

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL



“Uso de Aditivos Alimenticios en la Nutrición de Bovino para Carne y Aditivos Mejoradores de Forrajes”

Por:

FRANCISCO GUILLERMO HERNÁNDEZ PALACIOS

**MONOGRAFIA**

Presentada como requisito parcial para la obtención del título de.

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Saltillo, Coah., Diciembre 2018

---

Uso de Aditivos Alimenticios en la Nutrición de Bovino para Carne y Aditivos  
Mejoradores de Forrajes

Francisco Guillermo Hernández Palacios

Monografía

Presentada como requisito parcial para obtener el título profesional de  
Ingeniero Agrónomo Zootecnista



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA AN-  
TONIO NARRO

División de Ciencia Animal  
Departamento de Producción Animal  
Saltillo, Coah., Diciembre 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

---

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL

“Uso de Aditivos Alimenticios en la Nutrición de Bovino para Carne y Aditivos  
Mejoradores de Forrajes”

Por:

FRANCISCO GUILLERMO HERNÁNDEZ PALACIOS

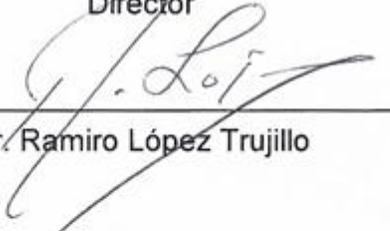
**MONOGRAFIA**

Presentada como requisito parcial para la obtención del título de.

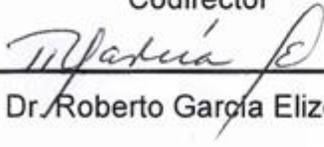
**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**Comité de asesoría**

Director

  
Dr. Ramiro López Trujillo

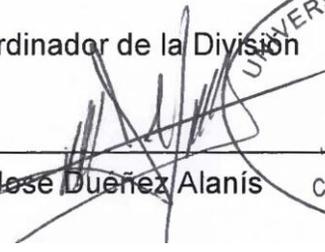
Codirector

  
Dr. Roberto García Elizondo

Asesor

  
Dr. Fernando Ruiz Zarate

El Coordinador de la División

  
José Dueñez Alanís

COORDINACI  
AN



Saltillo, Coah., Diciembre 2019

Dedicatoria

---

A Dios por ser mi esperanza luz y fortaleza, por siempre iluminar mi camino estando lejos de mi familia y llenarme de bendiciones estando en cada momento bueno y malo de mi vida y guiarme hasta el final para la elaboración de esta monografía.

La dedicatoria más grande para mi madre Sonia Palacios Miranda por ser una madre ejemplar e incansable por su apoyo económico y moral desde el primer momento en que tome la decisión de estudiar fuera de mi estado.

A mi padre J. Francisco Hernández Marcial por darme a la mejor familia.

A mis hermanas María Fernanda Hernández Palacios y Sonia Michelle Hernández Palacios por su apoyo moral en cada momento.

A mi abuela Esperanza Miranda Cárdenas quien siempre me inspiro para estudiar una carrera de agronomía.

A mis tíos por parte de mi madre (María Mancilla, Ángeles Romero, Ernesto Romero, Guillermo Romero, Luis Miguel Romero) quienes siempre me apoyaron económica y moralmente en toda mi carrera universitaria.

A mi novia Dulce Carolina Hernández Nieto por su amor infinito y cariño y siempre motivarme a dar lo mejor en cada momento y en este mi trabajo de titulación.

A mis abuelos Rosa Marcial Ramírez y José Francisco Hernández Baliño por su apoyo y cariño infinito.

A mi tía Camerina Quevedo quien siempre me apoyo económicamente durante mi carrera universitaria.

A todos aquellos Doctores, Maestros e Ingenieros encargados de la carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista quienes siempre buscan transmitir todo su conocimiento a los estudiantes de la carrera.

A mi amigo Francisco Javier González Romero quien fue mi primer amigo en la universidad y siempre estuvo para apoyarme en cada momento personal y estudiantil.

---

## **Agradecimientos**

El agradecimiento más grande a Dios por acompañarme en cada momento de mi vida por darme el conocimiento para terminar una carrera universitaria por ser el pilar en cada meta y darme la vida para cumplir cada una de ellas.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por aceptarme y darme la oportunidad de estudiar una carrera universitaria y formarme como un profesional responsable y con valores comprometido con la salud humana, el bienestar animal y el medio ambiente.

Agradecimiento especial al Dr. Ramiro López Trujillo por siempre estar a disposición y brindar un apoyo sin igual a los estudiantes en materia de investigación y también el apoyo moral a los estudiantes. Y por apoyarme incondicionalmente en la realización de esta monografía para mi titulación.

Agradezco a cada uno de los docentes de la carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista que nos transmiten mucho de su conocimiento para formar profesionales de calidad para trabajar en el sector agropecuario de nuestro país.

A cada uno de los docentes de la institución que me dieron clases por que cada uno aportó grandes conocimientos a mi persona y despertaron en mí una mayor ambición para saber más sobre cada tema.

A mis amigos Marco Polo, Pedro Omar Y Oscar Alejandro quienes fueron unos amigos incansables a la hora de mostrar apoyo y ayudar en situaciones difíciles.

Agradecimiento a cada uno de los (as) laboratoristas de la institución más especialmente a los de la división de ciencia animal quienes siempre nos apoyaron para ampliar nuestro conocimiento en cada una de las prácticas del programa de Ingeniero Agrónomo Zootecnista

---

## Resumen

Cada vez incrementa la demanda de alimentos y la población mundial por lo que se busca la mejora continua de los métodos de producción, introducción de nuevas tecnologías, la explotación de nuevas fuentes de alimentos y la continua intensificación de la producción y de la calidad. Los aditivos alimenticios son productos usados en los alimentos de los animales con propósitos de promover la calidad de los alimentos, sean éstos de origen vegetal o animal, o promover el rendimiento de los animales y su salud, ya sea por la vía de mejorar la digestibilidad de los alimentos o por otros mecanismos. Los aditivos alimenticios han tenido una gran importancia en la nutrición animal en los últimos años debido a que cada vez buscan los productores reducir el tiempo de engorda de los animales e integran este tipo de alimentos a la dieta de estos y así también reducir costos de producción en cuanto a la alimentación ya que este es el concepto del proceso que más costos genera, representando del 70 al 80% del total de la producción. Los aditivos tienen diferente acción en el organismo del animal, algunos son aceleradores de absorción, otros incrementan la apetecibilidad de la dieta, algunos mejoran el porcentaje de proteína en la dieta, otros funcionan para la prevención de enfermedades por parásitos o por altas concentraciones de granos en la dieta y muchos de ellos ayudan a controlar la flora ruminal y alterar la fermentación ruminal haciendo más eficiente el proceso de metabolismo de nutrientes. Cabe mencionar que cada uno de los aditivos mencionados en este trabajo son aquellos que no causan algún daño al animal, ni al hombre o al medio ambiente. En el presente trabajo se busca informar, en base a experimentos realizados en Estados Unidos que es donde más se utilizan estos alimentos, las cantidades de aditivo que tuvieron mejor eficiencia en cuanto a la conversión alimenticia o mejoraron el comportamiento de los animales en corral.

Palabras clave: Bovinos, alimentación, aditivos alimenticios, hormonas, ganancia de peso, microorganismos ruminales, bacterias.

## Índice

Índice de Cuadros.....	x
1. Introducción .....	1
2. Revisión de Literatura .....	3
2.1. Concepto de alimento y de aditivo. ....	3
2.2. Antioxidantes.....	4
2.2.1. Clasificación de los Antioxidantes.....	5
2.2.1.1. Enzimáticos.....	5
2.2.1.2. No enzimáticos .....	5
2.2.1.3. Naturales.....	6
2.2.1.4. Sintéticos .....	6
2.2.1.5. Alimentos ricos en Antioxidantes .....	6
2.2.1.6. Beneficios del uso de antioxidantes en animales de granja.....	7
2.3. Aromas y(o) sabores.....	8
2.4. Aditivos vitamínicos.....	9
2.4.1. Vitaminas liposolubles. ....	11
2.4.1.1. Vitamina A.....	11
2.4.1.2. Vitamina D .....	12
2.4.1.3. Vitamina E.....	14
2.4.1.4. Vitamina K.....	15
2.4.2. Vitaminas hidrosolubles.....	16
2.4.2.1. Tiamina .....	16
2.4.2.2. Biotina.....	17
2.4.2.3. Colina.....	18
2.4.2.4. Niacina .....	18
2.4.2.5. Vitamina C .....	19
2.5. Probióticos. ....	20
2.5.1. Concepto: .....	20
2.5.2. Mecanismos de acción de los probióticos. ....	21
2.5.3. Uso de probióticos en rumiantes. ....	22
2.5.4. Ventajas para los rumiantes. ....	22
2.6. Prebióticos. ....	23

---

2.7.	Simbiótico.....	26
2.8.	Coccidiostatos y otros antiparasitarios de uso en el alimento .....	27
2.8.1.	Antecedentes.....	27
2.8.2.	Factores que favorecen la presentación de las parasitosis ....	28
2.8.3.	Método de control .....	28
2.9.	Ionóforos.....	29
2.9.1.	Mecanismo de Acción de los Ionóforos .....	29
2.9.2.	Efecto de los Ionóforos en la Población de Microorganismos Ruminales.....	30
2.9.3.	Efecto de los ionóforos en el ambiente ruminal. ....	31
2.9.4.	Efecto de los Ionóforos en la Producción de Metano.....	32
2.9.5.	Efecto de los Ionóforos en el pH Ruminal.....	33
2.9.6.	Efecto de los Ionóforos en la Concentración Ruminal de Ácidos Grasos Volátiles .....	33
2.9.7.	Efecto de la Monensina en la Concentración de Amoníaco y Degradación de Nutrientes.....	34
2.9.8.	Efecto de los ionóforos en la producción de rumiantes .....	35
2.10.	Anabólicos.....	36
2.10.1.	Definición .....	36
2.10.2.	Función de los anabólicos. ....	37
2.10.2.1.	Lactona del ácido resorcílico.....	37
2.10.2.2.	Benzoato de estradiol .....	38
2.10.2.3.	Acetato de trembolona .....	39
2.10.2.4.	Estradiol 17-β.....	41
2.10.2.5.	Aspectos a considerar para el uso de implantes en bovinos .....	42
2.10.2.6.	Mecanismos de acción de los anabólicos .....	42
2.10.2.7.	Mecanismo de acción de estrógenos.....	43
2.10.2.8.	Mecanismo de acción de andrógenos.....	44
2.10.2.9.	Acetato de trembolona combinada con estradiol .....	45
2.11.	β-adrenergicos .....	47
2.12.	Amortiguadores de pH ruminal.....	48
2.13.	Urea utilizada como NNP en la alimentación de bovino de engorda... 50	
2.13.1.	Nivel de suplementación.....	51
2.13.2.	Suplementación con nitrógeno no proteico (NNP).....	52

---

2.13.3.	Sincronización del nitrógeno con la energía .....	56
2.13.4.	Requerimientos de aminoácidos y péptidos .....	58
2.13.5.	Efectos sobre el consumo y la ganancia de peso (en animales de feedlot).....	60
2.14.	Isoácidos, Hidroxiácidos y compuestos similares.....	63
2.14.1.	Modo de acción .....	64
2.14.2.	Presentaciones comerciales .....	65
2.14.3.	Hidroxiácidos .....	65
2.15.	Aditivos mejoradores de forrajes .....	66
2.15.1.	Aditivos para heno .....	66
2.15.1.1.	Ácidos y sales .....	66
2.15.1.2.	Amoniacó anhidrido .....	66
2.15.1.3.	Inoculantes para heno.....	67
2.15.2.	Aditivos para ensilajes. ....	67
2.15.2.1.	Inhibidores de la fermentación .....	69
2.15.2.2.	Aditivos no nutritivos. ....	69
2.15.2.3.	Aditivos nutritivos para la elaboración de ensilajes .....	70
2.15.2.4.	Inoculantes microbianos .....	71
2.15.2.5.	Fuentes de nitrógeno y de carbohidratos.....	74
2.15.2.6.	Adición de melaza.....	75
2.15.2.7.	Adición de granos y otros productos.....	75
2.15.3.	Aditivos para el mejoramiento de esquilmos.....	75
2.15.3.1.	Aditivos nutritivos para esquilmos agrícolas .....	76
2.15.3.2.	Aditivos para el tratamiento alcalino de esquilmos .....	76
3.	Conclusiones .....	81
4.	Literatura Citada .....	82

