otros problemas asociados y deben evitarse. El análisis de tamaño de partícula no es una bola mágica para determinar los problemas de ración. Sin embargo si provee una medida objetiva del tamaño de partícula, y puede ser una herramienta útil para mejorar la nutrición de la vaca en general (Heinrichs y Kononoff, 2002; Yoon, 1995).

2.7 Productos finales de la fermentación y su utilización.

La fermentación ocurre bajo condiciones anaeróbicas. Como una consecuencia, los azúcares se metabolizan predominantemente a *ácidos grasos volátiles* (AGV). Los productos más comunes incluyen al ácido láctico, el dióxido de carbono y el metano.

Los principales AGV son *acético, propiónico y butírico*. Pequeñas cantidades de *acetoacético* y *láctico* se suelen formar. Casi el 90% de la energía requerida por el rumiante la proporcionan por éstos los ácidos grasos de cadena corta (Nava y Díaz, 2001).

La proporción de estos varía con la dieta, aunque el producto más abundante es siempre el acetato. En una dieta alta en fibra, la proporción molar del acético al propiónico al butírico es aproximadamente 70:20:10. Si el animal consume una ración con cantidades altas de concentrados (granos, etc.) estas proporciones cambian y la producción del láctico puede llegar a ser relativamente alta (Shimada, 2009).

Virtualmente todo el acético, propiónico y butírico formados en el rumen se absorben a través del epitelio ruminal, son llevados por las venas ruminales a la vena porta y de aquí al hígado. La eliminación continua de AGV del rumen es importante no sólo para su distribución, sino también porque previene el exceso y la bajada del pH del líquido del rumen. (McDonald et al, 2002).

El rumen está tapizado con epitelio estratificado escamoso semejante al de la piel, que generalmente no es más apto para una absorción eficiente. Sin embargo, este epitelio escamoso tiene una estructura que funciona de forma semejante al epitelio en columna del intestino delgado y realiza una absorción eficiente de AGV, así como también de ácido láctico, electrolitos y agua. Hay que recordar también, que la superficie del epitelio se ensancha por la formación de papilas muy vascularizadas (Muller, 1992).

Es de gran importancia práctica conocer que el tamaño y longitud de las papilas ruminales responden a concentraciones de AGV. Los animales que han estado sometidos a planes idóneos de nutrición, con producción abundante de AGV, tienen papilas largas que se adaptan bien para promover la absorción. Por contraste, los animales que han estado sometidos a un plan de privación nutricional tienen papilas pequeñas, y requieren tiempo

para que una dieta alta la calidad desarrolle sus papilas y la capacidad de absorción. (Flores, 1990).

Todos los AGV se absorben por el mismo mecanismo, que es la difusión por el epitelio, por una diferencia de gradiente de concentración. Cuando pasan por el epitelio, los VFA experimentan grados diferentes de metabolismo. El paso del acetato y propionato por el epitelio es igual, pero casi todo el ácido butírico se metaboliza en el epitelio a ácido beta hidroxibutírico, tipo del cuerpo cetónico (McDonald et al, 2002).

Los tres AGV principales tres destinos diferentes:

- *Ácido acético* se utiliza mínimamente en el hígado, y se oxida en la mayor parte del cuerpo para engendrar ATP. Otro uso importante de acetato es como fuente principal de acetyl CoA para la síntesis de lípidos.
- *Ácido propiónico*, es retirado casi completamente por la vena porta hacia el hígado. Dentro del hígado, el propionato sirve como substrato primordial para la gluconeogénesis, que es absolutamente crítica para los rumiantes porque la glucosa no suele alcanzar el intestino delgado para su absorción.
- *Ácido butírico*, la mayoría que sale del rumen como el ácido beta hidroxibutírico como cetonas, se oxidan en muchos tejidos para la producción de la energía (McDonald et al, 2002).

El amoníaco, que se forma por la actividad de los microorganismos, se absorbe en el rumen, va al hígado y se convierte en urea que puede ser reutilizado por el animal o secretado desde la sangre al rumen o a la saliva, para ser tragado para volver a entrar el rumen. Este “*ciclo de la urea*” es una vía importante del metabolismo proteico. Los carbohidratos complejos (celulosa, hemicelulosa, xilanos, etc.) se descomponen por fermentación microbiana en productos de absorbibles (Rode et al, 1999).

2.8 Procesos de digestión de rumiantes.

2.8.1 Carbohidratos.

Gracias a la microbiota ruminal los carbohidratos fibrosos como la celulosa y hemicelulosa pueden representar la fuente más importante de energía para los rumiantes. Las raciones carentes de fibra pueden conducir a desórdenes de la digestión.

Estos carbohidratos fibrosos además son necesarios para:

- Estimular la rumia (la cual mejora la fermentación).
- Aumentar el flujo de saliva hacia el rumen.
- Estimular las contracciones ruminales (Church y Pond, 2002).

Cuando los carbohidratos de la dieta entran al rumen son hidrolizados por enzimas extracelulares de origen microbiano. En el caso de los carbohidratos fibrosos, el ataque requiere de una unión física de las bacterias a la superficie de la partícula vegetal, la acción de las enzimas bacterianas libera principalmente glucosa y oligosacáridos hacia el líquido ruminal por fuera de los cuerpos celulares microbianos. Estos productos no son aprovechados por el rumiante, en su lugar, son rápidamente metabolizados por la microbiota ruminal (Calsamiglia y Castillejos, 2005).

La glucosa y otros azúcares son absorbidos por los microorganismos y una vez en el citosol se incorporan a la vía de la glucólisis. Este proceso enzimático da lugar a la formación de **NADH+H** (reducido), **ATP y piruvato**. La energía potencial representada por el ATP en este momento no es directamente accesible para el hospedero, pero representa la principal fuente de energía para el mantenimiento y crecimiento de los microbios (Nava y Diaz, 2001).

La digestión fermentativa no es un sistema aeróbico; por el contrario es un sistema altamente anaeróbico y reductor, por lo que se debe proveer de un mecanismo diferente para la restauración de NAD. Si no existiera este mecanismo, todos factores oxidados presentes podrían rápidamente reducirse y entonces el metabolismo bacteriano se detendría. Debido a que en el rumen no se encuentra oxígeno a la mano, otro compuesto es el que debe servir

como el resumidero de electrones para la oxidación de los cofactores enzimáticos (Calsamiglia y Castillejos, 2005).