**Índice de Cuadros**

Cuadro 1.- Aromas recomendados en dietas de bovinos .....	9
Cuadro 2.- Clasificación de vitaminas y sus diferentes sinónimos .....	11
Cuadro 3.- Efecto de implantar con Zeranol durante el transporte .....	38
Cuadro 4.- Efecto de implantes de acetato de trembolona combinado con estradiol sobre la ganancia diaria de peso y tasa de deposición de proteína en la canal de novillos. ....	41
Cuadro 5.- Concentraciones de insulina en suero y características pulsátiles en animales implantados. ....	43
Cuadro 6.- Contenido de benzoato de estradiol y acetato de trembolona al usar Synovex-Plus con o sin recubrimiento. ....	47
Cuadro 7.- Efecto del $\beta$ -agonista adrenérgico (Zilpaterol) en la ganancia de peso y variables de la canal de novillos cebuinos en finalización. ....	48
Cuadro 8.- Efectos del nivel y la fuente de proteína cruda sobre el consumo y el aumento de peso. ....	61
Cuadro 9.- Efectos de la adición de urea sobre la concentración de amoníaco ruminal, digestión ruminal del almidón y el consumo de materia seca. ....	62
Cuadro 10.- Efectos de la adición de urea sobre el consumo, la ganancia de peso y la eficiencia de conversión.. ....	63
Cuadro 11.- Los isoácidos y los respectivos aminoácidos de los que provienen son: .....	64
Cuadro 12.- Clasificación general de aditivos para ensilajes .....	69
Cuadro 13.- Productos de la fermentación de carbohidratos en el ensilaje por diferentes bacterias.....	72
Cuadro 14.- Clasificación y acción de diferentes microorganismos y otros productos presentes en inoculantes para ensilajes .....	73
Cuadro 15.- Respuesta de diferentes esquilmos al tratamiento con amonio en gas en montones sellados .....	79

## 1. Introducción

La riqueza del suelo, el clima, la disponibilidad de agua y pasturas, hacen de nuestro país un territorio óptimo para el desarrollo de la actividad ganadera, la cual se va incrementando año tras año mediante la adopción de nuevas tecnologías, las investigaciones en diversas áreas, mejoramiento genético, etc. A todos estos factores debemos sumar el hecho de que es una de las pocas actividades pecuarias que cuenta con una cadena de producción y comercialización totalmente desarrollada.

La ganadería bovina en México representa una de las principales actividades del sector agropecuario, por la contribución que realiza a la oferta de productos cárnicos, así como su participación en la balanza comercial del país. Su importancia trasciende a las demás especies, ya que, debido a los patrones culturales de consumo de los diferentes productos cárnicos, la carne de bovino es el eje ordenador de la demanda y de los precios de las demás carnes.

Los aditivos para dietas de corrales de engorda son considerados una de las herramientas más importantes para reducir los costos de alimentación o para obtener mayor eficiencia de utilización del alimento, promoviendo mayores ganancias de peso o mejorando la rentabilidad dependiendo de su mecanismo de acción. Algunos de ellos tienen efectos secundarios como la reducción de acidosis, coccidiosis y timpanismo de grano, mientras que otros suprimen la actividad del ciclo estral, reducen la incidencia de abscesos hepáticos y los problemas de garbaro.

Los aditivos alimenticios no son indispensables en el sentido de que no son nutrimentos, y por lo tanto, no forman parte esencial del organismo ni participan en procesos metabólicos, substituyendo a los nutrimentos conocidos, pero son necesarios para mejorar o preservar la calidad original de los ingredientes, evitando su deterioro importantes para imprimir en el animal que los consume mejoramientos en los aumentos diarios de peso, en la conversión alimenticia o protegiéndolo contra los embates de las enfermedades clínicas y subclínicas, reduciendo consecuentemente la mortalidad y la morbilidad. Su presencia en el alimento, por lo tanto, obedece estrictamente a razones económicas de retorno sobre la inversión, partiendo de la premisa de que la adición de los aditivos mejora los índices de eficiencia originales y es redituable su uso, puesto que nos proporciona utilidad expresada en varias veces su costo original en el alimento.

Debido al incremento constante del precio de granos y cereales, la etapa en el desarrollo y la finalización de ganado bovino en corrales de engorda, incrementó sus costos de producción. Por lo tanto, se buscan alternativas alimenticias de bajo costo que favorezcan el rendimiento óptimo del ganado y garanticen la inocuidad de la carne. En este sentido se puede decir que el concepto de calidad en canales de ganado bovino ha evolucionado; tanto en el mercado interno como para exportación, se enfrenta el reto de producir carne de excelente calidad en el menor tiempo posible, con el fin de hacer rentable y eficiente la empresa ganadera. No obstante, en términos del mercado internacional, se consideran de calidad aquellas canales bien conformadas, con un elevado contenido de músculo y

suficiente cantidad de grasa intramuscular, para satisfacer los requerimientos organolépticos del consumidor (Monson *et al.*, 2005)

Por otra parte, la biotecnología aplicada a la nutrición animal, ha generado una serie de aditivos alimenticios, cuya función biológica es mejorar la actividad de los microorganismos del rumen, y de esta forma incrementar la eficiencia de utilización de los nutrientes aportados por las dietas consumidas por los bovinos en corrales de engorda.

Se ha vuelto común entre los ganaderos usar aditivos en la alimentación de los bovinos con el objetivo de mejorar el rendimiento. Esto se da principalmente por los beneficios que tienen, por ejemplo, la optimización de la conversión alimenticia, la mejora en el sistema digestivo y la disminución en la emisión de gases con efecto invernadero. Por eso, los aditivos son pieza esencial en los rumiantes teniendo en cuenta que el rendimiento de un bovino obedece al buen funcionamiento de su aparato digestivo. Como estos digieren en dos etapas, los aditivos favorecen el proceso gástrico.

Durante décadas se han utilizado los aditivos en la producción animal por los efectos benéficos que producen en indicadores fisiológicos, productivos y de salud. De esta forma, se logran disminuir los costos e incrementar la eficiencia en los sistemas productivos.

La elaboración de este documento tiene como objetivo principal la investigación de los aditivos alimenticios utilizados en la nutrición animal (bovino para carne), siendo esta el área más importante y costosa en la producción animal. Y al concluir esta investigación conocer que aditivos alimenticios que hacen más eficientes los procesos metabólicos de los rumiantes.

## 2. Revisión de Literatura

### 2.1. Concepto de alimento y de aditivo.

Alimento: puede ser considerado como cualquier componente de una dieta o ración que aporta los nutrientes necesarios para el organismo animal (Gaggiotti, 2008). En este contexto, los nutrientes son compuestos orgánicos y/o inorgánicos, esenciales para los procesos metabólicos. Estos pueden ser carbohidratos, compuestos nitrogenados, lípidos, Vitaminas y Minerales, entre otros. Además de lo anterior, un alimento también puede ser utilizado para dar sabor, dar color y en algunas ocasiones para reducir el estrés y/o mejorar la palatabilidad, así como proveer de volumen o preservar el alimento; Estos son los aditivos ya que no son nutrimentos.

Así, alimento es toda sustancia que contribuye a asegurar en todas sus manifestaciones (producción y reproducción) la vida del animal que la consume. Los alimentos desde el punto de vista ganadero son todas aquellas sustancias que el hombre pone a disposición de los animales directa o indirectamente para que consumiéndolas puedan mantener con normalidad sus funciones vitales, alcancen su desarrollo corporal propio de la especie y den las producciones útiles que se pretenden obtener (Caravaca & Castel, 2003)

Es el medio a través del cual se realiza la transferencia de componentes químicos (nutrientes) al cuerpo animal. En líneas generales, es todo material (sólido o líquido) por medio del cual el ser vivo satisface sus requerimientos nutricionales (Church & Pond, 1990).

Por otra parte, aditivos: son todos aquellos componentes que mejoran el funcionamiento metabólico del animal y los que imparten textura, sabor y color a un alimento con la finalidad de hacerlo más apetecible (Figueroa *et al.*, 2011).

Cervantes *et al.* (2014) mencionan que los aditivos son sustancias que se agregan a los alimentos, generalmente en pequeñas cantidades, para aumentar o mejorar sus cualidades. Por ejemplo: complementar nutrientes, incrementar la ganancia de peso, mejorar la conversión alimenticia, modificar su apariencia, aroma, sabor y consistencia, facilitar su almacenamiento y procesamiento, influir en el organismo para el mejor aprovechamiento o prevenir y tratar enfermedades. Los aditivos que se utilicen deben estar autorizados por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Los aditivos son un grupo heterogéneo de ingredientes de diferente origen que, al adicionarse al alimento animal en pequeñas cantidades, modifican las características físicas, químicas, biológicas o sensoriales de los alimentos (Miltenburg, 1999).

Los aditivos para alimentación animal son tan numerosos y heterogéneos que es difícil hacer una definición precisa. No obstante, en términos generales, un aditivo alimentario se refiere a un producto incluido en la formulación a un nivel bajo de inclusión cuyo propósito es incrementar la calidad nutricional del alimento, el bienestar o la salud del animal. Se reconoce por la comunidad científica que la definición más aceptada del término aditivos para la alimentación animal es la emitida en el Reglamento (CE) No. 1831/2003 del Parlamento Europeo y el Consejo, donde se refiere que son sustancias, microorganismos y preparados distintos de las materias primas para piensos y de las premezclas, que se añaden intencionadamente a los piensos o al agua, a fin de realizar, en particular, una o varias funciones (Hernandez & Garcia, 2015).

### **Principales funciones en las que favorecen los aditivos:**

Las características de los piensos o de los productos de origen animal, las consecuencias ambientales de la producción animal, los rendimientos productivos, el bienestar, la salud, mediante su influencia en el perfil de la flora intestinal o la digestibilidad de los alimentos, o por su efecto coccidiostático o histomonostático.

### **2.2. Antioxidantes.**

Desde el punto de vista en medicina veterinaria el empleo del término estrés oxidativo emana de los numerosos estudios realizados sobre la base de la importancia de los suplementos vitaminas-minerales, para prevenir ciertas patologías metabólicas, o la incidencia de la mastitis. Además, en el primer caso el papel de determinados oligoelementos y vitaminas era analizado sobre todo desde el punto de vista de la enfermedad que podía ocasionar su intoxicación y, sobre todo, la carencia. Así podemos señalar la enfermedad del músculo blanco, en el caso del selenio y la vitamina E, la ataxia enzootica para el cobre o la deficiencia en zinc, sin ir más lejos. Sin embargo, en los últimos años hemos podido comprobar cómo se abordan estos estudios, considerando al estrés oxidativo como un trastorno primario, relacionado con la patogenia de ciertas enfermedades como es la mastitis, edema de la ubre, déficit en la síntesis de hormonas esteroides en vacas, miopatía nutricional degenerativa en ovinos, en aves se ha asociado con el desarrollo de enfermedades como el síndrome ascítico en pollos de engorde, hígado graso en gallinas ponedoras, problemas de fertilidad, hipocalcemia y en los que la suplementación vitamínica-mineral juega un papel curativo y, lo que es más importante, preventivo; y en perros y gatos a diferentes problemas clínicos, entre los cuales se encuentran las enfermedades renales, cardíacas, diabetes, asma, así como la inmunocompetencia en edades tempranas debido a la multitud de situación potencialmente estresantes que ponen en riesgo a los cachorros. (Castillo *et al.*, 2001)

A aquellas vitaminas que previenen estos procesos de oxidación de la célula, se les llaman antioxidantes, por lo que un antioxidante se puede definir como compuestos que impiden los procesos de oxidación y, por lo tanto, retrasan o previenen el estrés oxidativo. (Sanchez & Mendez, 2003)

### **2.2.1. Clasificación de los Antioxidantes.**

Los antioxidantes se dividen en:

#### **2.2.1.1. Enzimáticos**

Estos son regulados de acuerdo a los requerimientos celulares y pueden ser inducidos, inhibidos o activados por efectores endógenos (Cordova, et al., 2010). Dentro de los sistemas de defensa antioxidantes enzimáticos, se encuentran la catalasa, enzima especializada en neutralizar el peróxido de hidrogeno, esta también se encuentra en el interior de los glóbulos rojos, es capaz de transformar el  $H_2O_2$  en OH y agua (Davico, et al., 2012); superóxido dismutasa (SOD) que es una enzima intracelular distribuida en todo el organismo capaz de transformar el  $O_2$  en  $H_2O_2$ , también elimina el anión superóxido y cataliza la reacción de destrucción del anión superóxido, mediante la transformación de este en peróxido de hidrogeno, el cual puede ser destruido a su vez por la actividad de la catalasa o de la glutatión peroxidasa (Cruzet *al.*, 2011).

#### **2.2.1.2. No enzimáticos**

Estos constituyen un grupo de moléculas hidrófobas e hidrófilas que capturan los radicales libres y originan especies químicas menos nocivas para la integridad celular, se ubican principalmente en el citosol, matriz mitocondrial y nucleares, y en fluidos extracelulares (Cordova, et al., 2010). Los antioxidantes no enzimáticos se unen a los radicales libres y los transfieren en sitios donde pueden provocar daños, como de la membrana hacia el citoplasma, o los transforman en radicales menos agresivos (Huerta *et al.*, 2005).

Entre este grupo de antioxidantes se encuentra el sistema glutatión, cuyas propiedades lipofólicas y reductoras le otorgan importancia en las vías metabólicas así como en el sistemas antioxidantes de la mayoría de las células (Davico, et al., 2012). También está la vitamina E o alfa tocoferol, que es una de las primeras barreras de peroxidación de los ácidos grasos poliinsaturados, constituye probablemente el antioxidante lipofílico más eficiente. Reduce la formación de radicales lipídicos (interrumpe las cadenas de peroxidación de los lípidos insaturados) transformándose en radicales tocoferol, que vuelve a su forma reducida por la vitamina C; su presencia es esencial para la protección de las membranas celulares, neutraliza el oxígeno singulente, captura radicales hidroxilo, captura anión

superóxido y neutraliza peróxidos , protege al organismo de agentes tóxicos, evita la destrucción anormal de glóbulos rojos y los trastornos oculares, anemias y ataques cardiacos .Otra de las vitaminas en este grupo es la vitamina C (ácido ascórbico), que es un derivado acido de la glucosa, es uno de los más potentes antioxidantes naturales. Actúa principalmente en el medio acuoso y reduce al radical tocoferol (Cruzet *al.*, 2011).

El zinc también se encuentra dentro de esta clasificación ya que actúa reduciendo a formación de radicales hidroxilo a partir del peróxido de hidrogeno mediante la competencia con los iones  $Fe^{+2}$  y  $Cu^{+}$  que participan en la reacción de Finton; o bien disminuyendo la susceptibilidad de los grupos sulfidrilos de las proteínas a la oxidación. Y por último dentro de esta clasificación tenemos al Selenio, el cual se establece como un elemento traza esencial y como un tóxico natural para la salud animal, sin embargo hace poco se demostró que prevenía la distrofia muscular de origen nutrimental en el ganado, enfermedad asociada con la deficiencia de metaloenzima GSHPx (Cordova, et al., 2010).

#### **2.2.1.3. Naturales**

En estos se tienen los genes tempranos o genes que codifican para las proteínas del choque térmico. Las frutas de ser fuente de vitaminas, minerales y fiebre, también son fuente rica en compuestos bioactivos conocidos como fotoquímicos, en este grupo se ubican los compuestos fenólicos que estando en bajas concentraciones en los elementos, pueden prevenir algunos de los procesos implicados en el desarrollo del cáncer y enfermedades cardiovasculares (Quiróset *al.*, 2011).

#### **2.2.1.4. Sintéticos**

Los antioxidantes sintéticos fueron desarrollados a partir de la necesidad de obtener una protección más efectiva y, al mismo tiempo, más económica en relación a los antioxidantes naturales. Entre los antioxidantes sintéticos, cuatro de ellos son los más utilizados de la industria alimenticia y ahora para la conservación espermática: BHT, BHA, Galato de Propilo y TBHQ (Cordova, et al., 2010). Estos antioxidantes ayudan al control de las reacciones oxidativas en los alimentos; sin embargo, son cada vez menos utilizados en los alimentos por el riesgo que se puede generar en la salud de los consumidores(Sánchez *et al.*, 2008).

#### **2.2.1.5. Alimentos ricos en Antioxidantes**

La cantidad de vitamina E aportada por los alimentos es ampliamente variable. Los forrajes verdes y frescos son ricos en vitamina E mientras que los forrajes conservados (henos y ensilajes) poseen entre 20 y 80% menos vitamina E que los forrajes verdes y frescos. La concentración de vitamina E en las plantas declina rápidamente luego del corte, especialmente si son expuestos por períodos prolongados al oxígeno y a la luz solar. Los concentrados en general poseen bajo contenido de vitamina E con excepción de las semillas de oleaginosas crudas (ej. poroto de soja, semilla de algodón, etc.). La vitamina E se oxida fácilmente, el molido, calor, almacenamiento prolongado o la presencia de lípidos rancios disminuyen enormemente su concentración en los alimentos.

El contenido de Se del forraje depende de la concentración y disponibilidad de este elemento en el suelo y de la composición botánica del tapiz. Los animales alimentados con pasturas a base de leguminosas son más propensos a padecer carencias de Se debido a que las leguminosas tienden a contener menos Se que las gramíneas, además las fertilizaciones con superfosfato tienden a reducir las concentraciones de Se en las plantas. En los períodos con altas precipitaciones el contenido de Se de las pasturas tiende a disminuir debido a la pérdida de Se del suelo por lixiviación y a la dilución del contenido de Se en las plantas que crecen rápidamente. El contenido de Se de los granos de cereales es muy variable y depende de la concentración de este elemento en el suelo. Por otro lado, la mayoría de los subproductos de origen animal (ej. harina de pescado) con excepción de los productos lácteos generalmente poseen altas concentraciones de Se. Independientemente del nivel de Se en la dieta la disponibilidad de este mineral puede verse afectada por otros factores tales como ambiente ruminal, suplementación con grasa, calcio y azufre dietético, elementos trazas (ej. cobre, hierro, cinc, cobalto, etc.) y factores genéticos del animal (Reinoso & Soto, 2009).

#### **2.2.1.6. Beneficios del uso de antioxidantes en animales de granja**

En los animales de producción las aplicaciones de los antioxidantes se encaminan fundamentalmente para optimizar los rendimientos, de manera que no sólo obtengamos beneficios económicos, sino también mejoras en la calidad de las producciones (carne, huevos, leche...) y en la seguridad del consumidor, pudiendo reducir el uso de determinados compuestos sintéticos (por ej. los antibióticos) quedando para aplicaciones terapéuticas concretas. A través de la nutrición encontramos una forma económica, práctica y eficaz de administrar antioxidantes a los animales. Han sido empleadas para esta aplicación diversas sustancias hasta ahora: Vitamina E, Selenio (Se), Zinc, Cobre, Cromo, Carotenoides y Vitamina C (Sebastián, 2003).

Para el caso de los rumiantes, se ha comprobado que empleando diferentes dosis de vitamina E en la dieta de rumiantes han reportado efectos positivos al

disminuir la incidencia de enfermedades, mejorar la respuesta productiva, la respuesta del sistema inmunológico, aplicándose tres semanas antes del parto por vía IM, tiene un efecto positivo al disminuir la incidencia de retención placentaria. En becerros se ha estudiado que la inclusión de vitaminas E y Se disminuye la morbilidad en becerros infectados con *Pasteurella haemolytica*.

La suplementación de vitamina E también ha tenido respuesta en cuanto a la calidad de la canal. Se ha reportado que en bovinos de engorda la suplementación por arriba de los niveles establecidos por el NRC mantiene el color de la canal comparada con animales no suplementados, porque no hay una oxidación acelerada de la oximioglobina en metamioglobina, proteína que da las características organolépticas a la carne (Huerta *et al.*, 2005).

### **2.3. Aromas y(o) sabores.**

El uso de los saborizantes ha ganado mucha importancia en el campo de la nutrición de rumiantes. Esto es debido en gran medida a que los rumiantes se encuentran entre las especies más sensibles a la palatabilidad del alimento. Actualmente los encontramos incluidos en una amplia gama de productos (lácteo reemplazantes, premezclas minerales, piensos compuestos, concentrados, etc.). Su acción funcional es la de provocar una respuesta sensorial en el animal que estimule su apetito, resultando un aumento de la ingesta y mejora de la productividad del animal. Por otro lado, los aromas también son aditivos que aportan numerosas ventajas a la industria del pienso. Su uso ha facilitado la utilización de numerosos sub-productos agrícolas así como cubrir posibles variaciones sensoriales en las materias primas (Baumont, 1996).

#### **Terneros.**

La ingesta de alimento sólido es crucial para que los terneros realicen la transición de un sistema pre-rumiante a uno de rumiante funcional. La iniciación temprana al consumo de pienso de iniciación favorecerá un desarrollo óptimo del rumen y reducirá el tiempo y costes del destete (Church D. , 1998).

Fathi (2008) Evaluó los efectos de adicionar un aroma de vainilla a un pienso de iniciación sobre el rendimiento pre-destete y post-destete. El estudio mostró que los terneros alimentados con el alimento aromatizado pesaron más en el destete y al final del experimento. Además aumentó significativamente la ganancia de peso diaria en pre-destete (+21%) en comparación con los terneros del grupo de control. El consumo de pienso iniciador también fue superior (+19%) y los terneros alcanzaron los criterios de destete mas temprano entre 2 y 3 días antes.

**Terneros de engorda.**

La primera etapa de los terneros en sistemas de engorda es muy crítica. Los terneros recién llegados sufren un gran estrés como consecuencia del reciente destete, el transporte y la adaptación al nuevo manejo. Además, se introduce a los animales a un nuevo tipo de alimento (forraje con concentrado). Esta situación a menudo provoca una disminución del consumo de alimento y una mayor incidencia de enfermedades en los animales. Las estrategias para mejorar la ingesta de materia seca y nutrientes durante esta etapa pueden desempeñar un papel muy importante en la mejora del rendimiento de los sistemas de engorda. Mejorar la palatabilidad del alimento es una de las opciones recomendadas para alcanzar este objetivo. En este sentido, los saborizantes son una opción con una relación beneficio-costos muy buena para la mejora de la palatabilidad (Galyleanet *al.*, 1999).

Cuadro 1 Aromas recomendados en dietas de bovinos

GAMA DE AROMAS RECOMENDADOS PARA USO EN DIETAS DE BOVINOS		
Especie	Etapa	Aromas
Bovinos	Lactación	Lácteo, vainilla, mantequilla
	Iniciación	Lácteo, vainilla, mantequilla, naranja, coco.
	Engorde, acabado	Naranja, cítricos, anís, fenugreco, coco, melaza, arce.
	Bovinos de leche	Naranja, cítricos, anís, fenugreco, coco, melaza, arce.