Los AGV sintetizados en respuesta a un estricto control metabólico por parte de los microorganismos ruminales, son utilizados por éstos para la formación de aminoácidos y ácidos grasos que serán posteriormente incorporados al metabolismo bacteriano. Sin embargo, la mayor parte de los AGV es enviada hacia el líquido ruminal, en donde se difunden a través del epitelio del rumen y retículo, el resto se absorben en omaso, para posteriormente incorporarse a la circulación general pasando por la vena porta (Nava y Diaz, 2001).

2.8.2 Proteínas.

La proteína es particularmente vulnerable a la fermentación ruminal, debido a que está formada por carbonos, los cuales se pueden reducir todavía más que los carbohidratos para proveer energía a los microorganismos. Los microorganismos del rumen son capaces de sintetizar todos los aminoácidos, incluyendo los esenciales para el hospedero. Por lo tanto los rumiantes son casi totalmente independientes de la calidad de las proteínas ingeridas. Además los microorganismos pueden utilizar fuentes de nitrógeno no proteico (NNP) como sustrato para la síntesis de aminoácidos (Nava y Diaz, 2001).

A medida que las proteínas y el NNP entran al rumen son atacados por enzimas microbianas extracelulares, la mayor parte de estas enzimas son endopeptidasas parecidas a la tripsina y forman péptidos de cadena corta como sustratos terminales.

El amoniaco es el principal compuesto nitrogenado que utilizan los microorganismos para la síntesis de aminoácidos y proteínas, hay que considerar que para esto se requiere suficiente energía o carbohidratos; el amoniaco se utiliza además para la formación de diversos componentes nitrogenados de la pared celular y ácidos nucleicos. El amoniaco liberado en el rumen es absorbido a la sangre, conducido al hígado en donde se forma urea, la cual se puede reciclar en la saliva o eliminarse a través de la orina (Church y Pond, 2002).

El esqueleto carbonado de muchos de estos aminoácidos se puede acomodar directamente en varios de los pasos de la vía de los AGV, dando lugar a la producción de los tres

principales (acético, propiónico y butírico) y de AGV de cadena ramificada o isoácidos conocidos como ácido isobutírico, ácido isovalérico y ácido 2-metilbutirato; solo los tres aminoácidos de cadena corta ramificada (valina, leucina e isoleucina), permiten la producción de estos isoácidos. Los AGV de cadena ramificada son utilizados por las bacterias como factores de crecimiento (Church y Pond, 2002).

En el rumen, cierta cantidad de proteína dietaria puede escapar a la digestión ruminal y pasar al intestino sin modificarse en el rumen, a ésta se le denomina proteína sobrepasante.

El crecimiento microbiano depende del aporte de nutrientes y de la velocidad a la cual los microorganismos del rumen se eliminan. Las proteínas o el nitrógeno no proteico (NPN) y los carbohidratos son utilizados para la producción ruminal de microbios, AGV, amoníaco, metano y bióxido de carbono de acuerdo a la siguiente ecuación:

Carbohidratos + proteínas = microbiota + AGV + NH₃ + CH₄ + CO₂ (McDonald et al, 2002).

2.8.3 Lípidos.

Cuando la dieta del rumiante consiste principalmente de forrajes, los lípidos que se encuentran en mayor proporción son los galactoglicéridos, pero si el nivel de granos o concentrados es elevado, los triacilglicéridos son más abundantes (Church y Pond, 2002).

Se ha observado que la mayoría de los ácidos grasos presentes en la dieta de los rumiantes son insaturados. En el rumen tanto los galactoglicéridos como los triglicéridos y fosfolípidos son hidrolizados por las bacterias, el resultado son ácidos grasos libres y glicerol. Posteriormente los lípidos microbianos son digeridos y adsorbidos en el intestino delgado (Shimada, 2009).

Al igual que las proteínas, algunos lípidos pueden escapar a la digestión microbiana ruminal y llegar intactos al intestino (donde son digeridos). A estos lípidos se les denominan de sobrepaso (McDonald et al, 2002).

2.8.4 Minerales.

En general la nutrición animal se ha enfocado a las proteínas y energía, dando poca importancia a los minerales. Se han identificado más de 60 elementos en las cenizas en los tejidos de los animales superiores, sin embargo, muchos de ellos no se ha determinado su función exacta dentro del organismo (Shimada, 2009).

El conocimiento de las funciones de cada uno de los minerales en el organismo, es de gran importancia, no solo para corregir las deficiencias y en consecuencia disminuir sus efectos negativos en la producción, también para evitar el riesgo de intoxicaciones, que se puede causar al implementar estrategias de suplementación, sobre todo cuando se trata de microminerales como el cobre y selenio (McDonald et al, 2002).

Clasificación de los minerales.

Los minerales se pueden clasificar dependiendo de su disponibilidad en la naturaleza y de acuerdo con su función en el organismo.

Macrominerales: Calcio (Ca), Fósforo (P), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Cloro (Cl), Potasio (K) y Azufre (S).

Microminerales: Hierro (Fe), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Cobalto (Co), Molibdeno (Mb), Manganeso (Mn), Yodo (I), Selenio (Se) y Cromo (Cr) (Shimada, 2009).

Importancia de los minerales en la nutrición animal.

La importancia de los minerales reside en que son necesarios para transformar la proteína y la energía de los alimentos en componentes del organismo o en productos animales: Leche, carne, crías, piel, lana, etc. Además, ayudan al organismo a combatir las enfermedades, manteniendo al animal en buen estado de salud. Se ha considerado a los minerales como el tercer grupo limitante en la nutrición animal, siendo a su vez, el que tiene mayor potencial y menor costo para incrementar la producción del ganado (Shimada, 2009; McDonald et al, 2002). Los minerales desempeñan funciones muy importantes, asociados directamente con la salud y producción de los rumiantes (Huerta, 1993).

Funciones generales de los minerales dentro del organismo:

Conformación de la estructura ósea y dental (Ca, P y Mg).

Equilibrio ácido-básico y regulación de la presión osmótica (Na, Cl y K).

Sistema enzimático y transporte de sustancias (Zn, Cu, Fe y Se).

Reproducción (P, Zn, Cu, Mn, Co, Se y I).

Sistema inmune (Zn, Cu, Se, y Cr).

Funciones de los minerales con los microorganismos ruminales.

Procesos energéticos y de reproducción celular (P).

Son activadores de enzimas microbianas (Mg, Fe, Zn, Cu y Mb).

Producción de vitamina B12 (Co).

Digestión de la celulosa, asimilación de nitrógeno no proteico (NNP) y síntesis de vitaminas del complejo B (S).

Procesos metabólicos (Na, Cl y K) (Shimada, 2009; McDonald et al, 2002).

Trastornos causados por las deficiencias de minerales.