**2.4. Aditivos vitamínicos.**

Las vitaminas son compuestos orgánicos requeridos para el mantenimiento y crecimiento de los animales, las cuales no son sintetizadas por ellos, por lo que tienen que aportarse en la dieta o por alguna otra vía. Las vitaminas tampoco son

fuentes de energía ni forman parte de las estructuras del cuerpo pero son indispensables para el metabolismo y algunas funciones específicas en el organismo (Lehninger *et al.*, 1995)

Las vitaminas se clasifican de acuerdo a su solubilidad en hidrosolubles y liposolubles. Las liposolubles (A, D, E y K) están formadas únicamente de carbono, hidrógeno y oxígeno, mientras que las hidrosolubles poseen además nitrógeno, azufre o cobalto, exceptuando la vitamina C e inositol. Como resultado de la síntesis microbiana, los rumiantes adultos aparentemente no requieren de suplementación de este grupo de vitaminas; sin embargo, debido a la intensificación de los sistemas de producción (dietas altas en concentrados, uso de aditivos que aceleran la tasa de crecimiento, estrés crónico) es posible, que bajo ciertas condiciones, la síntesis microbiana de vitaminas se deprima y/o se incrementen los requerimientos de ciertas vitaminas del complejo B en el animal por lo que pudiera considerarse la utilización de suplementos vitamínicos (Spears & Weiss, 2014).

En rumiantes las deficiencias vitamínicas son más comunes en pastoreo (NRC, 2000) y es común la aplicación intramuscular de vitaminas A, D y E, a la llegada de los animales al corral de engorda con el objetivo de prevenir deficiencias y mejorar el estado de salud en general; y cada vez es más común el uso de dosis supranutricionales de vitaminas con el objetivo de mejorar las características de la canal y mejorar la calidad de la carne. Además la disponibilidad de vitaminas que pueden estar protegidas de la degradación ruminal hacen necesario re-evaluar su uso y dosis en corrales de engorda sobre todo porque la selección genética y los niveles de producción así como las situaciones de estrés, han llevado a condiciones donde los requerimientos son presumiblemente más elevados.

Cuadro 2 Clasificación de vitaminas y sus diferentes sinónimos (McDowell, 2000)

Vitamina	Sinónimo
Solubles en aceite	
Vitamina A	Retinol, retinal, ácido retiónico
Vitamina D <sub>2</sub>	Ergocalciferol
Vitamina D <sub>3</sub>	Colocalciferol
Vitamina E	Tocoferol, tocotrienol
Vitamina K <sub>1</sub>	Filoquinona
Vitamina K <sub>2</sub>	Menaquinona
Vitamina K <sub>3</sub>	Menadiona
Solubles en agua	
Vitamina B <sub>1</sub>	Tiamina
Vitamina B <sub>2</sub>	Riboflavina
Vitamina B <sub>3</sub>	Niacina
Vitamina B <sub>4</sub>	Piridoxina, piridoxal
Vitamina B <sub>5</sub>	Ácido pantoténico
Vitamina H	Biotina
Vitamina M	Ácido fólico, folato
Vitamina B <sub>12</sub>	Cobalamina, cianocobalamina
Colina	Gospipina
Vitamina C	Ácido ascórbico, ascorbato, ácido cítrico.

#### 2.4.1. Vitaminas liposolubles.

##### 2.4.1.1. Vitamina A

La vitamina A es necesaria para el crecimiento normal y la salud del ganado bovino y es esencial para el mantenimiento de tejido epitelial (piel, ojo, revestimiento del gastrointestinal, respiratorio, urinario y tractos reproductivos), desarrollo de los huesos y la visión normal. De acuerdo con el NRC (2000) la vitamina A es la que posee mayor importancia práctica en la alimentación del ganado bovino de engorda debido al limitado uso de forrajes frescos en las dietas de crecimiento-finalización. Los vegetales no poseen vitamina A, sino carotenos o carotenoides ( $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno y criptoxantina), los cuales no tienen actividad de vitamina A como tal pero son precursores de la misma, por lo que se les llama provitaminas. En teoría, una molécula de  $\beta$ -caroteno equivale a dos de vitamina A; sin embargo, la capacidad del ganado bovino de engorda para convertir los carotenos en retinol (que es la forma activa de la vitamina A en los animales) es limitada (NRC, 1996), por lo que tiende a acumularse en el hígado, testículos, cuerpo lúteo, sangre, leche y tejido adiposo. Con respecto al tejido adiposo, existe un problema denominado grasa amarilla, el cual afecta al ganado bovino en pastoreo debido a una menor actividad intestinal de la enzima denominada 15,15'  $\beta$  caroteno dioxigenasa, lo que favorece que se acumule mayor cantidad de  $\beta$ -carotenos en el tejido adiposo de estos animales que provoca que el precio de esas canales sea menor a pesar de que la grasa amarilla no tiene implicaciones sanitarias de ningún tipo (Moraet *al.*, 2000).

### **Recomendaciones vitamina A en corrales de engorda.**

Las opciones para cubrir los requerimientos de vitaminas liposolubles del ganado en corral son la suplementación diaria en alimento o por aplicación intramuscular de un preparado vitamínico. La vitamina A es altamente degradada en rumen y se estima que solo el 33% del total agregado a la dieta llega al intestino y de ésta el 90% es absorbida, por lo tanto, solo el 30% del total de la vitamina consumida es metabolizada. De acuerdo a estudios realizados, las respuestas positivas a la suplementación de vitamina A en consumo de ms y ganancia diaria se observan cuando la concentración de retinol plasmático es menor a 0.23  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . En un estudio reciente evaluaron en becerros Holstein recién llegados la suplementación diaria de 30,000 UI de Vitamina A en forma de retinil palmitato. La suplementación de vitamina A incrementó el consumo y la ganancia diaria sin diferencias entre las formas de vitaminas evaluadas (Salinas *et al.*, 2014). La otra opción de suministrar vitamina A es aplicar 1 millón de UI de vitamina A en forma intramuscular durante la recepción lo cual le permite una reserva de cuatro meses.

#### **2.4.1.2. Vitamina D**

La vitamina D es fundamental para mantener la homeostasis del Ca, mineral de gran importancia debido a que está involucrado en una gran variedad de procesos fisiológicos. Se le conoce como vitamina antirraquítica y se sabe de su

existencia desde hace más de un siglo, cuando observaron que animales raquí-ticos mejoraban considerablemente al exponerlos a la luz solar (Berk, 1980). La deficiencia de vitamina D es poco probable en el ganado que se encuentra en instalaciones al aire libre.

Existen dos formas principales de vitamina D: el ergocalciferol, o vitamina D<sub>2</sub>, derivado del ergosterol, un esteroide vegetal; y el colecalciferol, o vitamina D<sub>3</sub>, de origen animal (NRC, 2000). La vitamina D también se obtiene por irradiación de 7-dehidrocolesterol que se encuentra en la piel. El primer paso es convertir las formas inactivas (ergocalciferol, colecalciferol o 7-dehidrocolesterol) en 25-hidroxitamina D en el hígado y posteriormente ésta se convierte en 1,25-dihidroxitamina D en el riñón, que es la forma activa de la vitamina D (Casas, et al., 2013). El mecanismo de absorción de Ca es un proceso dependiente de la vitamina D que, en el caso de los bovinos se presenta desde el rumen hasta el intestino grueso, siendo precisamente en el rumen donde se absorbe el 50% o más del calcio dietario (Schroder & Breves, 2006).

Se ha estudiado la importancia de la vitamina D en la calidad de la carne, ya que existen varios reportes con dosis elevadas de vitamina D por períodos cortos justo antes del sacrificio de los animales puede mejorar las características organolépticas de la carne (Montgomery, et al., 2004), en especial durante la engorda se han utilizado algún tipo de beta agonista o promotor del crecimiento, los cuales pueden impactar negativamente en la blandura de la carne (Reiling & Johnson, 2003). (Montgomery, et al., 2004) señalan que 500,000 UI de vitamina D por animal/día durante 8 días consecutivos antes del sacrificio son suficientes para mejorar la blandura de diversos cortes sin afectar el desempeño productivo de los animales, debido a que se incrementa la concentración de calcio muscular que favorecen la degradación de la proteína miofibrilar, que aunado a una disminución de la actividad de la  $\mu$ -calpaínas después del sacrificio, es un indicativo de que la actividad proteolítica se incrementa en el tejido vivo.

### **Recomendaciones de vitamina D en corrales de engorda.**

Como se mencionó anteriormente la suplementación de vitamina D en alimento obedece más a cuestiones relacionadas con características de la canal y los productos cárnicos que a impactos en el comportamiento productivo, aun así, el NRC (2000) indica requerimientos de vitamina D en 275 UI por kg de ms. En ese respecto, se ha demostrado que en animales sin recibir una suplementación extra de vitamina D en el alimento se disminuye la concentración plasmática de 25 (oh) D (3) hasta los 74 días; sin embargo, la concentración de la vitamina en tejido hepático permanece inalterado hasta los 184 días. Esto explica la ausencia consistente en la mejora del crecimiento y eficiencia del ganado en crecimiento-finalización como respuesta a la suplementación extra con vitamina D. General-

mente los aportes de vitamina D se llenan por la aplicación vía inyección de complejos vitamínicos ADE al recibimiento del ganado. Si se desea usar la vitamina D para tratar de mejorar la blandura de la carne las dosis pueden variar de 5 a 7.5 millones de UI por animal por día durante 5 a 10 días antes del sacrificio (Swanek, et al., 1999).

#### **2.4.1.3. Vitamina E**

La vitamina E funciona principalmente como antioxidante. Debido a que es soluble en grasa, la vitamina E es importante en la protección de las membranas celulares y ayuda a mantener la estructura y la función de todos los músculos, es esencial para el sistema inmunológico. La vitamina E es el nombre colectivo de un grupo de lípidos estrechamente relacionados denominados tocoferoles y tocotrienoles (Berk, 1980). Engloba ocho formas solubles en grasa, que se han aisladas de fuentes vegetales: cuatro tocoferoles y cuatro tocotrienoles (ambos como  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, y  $\delta$ -); los primeros poseen colas saturadas y los segundos colas insaturadas, y difieren en actividad biológica y antioxidante (Kayden & Traber, 1993), siendo el  $\alpha$ -tocoferol la forma de mayor actividad biológica. El isómero D es más activo que la forma L; de hecho, la vitamina E disponible en el mercado de manera comercial se encuentra en forma de acetato de dl- $\alpha$ - tocoferol. La vitamina E es inestable, oxidándose fácilmente en presencia de minerales y de ácidos grasos poliinsaturados (Church et al., 2003); no obstante, los tocoferoles soportan temperaturas elevadas, ácidos y álcalis, motivo por el cual su contenido es elevado en los aceites comestibles (Berk, 1980).

El NRC (2000) recomienda solo de 50 a 100 UI de vitamina E diariamente para crecimiento de novillos de engorda en finalización; sin embargo para obtener beneficios a nivel de sistema inmunológico y lograr impactos en la calidad de la carne se pueden incrementar las dosis. Los tocotrienoles se encuentran en concentraciones elevadas en el aceite de palma, el aceite de coco, el germen de trigo y cebada. Los tocoferoles se hallan en abundancia en los aceites de girasol, cacahuate, ajonjolí y oliva (Packer et al., 2001).

Al suministrar vitamina E se incrementan los niveles plasmáticos de  $\alpha$ -tocoferol y aproximadamente 99% del  $\alpha$ -tocoferol en la linfa se transporta en los quilomicrones al hígado y todos los tocoferoles y tocotrienoles tienen esta ruta (Bjørneboe et al., 1990). Posteriormente, el  $\alpha$ -tocoferol aparece en plasma, mientras las formas  $\beta$ -,  $\gamma$ -, y  $\delta$ - se secretan en la bilis o son excretadas en las heces (Brigelius & Traber, 1999). En plasma, el  $\alpha$ -tocoferol es transportado también por los eritrocitos. El almacenamiento y distribución en el organismo es muy amplio, llevándose a cabo en el hígado, músculo esquelético, tejido adiposo, corazón, pulmón, riñón, bazo, páncreas, adrenales, cerebro y testículos (Bjørneboe et al., 1990).