Las carencias de minerales pueden causar en general los siguientes trastornos en los animales:

Reproductivos: Porcentaje de pariciones, servicios por concepción, abortos, retenciones placentarias, intervalos entre partos.

Productivos: Producción de leche, ganancia de peso, peso al nacimiento, peso al destete, porcentaje de destete.

Sanitarios: Mortalidad, incidencia de enfermedades.

Conducta: Nerviosismo, lamido de paredes y estructuras metálicas.

Consumo: Disminución del consumo de alimento o apetito depravado (consumo de tierra, huesos, piedras, maderas).

Otros: Fracturas, diarreas, deformación de huesos.

Por lo anterior, es de suma importancia conocer o consultar no solo los trastornos causados por la carencia de minerales sino también los causados por agentes infecciosos, previo a determinar la suplementación con minerales (Huerta, 1993).

Los desórdenes minerales presentados en el animal son consecuencia de la compleja relación existente entre el suelo, la planta y el animal. Existen diversos factores que pueden afectar esta relación.

1. Factores asociados al suelo.

- Textura o tipo de suelo.
- Clima.
- Materia orgánica.
- PH.
- Humedad.
- Temperatura.

2. Estado mineral del forraje.

La concentración de minerales en la planta no siempre está asociada al contenido mineral del suelo. El contenido de éstos en la planta varía de acuerdo con los siguientes factores:

- Género y especie.
- Madurez de la planta.

- Manejo del forraje.
- Cercanía de los forrajes a fábricas o zonas industriales.
- Agua utilizada para el riego del forraje.

3. Estado mineral en el animal.

Se determina a partir de los líquidos y tejidos del animal. Entre los principales se encuentran hígado, hueso, sangre, saliva, orina, pelo o lana (Shimada, 2009; Huerta, 1993).

2.8.5 Vitaminas.

Las vitaminas son compuestos orgánicos requeridos en pequeña cantidad por el organismo, pero imprescindibles para un desarrollo normal del animal. El estudio de las vitaminas es relativamente nuevo aunque las enfermedades producidas por sus deficiencias se conocen desde hace muchos años (Shimada, 2009).

Para los bovinos, el complejo vitamínico B y la vitamina K son sintetizada por las bacterias del rumen y la vitamina C en los tejidos, prácticamente, las vitaminas A, D y en algunas casos la vitamina E podrían ser las únicas con posibilidad de deficiencia, aunque si los animales disponen de una buena alimentación las mismas no se producirán (Shimada, 2009).

Complejos compuestos orgánicos que participan en sistemas enzimáticos esenciales para transportar energía y regular el metabolismo corporal, y se requieren en minúsculas cantidades en una o más especies de animales para el crecimiento normal, producción, reproducción y/o salud (Shimada, 2009).

Son solubles en las grasas o agua, sobre esta base, se agrupan del siguiente modo:

Vitaminas Liposolubles: Se disuelven en grasas. Ejemplo: vitamina A, D, E y K.

Vitaminas Hidrosolubles: Se disuelven en agua. Ejemplo: B, C (Shimada, 2009).

Vitamina A

La vitamina A es esencial para la visión normal, el crecimiento, la reproducción y el mantenimiento de las mucosas del cuerpo en condiciones normales de tal forma que puedan resistir de tal forma las infecciones bacterianas (Shimada, 2009).

La primera manifestación de deficiencia puede ser la ceguera nocturna, que se podrá observar al mover los animales en el corral cuando ha oscurecido.

La carencia de esta vitamina afecta el aparato reproductor. En los toros la actividad sexual declina, disminuye el número de espermatozoides y su motilidad, aumentando las formas anormales. En las vacas puede continuar el estro pero no quedan preñadas con facilidad. Si la deficiencia es grande se producen abortos en vacas preñadas. Los terneros pueden nacer muertos o muy débiles y se produce la retención de las membranas fetales (Nava y Díaz, 2001).

El sistema respiratorio puede ser dañado también por la falta de vitamina A, produciéndose infecciones y neumonías. Además se observan hinchazones en las articulaciones y la falta de coordinación en las extremidades, que puede transformarse en parálisis (Shimada, 2009).

Los requerimientos de vitamina A en el ganado vacuno son suministrados por el caroteno (sustancia que genera vitamina A) de los pastos, heno o silaje (Nava y Díaz, 2001).

Complejo vitamínico B

Está compuesto por tiamina, biotina, niacina, ácido pantoténico, riovflavina, ácido fólico y las vitamina B6 Y B12 todas estas vitaminas son sintetizada por las bacterias del rumen desde las ocho semanas de edad en adelante. Por ese motivo no es necesario suplementar al vacuno con este tipo de vitaminas. La única acepción seria la vitamina B12 que contiene cobalto. Si existe una deficiencia de cobalto en el alimento se producirá una carencia de esta vitamina (Nava y Díaz, 2001).

Vitamina C

La vitamina C o ácido ascórbico es formada en el organismo del vacuno no siendo requerida en su alimentación además el agregado de esta vitamina al alimento de estos animales no aumenta el contenido en los tejidos ya que es destruida durante la fermentación en el rumen (Church y Pond, 2002).

Vitamina D

Aunque la vitamina D es requerida por todos los mamíferos, prácticamente es necesario suministrarla en la alimentación de tan solo aquellos animales que están expuestos a rayos solares, especialmente durante la preñez y el crecimiento.

La vitamina D es requerida para una eficiente utilización del calcio y fósforo y la formación de los huesos de los animales en crecimiento. En el bovino adulto parece ser menos importante, excepto durante la reproducción y lactación. Niveles anormales de calcio y fósforo en la sangre existiendo adecuada cantidad de esos elementos en los alimentos podría hacer sospechar de una deficiencia en vitamina D (Nava y Díaz, 2001).

Vitamina E

Esta vitamina está ampliamente distribuida en la naturaleza. El aceite del germen de la semilla contienen grandes cantidades, las hojas verdes bastante y los tejidos animales poca cantidad.

La deficiencia en vitamina E parece tener influencia en la producción y la degeneración de los músculos del esqueleto. Sin embargo por ser tan abundante en los alimentos consumidos por los vacunos, prácticamente es poco probable que se presente esta deficiencia (McDonald et al, 2002).

Vitamina K

La vitamina K que previene las hemorragias, es sintetizada normalmente por las bacterias del rumen en suficiente cantidad. La función de estas vitaminas es actuar en la formación de protrombina en el hígado para mantener un nivel normal de ésta en la sangre.