Los efectos de  $\alpha$ -tocoferol y  $\beta$ -caroteno en bacterias ruminales se han estudiado in vitro y deben tenerse presente para futuras evaluaciones. Su adición mejora el crecimiento bacteriano en presencia de ácidos grasos poliinsaturados y mejora la digestión de la celulosa debido a un mayor crecimiento de bacterias celulolíticas (Hinoet *al.*, 1993).

La vitamina E se ha utilizado en el ganado de engorda para incrementar la vida en anaquel de la carne. La carne es susceptible de deteriorarse a consecuencia de la oxidación de ácidos grasos y pigmentos contenidos en ella, generando olores, sabores y colores desagradables para el consumidor. La vitamina E, a dosis de 1000 UI diarios previene la formación de metamioglobina y la oxidación de ácidos grasos, manteniendo una apariencia agradable para el consumidor por más tiempo (Smithet *al.*, 1996).

### **Recomendaciones de vitamina E en corrales de engorda.**

Las respuestas a suplementación de vitamina E en el alimento han sido inconsistentes ya que en algunos estudios la suplementación diaria de 250 UI de vitamina E, en cualquiera de sus formas, ha mostrado efectos positivos en ganancia diaria pero no en otros (Zinn & Plascencia, 1996). El NRC (2000) recomienda una suplementación suficiente para aportar diariamente de 50 a 100 UI. Para animales estresados se recomiendan de 400-500 UI/d. Otra modalidad de suministro es la aplicación inyectable. La comparación de la aplicación de vitamina E vía subcutánea y la vía intramuscular a becerros recién llegados ha demostrado que se alcanzan niveles de tocoferol plasmático similares. Sin embargo, la vía subcutánea representa menor riesgo en afectaciones al músculo. En forma práctica en la recepción se aplica una inyección que contiene una combinación de vitaminas ADE, no siendo con esto necesaria la suplementación adicional en alimento. Para corrales donde se tenga la integración de la comercialización el producto hasta la venta en anaquel se sugiere considerar aumentar la vitamina E en alimento con base a un análisis costo beneficio por los incrementos en el tiempo de la calidad de presentación para el cliente final.

#### **2.4.1.4. Vitamina K.**

La vitamina K consiste en un grupo de compuestos solubles en grasa denominados quinonas los cuales difieren en la naturaleza de su cadena lateral. Está involucrada en diversos factores de coagulación sanguínea y se encuentra en tres formas, dependiendo su origen: la filoquinona o K<sub>1</sub> proveniente de fuentes vegetales, la menaquinona K<sub>2</sub>, sintetizada por la flora bacteriana y la menadiona o K<sub>3</sub>, de origen sintético. En los rumiantes la principal fuente de vitamina K es la proveniente de las bacterias ruminales (NRC, 2000). Las deficiencias de vitamina K en rumiantes son muy escasas debido a que los microorganismos ruminales

son capaces de sintetizarla en cantidades suficientes; y solo se presentan en caso de consumo accidental de warfarina, comúnmente usado como raticida y dicumarol, producto del enmohecimiento de los forrajes mal conservados (McDowell, 2000). Las dietas de corral de engorda no son suplementadas con vitamina K.

#### **2.4.2. Vitaminas hidrosolubles.**

El uso de suplementos de vitaminas del complejo B en el ganado de engorda prácticamente es inexistente debido a que se argumenta de que la síntesis de estos compuestos a partir de los microorganismos del rumen son suficientes para cubrir los requerimientos; sin embargo, es probable que los requerimientos de vitaminas del complejo B hayan aumentado por la selección genética y los actuales sistemas de producción y se requiera la suplementación de este grupo de vitaminas protegidas de la degradación ruminal.

##### **2.4.2.1. Tiamina**

La tiamina forma parte de la carboxilasa la cual es necesaria para reacciones de descarboxilación de cetoácidos, así como para la síntesis de acetilcolina, importante para el impulso nervioso, por lo que su deficiencia causa diversos trastornos neurológicos (McDowell, 2000). La polioencefalomalacia puede presentarse en bovinos de engorda consumiendo dietas con alto contenido de azufre, en esta situación podría ser recomendable incluir en la dieta un suplemento de tiamina (Amat, et al., 2013). Otro factor de riesgo para la presentación de polioencefalomalacia es el uso de dietas con altos niveles de melaza (Mella *et al.*, 1976). Actualmente, la inclusión de granos de destilería más solubles (DDGS) en sustitución de maíz grano es una práctica común. Los DDGS tienen alta concentración de azufre, por lo que la inclusión de altos niveles (>20%) puede predisponer la presentación de este problema (Amat *et al.*, 2014). Se ha informado del uso de tiamina para reducir la incidencia y la gravedad de la polioencefalomalacia inducida por azufre. El ion sulfito es un metabolito intermediario tóxico del azufre en rumiantes tiene la capacidad para destruir la tiamina causando la deficiencia de tiamina que constituyéndose en un factor de riesgo en la etiología de la polioencefalomalacia asociada con el consumo excesivo de azufre (Amat, et al., 2013).

#### **Recomendaciones de Tiamina en corrales de engorda.**

Se recomienda supervisar el nivel de azufre que no supere el 0.4% y que se analicen los sulfatos en el agua. Si el agua contiene 1000 ppm de sulfato sería

equivalente a 0.13% de S. Debe ponerse atención especial cuando se incorporen granos de destilería más solubles por su contenido de azufre (Nichols, et al., 2012). Si bien algunos investigadores recomiendan la suplementación de 100-500 mg/d de tiamina cuando se presente la poliencefalomalacia algunos trabajos no han logrado demostrar efecto benéfico con dosis de 150 mg/d (Neville, et al., 2010) por lo que lo más importante es la prevención del problema. La evaluación de productos de tiamina protegida de la degradación ruminal en corrales es algo que deberá de realizarse y podrá cambiar las recomendaciones de dosis.

#### **2.4.2.2. Biotina.**

La biotina es una vitamina hidrosoluble que actúa en el metabolismo intermedio como grupo prostético de las carboxilasas. La acetil-coenzima A carboxilasa-1 cataliza la unión de bicarbonato a la acetil-coenzima A para formar malonil-coenzima A para la síntesis de ácidos grasos; la propionil-coenzima A carboxilasa está involucrada en el metabolismo de amino ácidos, colesterol y ácidos grasos de cadena impar; la  $\beta$ -metilcrotonil-coenzima A carboxilasa participa en el metabolismo de la leucina; la piruvato carboxilasa convierte el piruvato en oxalacetato y la acetil-coenzima A carboxilasa-2 regula la oxidación de ácidos grasos. Existen evidencias de que la biotina actúa como un modulador genético involucrada en la expresión de genes, así como en diversas funciones biológicas como en el metabolismo de glucosa y lípidos, y en el sistema inmunológico (Fernandez & Lazo, 2011).

La biotina está relacionada con la diferenciación de células epidérmicas ya que se necesita para producción de queratina y el tejido córneo del casco (Al-Qudah & Ismail, 2012). Al respecto, varios estudios en ganado lechero indican que la suplementación de 10 a 20 mg/d de biotina mejora el estado de salud de las pezuñas (Fitzgerald *et al.*, 2000). De acuerdo con Al-Qudah & Ismail (2012), los niveles séricos bajos de biotina en bovinos se relacionan con desórdenes en las pezuñas de rumiantes (1.89 ng/ml en animales con laminitis vs. 2.83 ng/ml en animales sanos); además de estar positivamente relacionada con enzimas con actividad antioxidante como la glutatión peroxidasa y la glutatión reducida. Estos resultados indican que su uso podría evaluarse en corrales de engorda donde se tengan problemas de pezuñas.

#### **Recomendaciones de biotina en corrales de engorda**

Los requerimientos para biotina no están bien establecidos para bovinos en corral de engorda. Basados en resultados de disminución en la frecuencia de problemas de cascos y mejoras ligeras en la productividad de vacas lecheras

(Seymour, 1998) se piensa que para ganado de engorda en corral los requerimientos pueden estar en el rango de 10 a 20 mg diarios por animal.

#### **2.4.2.3. Colina**

La colina es un compuesto similar a las vitaminas que funciona en varias formas, principalmente como fosfolípido. Desempeña un papel importante en la integridad de la membrana celular y está involucrada en la digestión de lípidos y el transporte. Ha sido clasificada como una de las vitaminas del complejo B pero no satisface la definición estándar de una vitamina (Pinottiet *al.*, 2002). Los primeros experimentos de su uso en rumiantes en crecimiento mostraron respuestas contradictorias, lo que hacía su suplementación cuestionable. Sin embargo, la posibilidad de usar colina protegida de la degradación ruminal requiere reevaluar su uso en corrales de engorda.

En un experimento con novillos la colina ruminalmente protegida aumentó la ganancia de peso en 6.5%, disminuyó el consumo y mejoró la eficiencia en un 12% (Drouillard *et al.*, 1998) probaron distintos niveles de suplementación de colina en ganado en finalización observado las mejores respuestas (11.6%) en ganancia cuando suplementaron con 0.25%, ganancias intermedias (4.3%) con nivel intermedio de suplementación (0.5%) y sin efecto con 1.0% de suplementación lo cual indica que la dosis debe de establecerse. Resultados similares se obtuvieron en vaquillas en engorda ya que (Bindelet *al.*, 2000) observaron una respuesta cuadrática con la mejor respuesta con 20 g/d donde se incrementaron las ganancias en un 8.6%, mientras que dosis mayores afectaron negativamente la ganancia de peso. Existen fuentes de colina vegetal que son una alternativa interesante de evaluar en corrales de engorda dado que tienen un grado de protección natural y su costo es menor que el de otras fuentes protegidas.

#### **2.4.2.4. Niacina**

La niacina es un componente esencial de dos enzimas co-factores (NADH, NADPH) que están involucrados en más de 200 reacciones en el metabolismo de los carbohidratos, ácidos grasos, y aminoácidos. La disponibilidad de productos protegidos de la degradación ruminal indica que deberán evaluarse en corrales de engorda dado que la mayoría de trabajos han sido realizados en ganado lechero (Pescara *et al.*, 2010)

**Consideraciones para el uso de vitaminas del complejo B en ganado de engorda.**

En ganado de engorda, los valores de escape de vitaminas del complejo B se han determinado en 1,3 10 y 0% para riboflavina, niacina, ácido fólico y vitamina

B12, mientras que para tiamina un escape de 52% y de 22% para ácido pantoténico. Aun así, no se observaron efectos benéficos en el comportamiento productivo en becerros suplementados durante 144 días con niveles hasta 10 veces a los recomendados para cerdos aunque se detectó una ligera baja en la tasa de morbilidad (Zinn, 1987). Estos mismos investigadores concluyen que el flujo a intestino de las vitaminas del complejo B pueden ser estimadas con precisión a través del nivel de consumo y la composición de la dieta y que aparentemente el ácido pantoténico y ácido fólico pueden ser marginales en condiciones de bajo consumo y alto estrés, tal como sucede con becerros ligeros recién llegados al corral. Esto abre una pauta para retomar el estudio del papel de las vitaminas del complejo B en los actuales sistemas de producción de carne bovina, principalmente en la evaluación de vitaminas protegidas de la degradación ruminal mismas que han desarrollado diferentes laboratorios y empresas de aditivos alimenticios.

#### **2.4.2.5. Vitamina C**

La vitamina C, o ácido ascórbico, tiene el potencial antioxidante tanto en el medio intracelular (eliminando radicales libres del metabolismo celular) como en la membrana (donando electrones para reciclar el  $\alpha$ -tocoferol). La vitamina C puede donar uno o dos electrones en reacciones de óxido-reducción; al perder un electrón el ascorbato (vitamina C) se convierte en un radical libre, el cual es estabilizado y de este modo es poco reactivo (May, 1999). La utilización de vitamina C en rumiantes es limitada debido a que puede ser sintetizada a partir de la glucosa, por lo que el NRC (2000) no indica requerimiento para ganado de engorda, motivo por el cual existe poca investigación al respecto. Sin embargo, se ha demostrado que la vitamina C puede afectar la calidad de la canal, especialmente cuando la dieta del ganado es alta en azufre. (Pogge & Hansen, 2013) Recomiendan suministrar 10 g de vitamina C diarios cuando la dieta contiene 0.5% o más cantidad de azufre particularmente cuando se incluyen granos de destilería en corrales de engorda. Aun no existen fuentes protegidas de vitamina C para su evaluación en rumiantes.

## 2.5. Probióticos.

### 2.5.1. Concepto:

Los probióticos son microorganismos vivos (amistosos o beneficiosos) en una preparación o producto definidos viables (como las bacterias lácticas y las bifidobacterias) en diferentes formas, los cuales contienen cultivos de productos de su metabolismo que si se consumen regularmente en cantidades suficientes, pueden modificar el equilibrio bacteriano en el intestino, la microflora de la cavidad oral, vagina y piel (por implantación o colonización) en un compartimiento del huésped y tienen efectos beneficiosos para la salud, disminuyen en algunos casos la presencia de bacterias patógenas, estos pueden añadirse a los alimentos, la composición es a base de bacterias Gram (+) y (-), levaduras u hongos, como yogures y otros productos lácteos fermentados, o tomarse como suplementos (Castro, 2002).

La palabra probiótico ha ido evolucionando a través del tiempo, pero fue empleada por primera vez por Lilly & Stillwell (2006) para describir cualquier sustancia o microorganismo que contribuya al balance microbiano intestinal en los animales.

Rostagno *et al.* (2003) Indican que la base del concepto de la utilización de probióticos es la manipulación de la flora intestinal que influye benéficamente en la salud del animal hospedero. Los principales microorganismos utilizados como probióticos pertenecen a los géneros *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus* y levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) y hongos (*Aspergillusoryzae*)(Carro & Rainilla, 2002).

Castro & Rodriguez (2005) Definen probiótico como una preparación de un producto que contiene microorganismos viables en suficiente número para alterar la microflora (por implantación o colonización) en un compartimiento del hospedero y que provocan efectos benéficos sobre la salud de éste.

Risley (2005) Indica que el supuesto que respalda el funcionamiento de los productos microbianos para administración directa (probióticos) en el alimento, es que existe un equilibrio crítico entre las bacterias benéficas y las potencialmente patógenas. Cuando se rompe este equilibrio debido al estrés (destete, cambios ambientales, cambios en la dieta, enfermedades), se afecta negativamente la salud y el rendimiento de los animales. Además de mantener el equilibrio, este mismo autor menciona que se da un mejoramiento de los rendimientos, debido a una competencia contra las bacterias patógenas por los nutrientes del intestino, una competencia contra los patógenos por los sitios de unión a la pared intestinal, la producción de compuestos tóxicos para los patógenos y el estímulo

del sistema inmune, de tal manera que el huésped está listo para combatir al patógeno invasor.

### **2.5.2. Mecanismos de acción de los probióticos.**

- Figuroa *et al.* (2006) mencionan que se han propuesto varios mecanismos de acción para los probióticos entre los que destacan:
- Reducción del pH intestinal, debido a los ácidos excretados por los microorganismos probióticos, lo que evita la proliferación de los patógenos.
- Efecto competitivo de los probióticos que puede deberse a la ocupación de los lugares de colonización.
- Capacidad de secreción de antibióticos naturales por parte de los Lactobacilos y bacterias bífido-génicas, que pueden tener un amplio espectro de actividad sobre patógenos.
- Efecto sobre el sistema inmunológico del intestino; esto aumenta las posibilidades para mayor competencia por los receptores y por sitios de adhesión en la mucosa intestinal, mayor inhibición del crecimiento de algunas especies de patógenos, aumento de competencia de nutrientes con la flora intestinal, mayor prevención de transposición bacteriana y aumento de la secreción de mucina protectora del intestino.
- También, Se mejora la absorción de lactosa lo que puede deberse a la acción de la enzima  $\beta$ -galactosidasa producida por *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* (normalmente presentes en el yogurt).

Los Aditivos denominados probióticos son sustancias o compuestos usados en la formulación de alimentos para animales, con el objeto de:

Complementar las necesidades nutricionales para mejorar la producción animal, en particular afectando la flora gastrointestinal o mejorando digestibilidad de otros ingredientes.

- Afectan favorablemente las características de los ingredientes de la dieta.
- Previenen o reducen el efecto dañino causado por la excreción de los animales mejorando el medio ambiente.
- Crear condiciones favorables en el intestino delgado bajo el control o modulación de la población bacteriana de los animales para mejorar la digestión de los alimentos.
- Mejoran el olor, sabor y la preservación de los alimentos para animales.
- También ayudan a mantener bajo control a organismos potencialmente dañinos en los intestinos (bacterias dañinas y levaduras).
- Actúan colonizando el intestino delgado y desplazando los organismos causantes de enfermedades, por lo cual restauran el equilibrio adecuado de la flora intestinal.
- Compiten con los organismos dañinos por los nutrientes y también pueden producir sustancias que inhiben el crecimiento de organismos dañinos en el intestino.

- Estimulan el sistema inmunológico del cuerpo; también pueden ayudar a combatir varias enfermedades gastrointestinales. (Santamaría, 2004)

Según Cajaet *al.* (2003) las nuevas medidas en cuanto a la restricción del uso de antibióticos como promotores de crecimiento aunque son esperadas, no por ello dejan de producir un problema de urgente y difícil solución en la práctica. Esto es debido a que el empleo de muchos aditivos entre ellos los antibióticos además de justificarse por razones económicas inmediatas, tienen en muchos casos una justificación razonable debido a la mejora en la eficiencia de los procesos metabólicos y de la salud de los animales. En éste sentido se ha intensificado el uso de los probióticos principalmente en rumiantes en donde se han encontrado resultados promisorios.

### **2.5.3. Uso de probióticos en rumiantes.**

Los microorganismos que constituyen los probióticos son principalmente bacterias capaces de producir ácido láctico, que son las más conocidas, pero también se incluyen bacterias no lácticas, levaduras y hongos. Es importante destacar que ésta es una primera e importante diferencia entre monogástricos y rumiantes, en lo que se refiere a las posibilidades de utilización de los probióticos. Esto es debido a que los rumiantes son capaces de producir importantes cantidades de lactato y lactobacilos en el retículo-rumen en condiciones naturales de acidez (raciones con elevado concentrado). Uno de los puntos de mayor interés del empleo de los probióticos en rumiantes es controlar la acumulación de lactato a nivel de rumen, el cual se intenta conseguir por medio de la estimulación de los microorganismos utilizadores de lactato y estimuladores de la síntesis de propionato. Para este objetivo, son pocos los probióticos que han sido estudiados en el caso específico de los rumiantes (Cajaet *al.*, 2003).

Según Carro & Rainilla (2002) el mecanismo de acción de las levaduras en el caso de los animales rumiantes es múltiple y complejo: eliminan trazas de oxígeno que penetran en el rumen y favorecen así el crecimiento de las bacterias anaeróbicas estrictas; compiten con las bacterias amilolíticas productoras de lactato por la glucosa y oligosacáridos, disminuyendo la producción de lactato; liberan al medio ruminal ácido málico que favorece el crecimiento de *Selenomonas ruminantium*, la cual es capaz de metabolizar el lactato hasta propionato; y producen nutrientes que estimulan el crecimiento de las bacterias ruminales. Como consecuencia de estas acciones, el pH ruminal se estabiliza (se impide el descenso acusado del mismo cuando se administran raciones altas de carbohidratos) y aumenta la degradación de la fibra (debido a la proliferación de las bacterias celulolíticas).

### **2.5.4. Ventajas para los rumiantes.**

- Estimulación del crecimiento de microorganismos benéficos en el rumen (bacterias anaeróbicas, celulolíticas, utilizadores del ácido láctico).

- Se requieren células de levadura metabólicamente activas para estimulación del rumen.
- Influencia sobre el metabolismo del ácido láctico
  - bacterias que digieren la fibra producen ácido acético (ácido débil)
  - bacterias que consumen el lactato remueven el ácido láctico (ácido fuerte)
  - A consecuencia, el pH se estabiliza y mejora la digestión.
- La estimulación de la actividad ruminal aumenta el consumo de alimento y agua y mejora el rendimiento del animal.
  
- Estimulación de la síntesis proteica (ganado leche o carne) aumento del flujo de proteína microbiana del rumen (conversión más eficiente del N del NH<sub>3</sub> hacia proteína bacteriana).
- En el vacuno de alta producción al comienzo de la lactación su empleo activa la digestión ruminal, con repercusiones positivas en el apetito, en la eficiencia alimenticia, en la producción de leche y en las tasas butirométricas y proteicas, además aumentan la actividad celulolítica de las bacterias ruminales y ciertos minerales u oligoelementos pueden operar como probióticos en el metabolismo ruminal.
- El ácido fítico de los cereales (trigo), se transforma en fósforo asimilable por la acción de determinados probióticos, la digestibilidad se incrementa, potenciando la actividad de la flora ruminal, en una mejor digestión de la celulosa, así como favorecen el desarrollo de las bacterias productivas de gas metano, con fines netamente productivos (García, 1997).

## 2.6. Prebióticos.

El término prebiótico Castro & Rodríguez (2005) lo definieron como los ingredientes no digeribles de los alimentos que afectan beneficiosamente al huésped, por una estimulación selectiva del crecimiento o actividad de una o un limitado grupo de bacterias en el colon. También lo denotan como ingredientes no digeribles que tienen la propiedad potencial de mejorar la salud, debido a que favorecen el crecimiento selectivo de bacterias intestinales beneficiosas. Dentro de los prebióticos más utilizados, están los fructo-oligosacáridos (FOS) conocidos como oligofructosa e inulina, y los carbohidratos de cadena corta, como son los manano-oligosacáridos (MOS). Ambos son componentes de cultivo de levaduras y de plantas (Anderson, et al., 1999).

Rostagno *et al.* (2003) sustentan lo anteriormente descrito e indican que los prebióticos son ingredientes alimenticios que no sufren la acción de las enzimas digestivas del animal, pero que estimulan selectivamente el crecimiento y/o la actividad de bacterias benéficas en el intestino. Además, agregan que son carbohidratos no digeribles (como pared celular de plantas y levaduras) clasificados de esta forma por estar constituidos por complejos de oligomanano-proteínas,

principalmente de manano-oligosacáridos, que poseen la capacidad de ligarse a la fimbria de las bacterias e inhibir la colonización del aparato digestivo. Estos mismos autores indican que las cadenas cortas de polisacáridos de tres a diez azúcares simples, son las que poseen las mejores características prebióticas. Parte de la función de los prebióticos es que son una fuente de alimento para los probióticos, estimulando su crecimiento, proliferación y eliminando espacio alguno para el establecimiento de bacterias patógenas dentro del lumen intestinal.

Según Figueroa *et al.* (2006), los fructo-oligosacáridos (FOS) son los oligosacáridos no digeribles más estudiados en cuanto a sus propiedades prebióticas. Contienen de dos a setenta unidades de fructosa, son carbohidratos de reserva que se encuentran en las plantas y pueden ser sintetizados a partir de sacarosa. Las bifidobacterias son capaces de digerirlos ya que producen la enzima  $\beta$ -fructofuranosidasa. Estos carbohidratos no pueden ser digeridos por los animales, debido a la presencia de enlaces  $\beta$  2-, característica que los define como oligosacáridos no digeribles.