La vitamina está relacionada con la llamada "enfermedad del trébol de olor" (*melilotus*, *alfa u alba u officinalis*). El heno o silaje de mala calidad hecho con trébol de olor, contiene dicumariol. Esta sustancia disminuye la producción de protrombina al no permitir la utilización de vitamina K por el hígado. Aparentemente es un antagonista de la vitamina K. El suministro de altas dosis de vitamina K es generalmente un tratamiento efectivo para combatir esta enfermedad. En condiciones normales no se presenta deficiencia de esta vitamina en vacunos (Nava y Díaz, 2001).

2.9 Probióticos.

Lilly y Stillwell (1965) utilizaron el término por primera vez para referirse a los productos de la fermentación gástrica. Posteriormente se les identificó como organismos y sustancias que contribuyen al balance microbiano intestinal, (Parker, 1974). Actualmente se describen como suplemento alimenticio microbiano vivo que afecta benéficamente al animal hospedero fomentando su balance microbiano intestinal si bien el concepto se ha redefinido como cultivos de uno o varios microorganismos vivos que, cuando son suministrados al hombre o a los animales afectan beneficiosamente al hospedero desarrollando las propiedades de la microbiota indígena (Havenaar et al, 1992).

Los probióticos estimulan las funciones protectoras del sistema digestivo. Son también conocidos como bioterapéuticos, bioprotectores o bioprofilácticos y se utilizan para prevenir las infecciones entéricas y gastrointestinales. Es importante que estos microorganismos puedan ser capaces de atravesar la barrera gástrica para poder multiplicarse y colonizar el intestino (Calsamiglia et al, 2005).

El efecto protector de estos microorganismos se realiza mediante 2 mecanismos: El antagonismo que impide la multiplicación de los patógenos y la producción de toxinas que imposibilitan su acción patogénica. Este antagonismo está dado por la competencia por los nutrientes o los sitios de adhesión. Mediante la inmuno-modulación protegen al huésped de las infecciones, induciendo a un aumento de la producción de inmunoglobulinas, aumento de la activación de las células mononucleares y de los linfocitos. Los probióticos se han probado en prácticamente todas las especies pecuarias y los resultados obtenidos varían desde

mejoras en ganancias diarias de peso (en bovinos en corral que reciben *A. oryzae*), hasta aumentos en la grasa butírica de la leche de vacas (con *S. cerevisiae*). (Lilly y Stillwell, 1965).

Debe tenerse en cuenta que son organismos vivos y teóricamente pueden ser responsables de efectos adversos, como infecciones y alteraciones metabólicas. Se han registrado casos aislados de septicemia por *S. boulardii* y *Lactobacillus* (Calsamiglia et al, 2005).

2.10 Prebióticos.

El término Prebiótico se utiliza para hablar de ciertos ingredientes no digeribles de los alimentos que estimulan selectivamente el crecimiento y/o la actividad de determinados microorganismos beneficios del tracto digestivo que, además, pueden impedir la adhesión de otros patógenos. Todo parece indicar que se corresponden con los oligosacáridos, polisacáridos no amiláceos y almidones (Calsamiglia et al, 2005).

Los microorganismos que constituyen los prebióticos son principalmente bacterias Gram positivas, en su mayoría capaces de producir ácido láctico (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, etc.) Pero también se incluyen en bacterias no lácticas (*Bacillus*), levaduras (*Saccharomyces*) y hongos (*Aspergillus*). Los prebióticos son cultivos vivos de una o varias especies microbianas que benefician al hospedador mejorando las propiedades de la microflora digestiva original. En la práctica suelen presentarse bajo formas destinadas a ser administradas en el agua o en el pienso (Caja, 2003).

Aunque la mayoría de los prebióticos funcionan fundamentalmente por competencia, ya que al administrarlos establecemos una microflora benéfica que impide la adhesión y colonización del tracto digestivo por microorganismos patógenos, en el caso de las bacterias productoras de ácido láctico, éste también inhibe la proliferación de muchas bacterias potencialmente patógenas o indeseables (Calsamiglia et al, 2005).

El método de actuación de los prebióticos es múltiple: Compiten por los receptores que permiten la adhesión y colonización de la mucosa intestinal, compiten por determinados nutrientes y producen sustancias antimicrobianas (Acedo y Rico, 2003).

Las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) son uno de los prebióticos más utilizados en rumiantes. Sólo se consideran prebióticos los productos a base de levadura viva. Los cultivos de levadura desecada y los del hongo *Aspergillus oryzae*, que contiene el medio de cultivo y sus productos de fermentación son otra alternativa de productos. No proporcionan un organismo vivo sino enzimas y otros metabolitos, como aminoácidos y vitaminas, producto de su fermentación sobre un medio vegetal, que son los que realmente producen los efectos positivos (Callaway, 1997).

Los aditivos a base de levaduras y cultivo de levaduras actúan a nivel ruminal reduciendo la producción de metano, disminuyendo normalmente la concentración de amoníaco y, favoreciendo la estabilidad del pH, por lo que se recomiendan en raciones con mucho concentrado y riesgo de acidosis (Acedo y Rico, 2003).

Incrementan la actividad de la flora celulolítica, lo que beneficia la degradación de la fibra, aumentan la flora anaerobia total y favorecen la flora que deriva lactato a propiónico. Además, pueden considerarse como una fuente natural de vitaminas y ácidos orgánicos (en especial málico) para la población microbiana del rumen (Acedo y González, 1998).

2.11 Aspergillus.

El **Aspergillus** es un género de alrededor de 200 hongos (mohos), y es ubicuo. Los hongos se pueden clasificar en dos formas morfológicas básicas: Las levaduras y las hifas. El *Aspergillus* es un hongo filamentoso (compuesto de cadenas de células, llamadas hifas), el tipo de hongos opuesto a las levaduras, éstas últimas compuestas de una sola célula redondeada. El hábitat natural del *Aspergillus* son el heno y el compostaje (Geiser, et al, 2000).

Clasificación taxonómica.

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Eurotiomycetes

Orden: Eurotiales

Familia: Trichocomaceae

Género: Aspergillus

Especie: Aspergillus caesiellus

Aspergillus candidus

Aspergillus carneus

Aspergillus clavatus

Aspergillus deflectus

Aspergillus flavus

Aspergillus fumigatus

Aspergillus glaucus

Aspergillus nidulans

Aspergillus niger

Aspergillus ochraceus

Aspergillus oryzae

Aspergillus parasiticus

Aspergillus penicilloides

Aspergillus restrictus

Aspergillus sojae

Aspergillus sydowi

Aspergillus terreus

Aspergillus ustus

Algunas especies, por ejemplo *A. niger* o *A. oryzae*, son de interés industrial o se emplean en la fermentación de alimentos en ciertas regiones (Kozakiewicz 1989).