Otros prebióticos ampliamente estudiados son las fructanas de inulina, que incluyen la inulina nativa, la inulina enzimáticamente hidrolizada (oligofructosa) y los FOS sintéticos.

La inulina está compuesta de cadenas de 25 a 30 moléculas de fructosa, constituidos principalmente por enlaces  $\beta$ -1, 2 Fructosil-fructosa. Los subproductos de trigo contienen altas concentraciones de oligofructosa (0,4% a 0,50%) (Anderson *et al.*, 1999). Además, existen los compuestos sintéticos derivados de la lactosa conocidos como galacto-oligosacáridos (GOS). Estos compuestos están presentes en la leche humana y bovina. Existen otros compuestos llamados xilo-oligosacáridos que se obtienen por hidrólisis química de xilanos y poli-dextrosas (Anderson *et al.*, 1999).

Figueroa *et al.* (2006) Sugiere como principal mecanismo de acción de los prebióticos que al ingerirlos la flora bacteriana no deseada disminuye y aumenta la flora bifidobacteriana benéfica en la zona intestinal, principalmente a nivel del colon.

Es generalmente aceptado que la población bacteriana residente en el tracto gastrointestinal tiene un impacto fundamental en la función intestinal y en la salud animal (Conway, 2001).

Generalmente las bacterias de la flora intestinal se pueden dividir en géneros que son perjudiciales o beneficiosos para el hospedero. Entre las bacterias perjudiciales se incluyen especies de los géneros *Clostridium*, *Veillonella*, *Staphylo-*

*coccus*, *Proteus* y algunas veces *Bacteroides*, *Enterococcus*, *Escherichia* y *Streptococcus*. Estas bacterias producen sustancias potencialmente dañinas para el hospedero (Gibson & Roberfroid, 1995).

Los prebióticos de la dieta escapan de la hidrólisis enzimática del intestino delgado y entran al ciego sin cambios en su estructura. Estas sustancias no son excretadas en las heces, lo que indica que son fermentadas completamente en el colon (Conway, 2001).

La utilización de estos compuestos es mediada por las enzimas de hidrólisis de las bacterias del colon, de tal forma que las bacterias producen enzimas glicolíticas que los hidrolizan en mono o disacáridos los cuales son transportados al interior de la célula donde son metabolizados a ácidos grasos de cadena corta, L-lactato, dióxido de carbono e hidrógeno (Castro & Rodriguez, 2005). Estos ácidos grasos de cadena corta, particularmente acetato, butirato y propionato son los principales productos finales de las reacciones de fermentación bacteriana que acidifican el colon. Esta disminución de pH del medio es favorable para el desarrollo de bacterias como bifidobacterias y lactobacilos, y genera un medio adverso para el crecimiento de especies potencialmente patógenas. Además todos los ácidos grasos de cadena corta se absorben rápidamente en el intestino grueso para ser metabolizados por los distintos tejidos (Swennenet *al.*, 2006).

Tizardet *al.* (1989) describen tres mecanismos de acción para los prebióticos:

1) El primero sugiere que los prebióticos impiden que las bacterias patógenas se unan a las manosas ubicadas en el lumen de las células intestinales del huésped. El mecanismo de acción de los prebióticos es unirse a los patógenos a través de la fimbria tipo 1 manosasensitiva que se encuentra en numerosas cepas de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.* Esta acción reduce la colonización del tracto digestivo por patógenos, los que son excretados en las heces.

2) Como segundo mecanismo se dice que los prebióticos activan la parte complementaria del sistema inmunológico a través de la estimulación de la actividad fagocítica, acelerando la eliminación de los patógenos del animal huésped. Se considera que el 75% de todas las células inmunológicas en el cuerpo del animal están localizadas dentro del intestino como parte del tejido linfoide, proporcionando protección inmunológica, tanto específica como no específica, de manera de proteger la superficie del tracto gastrointestinal.

3) El tercer mecanismo de acción de los prebióticos es por medio de la estimulación de las Inmunoglobulina A de la mucosa, que forman parte importante de la respuesta inmunológica específica, previniendo la adherencia de las bacterias, ó de las toxinas, a las células epiteliales del intestino. Los mecanismos mediante los cuales los prebióticos estimulan la producción de la IgA no han sido totalmente esclarecidos, aunque existe la hipótesis de que las células M toman pequeñas porciones de prebióticos y los transporta a las placas de Peyer para que puedan actuar como auxiliares en el estímulo para la producción de IgA.

Piva & Rossi (1999) comentan que los efectos de los prebióticos dependen del tipo de compuesto y su dosis, de la edad de los animales, de la especie animal y de las condiciones de la explotación.

Castro & Rodriguez (2005) recomiendan el empleo de prebióticos, en donde han observado su mayor efecto cuando se utilizan en etapas de estrés como por ejemplo post-destete en mamíferos. Collins & Gibson (1999) mencionan tres condiciones necesarias para que los prebióticos mantengan las características benéficas que antes se mencionaron:

1. Deben permanecer estables, en las condiciones ácidas del estómago y las secreciones del intestino delgado.
2. Deben transferirse intactos al colon.
3. Deben tener un metabolismo selectivo.

También, al igual que los probióticos, los prebióticos están disponibles en diferentes presentaciones, pero en mayor cantidad en polvo. Los aditivos pertenecientes a este grupo son seguros para los animales, los humanos y para el medio ambiente.

## **2.7. Simbiótico.**

Castro & Rodriguez (2005) mencionan el término simbiótico como un producto que contiene tanto probióticos como prebióticos. Este término debería reservarse para productos en los cuales los componentes prebióticos selectivamente favorecen los componentes probióticos, ya que la palabra alude al sinergismo (Figueroa *et al.*, 2006).

El término de sinergia implica que el efecto de la adición de dos sustancias (probiótico y prebiótico) es superior al efecto de la suma del aporte individual de cada uno, principalmente debido a que un prebiótico sirve de sustrato a los probióticos para una mayor proliferación.

Perez (2008) la justificación del uso de los simbióticos, se basa en observaciones que muestran la mejoría de la supervivencia de las bacterias probióticas durante el tránsito por el tracto digestivo superior. La implantación más eficiente en el colon y el efecto estimulante del crecimiento de los probióticos y la flora bacteriana intestinal que contribuyen a mantener la homeostasis intestinal y la salud del organismo.

La relación simbiótica se basa en cómo los oligosacáridos (un tipo de fibra soluble) sirven para potenciar la acción de las bacterias beneficiosas, que los utilizan para alimentarse y desarrollarse. Los especialistas en nutrición llevan ya

más de una década recomendando la incorporación de alimentos simbióticos a la dieta a fin de fortalecer el sistema inmunológico e inhibir cánceres de colon y vejiga. Los simbióticos actúan como inhibidores de la acción de los oncogenes, previniendo su propagación. Además, parece ser que optimizan la acción de los tratamientos para curar la hipercolesterolemia y mejoran la biodisponibilidad de hierro y zinc, entre otros elementos minerales. La combinación más popular hasta la fecha contiene *Bifidobacterium* y fructo-oligosacáridos, pero también son posibles otras combinaciones. No obstante, aunque esas combinaciones no estén suficientemente estudiadas, hay indicaciones sobre la posibilidad que tienen de aumentar la supervivencia de las bacterias a lo largo del tránsito intestinal y por tanto, mejorar su potencialidad para desarrollar su función en el colon. En definitiva, lo que ocurre en los alimentos simbióticos es un sinergismo entre los prebióticos y los probióticos, como por ejemplo lo que ocurre entre la cantidad de fibra de la dieta con la microflora intestinal: una dieta pobre en fibra puede producir cambios en la ecología de la microflora intestinal y una disminución en la población de *Lactobacillus*, con aumento de bacteroides capaces de desdoblar los ácidos biliares secundarios en compuestos carcinogénicos, como el deshidronorcoleno y el metilcolantreno (Perez, 2008).

## **2.8. Coccidiostatos y otros antiparasitarios de uso en el alimento**

### **2.8.1. Antecedentes**

Entre las parasitosis de mayor importancia económica que afectan a los animales de granja y cuyo control se puede realizar parcialmente a través de la inclusión de drogas en el alimento, se encuentran las coccidiosis y las helmintiasis o verminosis.

Coccidiosis es la enfermedad causada por coccidias, un grupo de protozoarios, que se alojan en el epitelio intestinal de los animales, en donde se multiplican asexual y sexualmente, eliminando posteriormente huevecillos en las heces, que esporulan en el exterior; los huevecillos tienen la particularidad de ser muy resistentes a las condiciones adversas del medio, por lo que las infestaciones son fáciles de realizar.

Helmintiasis o verminosis son parasitosis causadas por gusanos redondos (nematodos) y planos (cestodos y trematodos) que habitan principalmente el tubo gastrointestinal, las vías respiratorias, las vías biliares y menos frecuentemente en los riñones y otros órganos de los animales. En general las hembras de los parásitos ponen huevos que se eliminan en las heces; en el exterior se pueden desarrollar larvas libres o pasar a intermediarios.

### **2.8.2. Factores que favorecen la presentación de las parasitosis**

Existe una estrecha relación entre los parásitos, el medio ambiente y la susceptibilidad del hospedero. En general se considera que la mayoría de los parásitos requieren humedad y calor para desarrollarse en el medio externo. De los animales domésticos, los más afectados son aquellos intensamente explotados, en donde el medio ambiente ha sido modificado a favor de los parásitos; la alta concentración animal y la aplicación de ciertas prácticas (ej. Dietas líquidas o con melaza, uso de cama, pastoreo) han favorecido el ciclo biológico de los parásitos y las posibilidades de infección. Por otra parte los animales jóvenes y débiles son los más susceptibles a las enfermedades parasitarias; también se aumenta el parasitismo en ciertos estados fisiológicos del animal, como después del parto y durante la lactancia.

Desde este punto de vista, la coccidiosis es económicamente importante en la producción de aves (pollo de engorda y polla de reemplazo), rumiantes jóvenes y conejos. Las parasitosis gastrointestinales por vermes hematófagos son importantes en rumiantes jóvenes en pastoreo en climas húmedos y cálidos, así como en confinamiento estrecho.

### **2.8.3. Método de control**

Las parasitosis son difíciles de erradicar, por lo que las pérdidas sanitarias han sido dirigidas a su control. Para esto los métodos empleados han sido.

- Control sanitario de los alojamientos. Para reducir la humedad, el contacto con las heces y los huevecillos o larvas de los parásitos.
- Manejo de los animales. Incluye sistemas de pastoreo rotacional, pastoreo mixto (de dos o más especies), y cambios de cama y sistemas de explotación (ej. En jaula vs piso).
- Métodos farmacológicos. Han sido los más desarrollados y empleados; desde la nicotina y el sulfato de cobre para el tratamiento de la hemoncosis de los borregos, y las sulfonamidas para la coccidiosis aviar, hasta los antibióticos ionòforos para el control de la coccidiosis, o las drogas de amplio espectro, como el cabendazole, para las parasitosis por gusanos planos y redondos.

Las drogas que matan completamente los parásitos son llamados parasiticidas; en el caso de los que matan las coccidias, se nombran coccidiocidas. Los coccidiostatos, en cambio, reducen el número de parásitos a tal grado que sus efectos detrimentales sobre el hospedador no son importantes. En muchos casos, la droga proporcionada a diferentes dosis, tiene ambos efectos por lo que algunas personas prefieren usar el término de antiparasitarios; por ejemplo anti-helmínticos, anticoccidiales (Martinez, 1990).