Efectos tóxicos del genero *Aspergillus* en los productos alimenticios.

Los mohos del género *Aspergillus* causan el deterioro de muchos productos alimenticios. Los productos metabólicos de la invasión fúngica suelen ser muy tóxicos, tanto para el hombre como para otros animales. También producen la inhibición de la germinación junto con cambios de color, calentamiento, amohosado, apelmazado y finalmente podredumbre de las semillas (Kozakiewicz 1989).

2.12 Aditivos prebióticos en el ganado lechero.

El manejo alimenticio de las vacas lecheras es uno de los factores que tiene mayor incidencia en la producción de leche. Sin embargo, para obtener la máxima producción de leche es necesario mantener un balance adecuado de nutrimentos que disminuya al mínimo las fluctuaciones en el ambiente ruminal, maximice la digestión de los alimentos y permita un flujo constante de nutrimentos a la glándula mamaria (Mullen, 1992); para lo cual existe una alternativa disponible para modular la fermentación ruminal mediante el empleo de aditivos que estimulen el crecimiento de grupos bacterianos específicos como los aditivos denominados “prebióticos” (Callaway, 1997).

En los rumiantes el uso de prebióticos puede incrementar la producción de leche entre 1-2 litros al día y la ganancia diaria de peso hasta en un 7.5% (Shimada, 2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Localización del área de estudio.

El estudio se realizó en el establo Granja Madero, localizado en Villa Juárez, Durango. El establo cuenta con una población total de **1368** animales de los cuales **654** vacas están en producción, **73** secas, **22** vaquillas en edad de inseminación, **342** becerras de entre 2 y 12 meses, **160** vaquillas preñadas, **66** vaquillas inseminadas y **51** becerras en leche.

3.2 Descripción del manejo y de los animales a estudiar:

Las vacas tuvieron características similares en edad, días en leche y condición corporal, Estarán alojadas en dos corrales iguales pero separados en la misma explotación con instalaciones y sombras similares, dichos corrales se encuentran cercados con material metálico, con piso de arena.

3.3 Materiales utilizados

1. Una bascula.
2. Bolsas de plástico de 5 kg.

3.4 Diseño del experimento

El experimento es un diseño completamente al azar, en donde, se recolectaron los datos que arrojó la prueba, como son las variables a medir, además de monitorear el estado general de salud de los animales. La alimentación de estos animales estuvo a cargo de personal del establo capacitado para la labor encomendada.

Se requirió los datos como el historial productivo y reproductivo de los animales, el monitoreo de la temperatura ambiente y reportar cualquier cambio de dieta o enfermedad de los animales.

3.5 Conformación de los grupos experimentales

Durante el periodo del 10 de febrero al 24 de marzo del 2011 se utilizaron 248 vacas de la raza Holstein, repartidas en los siguientes grupos de estudio:

Grupo tratado: 133 vacas alimentadas con dieta de rutina establecida en el establo + 30 gr. / animal / día del producto a base de harina de Aspergillus (Bospro) mezclado en dicha dieta.

Grupo testigo: 138 vacas alimentadas solamente con dieta de rutina establecida en el establo.

Ambos grupos serán monitoreados a partir del arranque de la prueba.

3.6 Variables analizadas.

- Producción diaria de leche.
- Consumo diario de alimento y/o materia seca.
- Características físico-químicas de la leche de cada corral.
- Mortalidad, Morbilidad y días de recuperación de enfermedad.
- Análisis costo-beneficio.

3.7 Análisis Estadístico

Las variables se analizarán por medio del paquete estadístico SYSTAT Versión 10.0 de la siguiente forma. Para las variables con proporciones se hará una prueba de comparación Chi 2 y además se comparara las otras variables mediante un análisis de varianza general y por grupo por una prueba de t de studen.

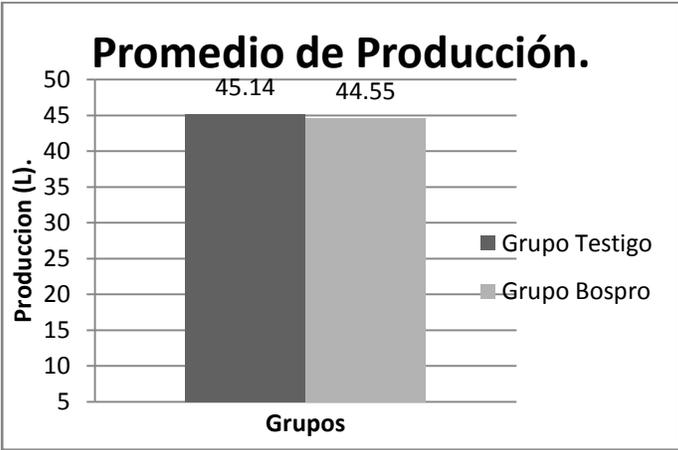
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Producción de leche.

	Grupo testigo.	Grupo Bospro.
Inicio	45,63	44,54
Termino	45,14	44,55
	- 0.49	0.01

Tabla 1. Cuadro comparativo de ambos grupos con valores de inicio y término del experimento.

En la figura 1, se muestra la producción de ambos grupos al finalizar la prueba, donde se observa que el Grupo Testigo concluyó con una producción alta con respecto al Grupo Bospro.



NS: No hay diferencia estadística $P > 0.05$

Figura 4. Producción promedio de los grupos sometidos al finalizar la prueba.

Los valores de **inicio-término** de la prueba, se observa que el Grupo Bospro conservó su producción, en cambio el Grupo Testigo siguió su curva natural descendente, presentándose una diferencia de **0.48 litros** a favor del Grupo Bospro.

En la actualidad existe limitada información documentada en relación al uso de prebióticos en la nutrición de rumiantes.

En otros estudios realizados en aves (Monsan y Paul, 1995; Patterson y Burkholder, 2003), cerdos (Raibaud, 1992; Smoragiewicz et al., 1993), caninos (Rojo, 2005), y humanos (Nobaek y Molin, 2000), han observado efectos positivos en la ganancia de peso, la disminución de algunos trastornos metabólicos. Así como también se presentan ligeros aumentos en la ingestión, estos estudios demuestran que la adición de prebióticos en la dieta afecta benéficamente al huésped. Como lo encontrado por Hamer (2009), difiriendo de este estudio ya que él encontró un aumento en la producción de leche entre 1, 2 kg. diarios por animal.

Así como también el efecto de los prebióticos parece depender de la dosis, la edad, la especie animal y las condiciones de explotación (Torres, 1999), cabe mencionar, que de acuerdo a los promedios de producción al finalizar la prueba en este experimento (**Figura 4**), se encuentran en un nivel óptimo de producción, pudiendo estar en su máxima expresión de potencial genético.

Por otra parte, las enzimas, minerales vitaminas y otros nutrientes o factores de crecimiento que producen los prebióticos inducen respuestas benéficas en la producción animal. Todo esto, por los prebióticos que ofrecen la posibilidad de mantener el crecimiento de los animales alimentados con dietas sin antibióticos y bajo condiciones de estrés lo cual tiene influencia sobre los niveles de producción (Castro y Rodríguez, 2005).

De acuerdo a los resultados obtenidos en este experimento, en comparación con la literatura difieren de estos resultados, recordando que en este estudio se utilizó una dosis de 33 g. diarios por animal.

Consumo de Materia Seca.

Los datos de consumo de M.S. al finalizar la prueba indican un mayor consumo por parte del Grupo Bospro (**0.20 kg.**), lo contrario al inicio de la prueba, pues se observó un mayor consumo por parte del Grupo Testigo.

Estudios realizados en no rumiantes (Castro y Rodríguez, 2005), se han observado ligeros aumentos en la ingestión de alimento, por efecto de la inclusión de prebióticos, que sirven como nutrientes para las bacterias del rumen, mejorando la digestibilidad de la ración. En dichas pruebas se ha demostrado que tiene un efecto positivo en algunos parámetros productivos.

Erdwan y Sharman (1989) mencionan que la adición de prebióticos tiene una influencia positiva, mejorando la conversión alimenticia, aumentando la producción de leche, se observo un consumo ligeramente mayor de materia seca por parte del grupo Bospro y un ligero aumento en la producción sin presentarse diferencias estadísticas.

Van Vuuren (2003) menciona que la inclusión de prebióticos en la ración normalmente corresponde a ligeros aumentos en la ingestión, sin que se pueda demostrar la relación entre el aumento de ingestión y el de producción.

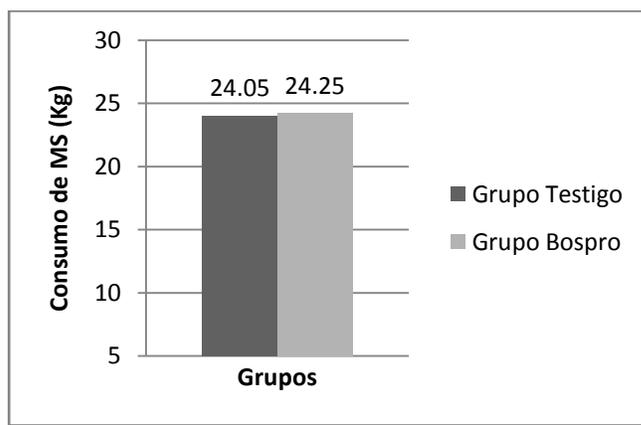
	Grupo testigo.	Grupo Bospro.
Término	24,05	24,25
Inicio	24,79	23,92

Tabla 2. Diferencias de consumo de M.S. de los grupos al inicio-término.

Por otro lado se sabe que los prebióticos son capaces de mejorar la digestibilidad de materia seca, en pruebas científicas se ha demostrado que tiene una relación positiva entre el

aumento de peso, producción de leche, digestibilidad de la ración (almidón, fibra, proteína), mejora la utilización de amoníaco en rumen, estabilización del pH en rumen, aumentado la síntesis de proteína microbiana y la producción de ácidos grasos volátiles. (Martin y Nisbet, 1992, Lesmeister et al., 2004).

En este estudio también se presentó un ligero aumento en la ingestión de alimento, por efecto de la adición de Harina de *Aspergillus*, pero no hubo efectos significativos en la producción de leche.



NS: No hay diferencia estadística $P > 0.05$.

Figura 5. Consumo promedio de M.S. al finalizar la prueba.

Mortalidad, Morbilidad y días de recuperación de enfermedad.

Los resultados como muestra el siguiente cuadro se observa una semejanza en la morbilidad en la prueba realizada en ambos grupos.

Schrezenmeir y De Vrese (2001) Señalan que los probióticos no sustituirán a los antibióticos como agentes terapéuticos, pero pueden ser vistos como el medio de reparar deficiencias en la flora intestinal inducidas por efectos dietarios y ambientales, haciendo al hospedero más resistente a la enfermedad y reduciendo la frecuencia del uso de antibióticos.

En este estudio no se observa ningún efecto de la Harina de Aspergillus sobre la salud del ganado, respecto a lo observado en este estudio difiere con Dawson (1993), quien observo que la adición de prebióticos en la dieta al tracto gastrointestinal puede tener un efecto favorable en la salud animal, relacionados con la habilidad para ligar toxinas, capacidad para estimular al sistema inmune y proveer una mejor protección contra la invasión de agentes patógenos.

Tratamientos								
Grupos	N.	Diarreas	Neumonía	Cetosis	Timpanismo	Muertes	T. morbilidad	%
G. Testigo	132	2	0	0	2	0	4	3
G. Bospro	117	1	0	0	4	1	6	5

Tabla 3. Efectos de la harina de Aspergillus sobre la salud de los bovinos sometidos al estudio.

Debido a que estos compuestos son sustancias totalmente seguras para el animal y el consumidor es de esperar que su utilización se incremente en el futuro, y que continúen las investigaciones para identificar las condiciones óptimas para su uso. Por otra parte los modos de acción de los probióticos y los prebióticos no son excluyentes ambos pueden utilizarse simultáneamente, para obtener un efecto sinérgico (Schrezenmeir y Vrese, 2001).

Características físico-químicas de la leche.

En las siguientes figuras se puede apreciar que la adición de la Harina de Aspergillus en la dieta no tuvo efectos significativos.

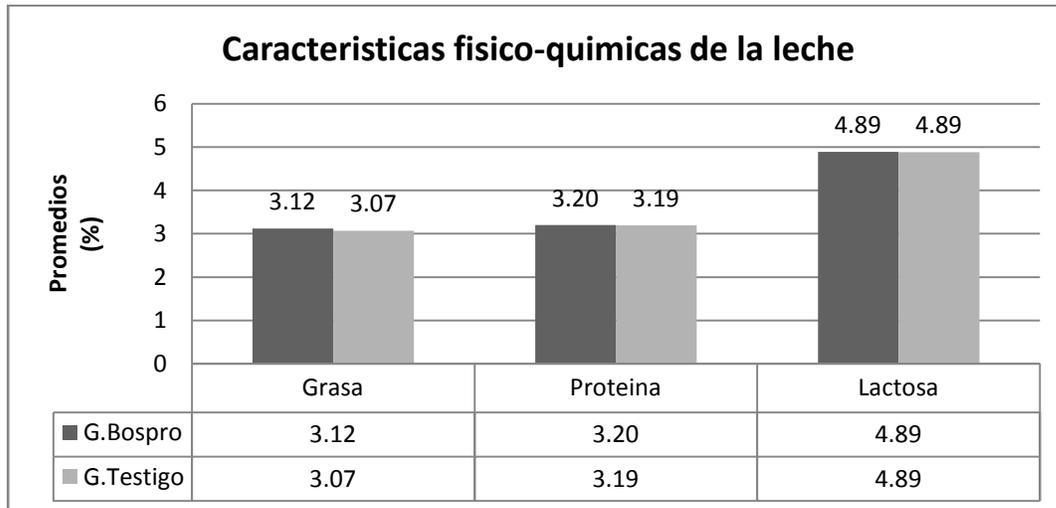


Figura 6. Figuras comparativas de las características físico-químicas de la leche.

Los valores promedio normales en la leche de acuerdo a (Sánchez, et al, 1996), la grasa con un rango de 2.0 – 4.5 %, proteína con 2.6 – 3.7 % y lactosa con un valor de 4.98 %. Lo cual difiere ligeramente con los resultados en este estudio.

Al revisar la literatura en esta variable no se encontró referencias relacionado a estos datos, por lo que se deduce que en este estudio, la adición de Harina de Aspergillus en la dieta no tuvo efecto sobre las características físico-químicas de la leche.

Análisis costo-beneficio.

De acuerdo a los resultados de este experimento se obtuvo una ganancia de producción de **0.48 L.** el costo por litro de leche es de **\$ 4.76.**

De acuerdo a estos datos se realizan las siguientes operaciones:

$$4.76 * 0.48 / 1 = \$ 2.28.$$

También se presentó un aumento en el consumo de M.S. de **0.32 kg.** con un costo de **\$ 3.45** pesos/ kg. de M.S.

$$3.45 * 0.32 / 1 = \$ 1.10.$$

Costos finales:

$$2.28 - 1.10 = \$ 1.18.$$

$$1.18 - .76 = \$.42.$$

(.76, costo del producto Harina de Aspergillus).

De acuerdo con los resultados obtenidos se obtiene una ganancia de **\$ 0.42** en toda la operación.

V. CONCLUSIONES.

Después de un análisis exhaustivo de los resultados se concluyó que la incorporación en la dieta con harina de *Aspergillus* en las vacas Holstein, no tuvieron efectos significativos. Con todo ello podemos apreciar que no tuvieron diferencias en cuanto al promedio de producción en ambos grupos durante los 42 días del experimento.

De acuerdo a éstos resultados, se requieren estudios adicionales, siendo lo ideal realizar un experimento en un periodo completo de lactación (305 días), esto con el fin de llegar a mejores conclusiones.

LITERATURA CITADA

1. Acar, J., M. Casewell, J. Freeman, C. Friis and H. Goossens, 2000. Avoparcin and virginiamycin as animal growth promoters: a plea for science in decision making. *Clinical Microbiology and Infection* 6 (9):477-482.
2. Acedo-Rico J. "Utilización de Aditivos en Piensos para Rumiantes: Minerales forma Orgánica, Levaduras, Enzimas, Ionóforos y Otros". XIX Curso de Especialización de FEDNA (2003).
3. Ayala-Oseguera J., Mendoza M.G., Sánchez-Torres E.T., Bárcena G.R., Landosis P.L. Ortega C. Ma. E. y Rangel S.R. 2001. Rendimiento de la producción y composición química de la leche de vacas Holstein adicionadas con la metionina o grasa protegida. In: Memorias de la XVII Reunión ALPA. La Habana Cuba pp. DP61.
4. Caja G., González E., Flores C., Carro M.D. Albanell E. "Alternativas a los Anti- bióticos de Uso Alimentario en Rumiantes: Probióticos, Enzimas y Ácidos Orgánicos". XIX Curso de Especialización de FEDNA (2003).
5. Callaway, E.S. 1997. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. *J. Dairy Sci.* 80: (No. 9) 2035-2044.
6. Calsamiglia S., Castillejos I., Busquet M. "Estrategias nutricionales para modificar la fermentación ruminal en vacuno lechero". XXI Curso de Especialización de FEDNA (2005).
7. Cancho, B., García, M. S. y Simal, J. 2000. El uso de los antibióticos en la alimentación animal: perspectiva actual. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 3(1): 39-47.
8. Castro M. y Fernando R., Levaduras: Probióticos y prebióticos que mejoran la producción animal, *REVISTA CORPOICA • VOL 6 N°1 • Enero-Junio 2005.*
9. Cepero, R. 2005. Experiencias en la nutrición sin el uso de antibióticos. XII Congreso Bienal Asociación Mexicana de Nutrición Animal (AMENA), Puerto Vallarta, Jalisco.
10. Church, D.C., Pond, W.G. 2002. *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales.* México D.F.
11. Collins, M.D.; Gibson, G.R. Probiotics, prebiotics, and symbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut. *Am. J. Clin.Nutr.* 1999; 69:1052-1057.
12. Collins, M.D.; Gibson, G.R. Probiotics, prebiotics, and symbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut. *Am. J. Clin. Nutr.* 1999; 69:1052-1057.

13. Dawson, K.S. 1993. The use of yeast culture in animals feeds: a scientific application of direct fed microbials and challenges of the future. En: T.P. Lyon (ed.) *Biotechnology in the feed Industry*, proceedings of alltech`s Ninth annual Symposium. USA. pp 169-172.
14. Dibner, J.J. & Richards, J.D. 2005. Antibiotic growth promoters in agriculture: history and mode of action. *Poultry Sci.* 84:63.
15. Doyle, M. E. 2001. Alternatives to antibiotic use for growth promotion in animal husbandry. Food Research Institute Briefings (University of Wisconsin-Madison).
16. Erdman, R.A. y Sharman B.K. 1989 effect of yeast culture and sodium bicarbonate on milk yield and composition in Dairy cows. *J. Dairy Sci* 72: 1929-1932.
17. Flores M. (1990). *Bromatología Animal*. Ed. LIMUSA, tercera edición. México D.F.
18. García, Y.; García, Y.; López, A.; Boucourt, R. Probióticos: una alternativa para mejorar el comportamiento animal. *Rev. Cub. Ciencia.Agríc.* 2005; 39(2):129-140.
19. Geiser DM *et al.* 2000. Molecular and analytical tools for characterizing *Aspergillus* and *Penicillium* species at the intra and interspecific levels. pp. 381-394 en: *Integration of Modern Taxonomic Methods for Penicillium and Aspergillus Classification*. Samson RA, Pitt JI, editores. Harwood Academic Publishers, Australia.
20. Gibson GR, Roberfroid MB. Dietary modulation of the human colonic microflora: introducing the concept of prebiotics. *J Nutr* 1995; 125:1401-12.
21. Hall, M.B. 2003. Lo que podemos aprender revisando el estiércol. *Hoard's Dairyman* en español. Enero: 63-64.
22. Hamer, R. (2009), Probióticos y prebióticos, <http://www.vet-uy.com/>.
23. Havenaar, R., Ten Brink, B. y Huis in't Velt, J.H.J. (1992). Selection of strains for probiotic use. En: *Probiotics: The Scientific Basis*, R. Fuller Ed. Londres, And Chapman & Hall. Pp 209-224.
24. Heinrichs, J. and P. Kononoff. 2002. Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator.
25. Huerta, B. M. 1993. Respuesta a la corrección de deficiencias minerales sobre el comportamiento del animal. *Memorias II seminario internacional Estrategias de Suplementación a bovinos*. Chapingo, México.

26. Kozakiewicz Z. 1989. *Aspergillus* species on stored products. CAB International Mycological Institute, Kew, Surrey.
27. Lesmeister, K, E, A, J. Henrichs, et al. 2004. "effects of supplemental yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) culture on rumen development, growth characteristics and blood parameters in neonatal dairy calves" J Dairy Sci 87 (6): 1832-1839.
28. Lilly, D.M. y Stillwell, R.H. (1965). Probiotics growth promoting factors produced by microorganisms. Science 147, 747-748.
29. Marilce Castro y Rodríguez F. Levaduras: Probióticos y Prebióticos que mejoran la Producción Animal. revista corpoica • vol 6 n°1 • enero-junio 2005.
30. Martin, S.A., and Nisbet, D.J. 1992. Effect of direct-fed microbials on rumen microbial fermentation J. Dairy Sci 75, 1736.
31. McDonald P., Edwards RA., Greenhalgh JFD., Morgan CA., 2002, Nutrición Animal, 6ta edición, ACRIBIA, España, pp. 63-121.
32. Monsan, P. F., y F. Paul. 1995. Oligosaccharide Feed Additives. Pages 233-245 in Biotechnology in Animal Feeds and Feeding R. J. Wallace, New York.
33. Morales, L. 2007. Las paredes celulares de las levaduras *Saccharomyces cerevisiae*. Departamento de ciencia animal de los alimentos Barcelona, Universidad Autónoma de Barcelona.
34. Muller, L.D. Feeding Management Strategies. 1992 In: Large dairy Herd management. 326-335, edited by H.H. Van Horn and C.J. Wilcox. University of Florida, Gainesville, Florida.
35. Nava Cuéllar Cuauhtémoc, Díaz Cruz Antonio, Introducción a la Digestión Ruminal, Departamento de Nutrición Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, 2001, México.
36. Nobaek, S; Molin, G. 2000. Alteration of intestinal microflora is associated with reduction in abdominal bloating and pain in patients with irritable bowel syndrome. Am J Gastroenterol.95:1231 - 1238.
37. Okuda T *et al.* 2000. Media and incubation effects on morphological characteristics of *Penicillium* and *Aspergillus*. Pp.83-99 en: Integration of Modern Taxonomic Methods for

Penicillium and *Aspergillus* Classification. Samson RA, Pitt JI, editores. Harwood Academic Publishers, Australia.

38. Parker, D.S. (1990). Manipulation of the functional activity of gut by dietary and other means (antibiotics/probiotics). *Journal of Nutrition* 120, 639-648.
39. Parker, R.B. (1974). Probiotics, the other half of antibiotic story. *Animal Nutrition and Health*, 29, 4-8.
40. Patterson, J. A., and K. M. Burkholder, 2003 Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poult. Sci*, 82: 627-631.
41. Pennsylvania State University, College of Agricultural Sciences, Cooperative Extension DAS 02-42.
42. Raibaud, P. (1992). Bacterial interactions in the gut. En: *Probiotics: Scientific Basis*, R. Fuller Ed. Chapman y Hall, Londres, Pp. 9-28.
43. Rode I.M., Yang W.Z., Beauchemin K.A. "Fibrolitic enzyme supplements for dairy cows in early lactation". *J. DAIRY. SCI.* 1999; Vol. 82, (10):2121-2126.
44. Rojo, J. 2005. Nuevas terapias en el manejo de la enfermedad intestinal inflamatoria crónica. [en línea]. Julio, 2005. Disponible en :<http://wwwammvepe.com/articulos/intestinal.html>.
45. Santomá, G. 1999. Aditivos alternativos a los antibióticos y promotores del crecimiento. Memoria XXXVI Simposio de Avicultura, Sec. Esp. WPSA, Valladolid, Octubre 1999, pp. 95-132.
46. Schrezenmeier J. de Vrese M, 2001. Probiotics, prebiotics and symbiotics approaching a definition. *American journal of clinical nutrition*, vol. 73.
47. Schrezenmeier, J. & de Vrese, M. 2001. Probiotics, prebiotics and synbiotics-approaching: a definition. *Am. J. Clin. Nutr.* 73:361S.
48. Schrezenmeier, J. y Vrese, M. 2001. Probiotics, prebiotics and synbiotics approaching a definition. *Am J Clin Nutr.* 73 (suppl): 361S-4S.
49. Shimada Miyasaka, Armando 2009, *Nutrición Animal* 2da edición, México, Trillas, pp. 228-228.

50. Smoragiewicz, W., Bieleka, M., Babuchowski A. y Dubeau H. (1993). Les prebiotiques. *Canadian Journal of Microbiology* 39, 1089-1095.
51. Torres, R. 1999. Flora intestinal probióticos y salud. Editorial Uiversidades Iberoamericanas. México. 34.
52. Vadillo S, Piriz S *et al.* 2002. Manual de microbiología veterinaria, Madrid, España, Mc Graw-Hill.
53. VAN Vuuren, A.M. (2003) En: *International One-Day Seminar: Role of Probiotics in Animal Nutrition and their Link to the Demands of European Consumers*. Lelystad.
54. Yoon, I. K. 1995. Influence of direct – feed microbials on ruminal microbial fermentation and performance of ruminants. *Asian-Australian J. Anim. Sci.* 8: 533–555.
55. Sánchez D. María. Luis A. Boscan, Francisco De Jongh. Características físico-químicas y sanitarias de la leche del estado de Mérida, Venezuela I. zonas altas.