## **2.9. Ionóforos.**

Los antibióticos ionóforos que hasta ahora se les ha encontrado actividad anticoccidica, son la monensina, la salinomycin y la lasalocida. Estas drogas se acumulan y retienen en los esporozoitos extracelulares y probablemente también en los merozoitos, por lo que se considera que detienen el desarrollo de la coccidiosis en sus fases iniciales. Aparentemente el desarrollo de resistencia ha sido lento. Por otra parte estos antibióticos tienen efectos positivos sobre la utilización de alimentos por animales rumiantes. (Martinez, 1990).

La manipulación del rumen se puede hacer mediante sustancias que alteren el ambiente del rumen (buffers o tampones), modifiquen la actividad metabólica y proporción de ciertos microorganismos (ionóforos), mejoren el ambiente ruminal (cultivos microbianos), o incrementen la utilización de los alimentos (enzimas). El uso de ionóforos en la alimentación de rumiantes ha sido uno de los avances biotecnológicos más importantes, debido a que mejoran la eficiencia productiva en forma consistente y efectiva.

### **2.9.1. Mecanismo de Acción de los Ionóforos**

La teoría quimiostática de Mitchell (1961) establece que las bacterias utilizan ATPasa para transportar protones a través de la membrana celular, lo que origina potenciales eléctricos y químicos, que forman la fuerza motriz de protones. Algunas bacterias dependientes del gradiente iónico a través de su membrana celular, generan energía (ATP) a partir de la fuerza motriz de protones (Rusell, 1987).

Los ionóforos son compuestos lipofílicos capaces de transportar y ligar iones y cationes como  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$  (Rusell & Strobel, 1989) a través de la membrana celular de organismos procariotes y eucariotes. Existen diversos ionóforos, pero los carboxílicos (monensina y lasalocida) son los que se han utilizado con mayor frecuencia en la alimentación de rumiantes. Estos compuestos antibióticos tienen una estructura lineal, con varios grupos funcionales de oxígeno, grupos carboxilo, hidroxilo y amino (Pressman, 1976). Los ionóforos y los iones que transportan, se unen a través de interacciones dipolo, enlaces de H y fuerzas de Van der Waal. La monensina se une preferentemente a cationes monovalentes, mientras que lasalocida se une a iones monovalentes y bivalentes (Elsasser, 1984).

Los ionóforos afectan a algunas bacterias ruminales, debido a que interrumpen el intercambio iónico y modifican los gradientes protónicos y catiónicos de la membrana celular. Como respuesta a esta modificación de gradientes, las bacterias inician un bombeo activo de protones al exterior que les permite mantener las concentraciones iónicas y el equilibrio ácido-básico en su interior; sin embargo, estos procesos requieren suficiente energía metabólica extra (Rusell, 1987).

La monensina (M), además de facilitar el intercambio  $H^+$  y  $Na^+$  a través de las membranas celulares, también facilita el intercambio de  $K^+$  y  $H^+$  y el flujo de iones, lo cual ocasiona la salida considerable de  $K^+$ , acumulación de  $H^+$  y disminución del pH. Una vez que el pH intracelular es invertido, la monensina provoca la salida de  $H^+$  y la entrada de  $Na^+$ . Como se mencionó anteriormente, estos mecanismos gastan energía (ATP) para expulsar el exceso intracelular de  $H^+$ , por lo que la energía disponible para el metabolismo y crecimiento bacteriano se reduce considerablemente (Russell, 1987).

Por su parte, la lasalocida tiene alta afinidad por  $K^+$ , por lo que la difusión del intercambio  $K^+$ /protón parece ser su efecto principal en la célula (Russell & Strobel, 1989). Este ionóforo, al igual que monensina, modifica el potencial electroquímico de la membrana celular, aunque su eficacia depende de las concentraciones de  $K^+$ . Altas concentraciones extracelulares de  $K^+$  disminuyen la actividad de la lasalocida en el transporte de protones (Schwingel et al., 1989).

La monensina y la lasalocida tienen efectos similares en el flujo de iones, pero su efectividad puede diferir. Algunos estudios demuestran que la monensina es más potente que la lasalocida, lo cual parece estar asociado a las características de cada ionóforo. La lasalocida es más lipofílica que la monensina, lo que ocasiona que penetre menos ionóforo a través de la membrana celular de la bacteria. A la vez, concentraciones bajas de monensina se han encontrado mucho más efectivas contra *Fibrobacter succinogenes* que la lasalocida (Chow & Russell, 1992). Por su parte, la tetranosina, ionóforo que actúa como un antiportador de cationes bivalentes, al parecer es 10 veces más potente que la monensina, como resultado de la gran sensibilidad de las bacterias ruminales al agotamiento de cationes bivalentes (Newbold et al., 1988).

### **2.9.2. Efecto de los Ionóforos en la Población de Microorganismos Ruminales.**

Al demostrarse que los antibióticos influyen sobre los microorganismos, durante muchos años se ha intentado utilizarlos para controlar el número y tipo de bacterias ruminales, así como los patrones de fermentación ruminal. Los ionóforos afectan más a las bacterias Gram positivas que a las Gram negativas. Las bacterias Gram positivas, además de carecer de membrana externa, producen succinato por un sistema redox y dependen del nivel de fosforilación de sustratos para generar ATP. Esto origina que la energía generada por la fuerza motriz de protones utilizada por estas bacterias para su crecimiento, sea utilizada para contrarrestar los efectos de los ionóforos, lo que finalmente resulta en la reducción del desarrollo celular. (Chen & Wolin, 1979).

Por otra parte, la mayoría de las bacterias ruminales Gram negativas son más resistentes a los ionóforos, debido a que no dependen de la energía generada por la fuerza motriz de protones. Estas bacterias tienen capacidad para producir ATP vía fosforilación oxidativa y transporte de electrones; además, la membrana celular de las Gram negativas está conformada por un complejo de multicapas separadas por una capa rígida de peptidoglucano, lo que las hace aun más resistentes a los ionóforos. A pesar de ello, existen algunas bacterias ruminales de este tipo, como *Butyrivibrio fibrisolvens* y *Ruminococcus flavefaciens*, sensibles a la monensina y la lasalocida (Dennis *et al.*, 1981) También el crecimiento microbiano poblacional y la actividad metabólica de otras especies Gram negativas, como *Prevotella ruminicola*, son afectados por la monensina (Morehead & Dawson, 1992).

Las bacterias Gram negativas son inicialmente sensibles a ciertas concentraciones de ionóforos, pero si la concentración es baja, modifican sus propiedades metabólicas para sobrevivir, prevalecer, crear resistencia y multiplicarse. En un estudio realizado por Newbold *et al.*, (1993b), se desarrollaron cepas resistentes a la monensina y a la tetranosina (*Fibrobacter succinogenes* S85, *Prevotella ruminicola* M384 y *Veillonella parvula* L59), y a otros ionóforos como la lasalocida y la ovoparcina. Inicialmente, *Streptococcus bovis* también es inhibido por la monensina y la lasalocida, aunque los cultivos reincubados con concentraciones bajas de monensina presentan un crecimiento rápido, en tanto que los cultivos reincubados con lasalocida crecen más lentamente. Estos resultados sugieren que la lasalocida tiene mayor afinidad por la membrana celular que la monensina (Chowet *et al.*, 1994).

Al parecer, bajo ciertas condiciones experimentales, los protozoarios y hongos ruminales también son sensibles a los ionóforos. Algunos estudios demuestran que la monensina disminuye del 4 al 63% el número de protozoarios (Newbold *et al.*, 1993b) encontraron que el crecimiento *in vitro* de una mezcla de hongos ruminales fue suprimido por la salinomycin, la monensina y la portomicina; además observaron que el efecto fungistático de los ionóforos es mayor en *Piromona spp.* Que en *Neocallimastix spp.*

### **2.9.3. Efecto de los ionóforos en el ambiente ruminal.**

Los ionóforos modifican indirectamente el ambiente ruminal, como resultado de los cambios en el ecosistema ruminal. Según Bergen & Bates (1984), los ionóforos causan los siguientes efectos biológicos en los rumiantes:

- 1) mejoran la proporción acetato-propionato;
- 2) incrementan la concentración de lactato usado para propionato vía acrilato;
- 3) disminuyen la desaminación y degradación de proteínas en el rumen;
- 4) inhiben la producción de formato en bacterias Gram positivas;

- 5) reducen la generación de metano, como resultado de la menor disponibilidad y transferencia de H<sup>+</sup> entre bacterias;
- 6) disminuyen la producción de ácido láctico en condiciones de acidosis;
- 7) deprimen el crecimiento de bacterias Gram negativas productoras de succinato;
- 8) inhiben el recambio del contenido ruminal;
- 9) provocan una ligera inhibición de protozoarios;
- 10) reducen la viscosidad del fluido ruminal en animales timpanizados. Por su parte, Rusell & Strobel (1989) indican que los efectos de la monensina en la fermentación ruminal son diversos, destacan la disminución de la producción de amoníaco y lactato, así como el incremento del pH y la digestibilidad del alimento.

#### **2.9.4. Efecto de los Ionóforos en la Producción de Metano**

Los rumiantes pierden en forma de gas (principalmente metano), del 5 al 12% de la energía consumida en la dieta, motivo por el cual durante muchos años se ha intentado reducir estas pérdidas de energía disminuyendo la producción ruminal de metano (Ferrell, 1988). Se ha encontrado que la monensina y la lasalocida tienen efectos importantes y consistentes en la producción de metano. La monensina afecta a las bacterias que producen H<sup>+</sup> y CO<sub>2</sub>, los cuales son requeridos para la metanogénesis (Chen & Wolin, 1979). La interacción entre especies productoras y utilizadoras de H<sup>+</sup> regula considerablemente la concentración de H<sup>+</sup>. El H<sup>+</sup> es utilizado por las especies metanogénicas para reducir el CO<sub>2</sub> a metano, con lo cual se evita su acumulación en el rumen. La eliminación eficaz de H<sup>+</sup> por estas bacterias estimula a otras especies de bacterias a producir más H<sup>+</sup>, y se altera así su metabolismo hacia vías con mayores rendimientos de energía (Yokoyama & Jhonson, 1988). *Ruminococci* y *Butyrivibrio fibrisolvens*, principales especies bacterianas productoras de acetato e H<sup>+</sup> en el rumen, son inhibidas por la monensina. De esta forma, la tasa de acetato propionato y la producción de metano se reducen, como resultado de la menor disponibilidad de H<sup>+</sup> para las bacterias metanogénicas. Lo anterior sugiere que la monensina no inhibe directamente las bacterias metanogénicas (Hendeson *et al.*, 1981), sino que afecta a las bacterias productoras de H<sup>+</sup>, originando así la reducción de los precursores de la metanogénesis.

Estudios realizados por Sauer, *et al.*, (1998) en vacas lecheras, demuestran que la monensina reduce la producción de metano. Sin embargo, el estudio de O'Kelly & Spiers, (1992) no demuestra efectos de este ionóforo en la producción de metano en rumiantes alimentados *ad libitum*, pero sí en aquellos con consumo restringido. En estudios *in vitro*, la monensina disminuyó la producción de metano cuando el sustrato se conformó con 50% de forraje y 50% de concentrado, pero no con 100% de forraje ni con 10% de forraje y 90% de concentrado (García *et*

*al.*, 1996) .Es lógico suponer que las diferencias entre resultados de varias investigaciones reflejen las diferencias en nivel y tipo de alimentación, cantidad de ionóforos utilizada, etc. De cualquier forma, la menor producción de metano, por efecto de los ionóforos, se traduce en una mayor eficiencia energética para el rumiante.

### **2.9.5. Efecto de los Ionóforos en el pH Ruminal**

El pH es uno de los factores más importantes que influyen notablemente en el establecimiento y crecimiento poblacional de los microorganismos ruminales. La lasalocida y la monensina tienen un efecto indirecto en el pH ruminal al inhibir el crecimiento poblacional de bacterias Gram positivas productoras de lactato (Dennis *et al.*, 1981). *Streptococcus bovis*, una bacteria Gram positiva de rápido crecimiento que prolifera en dietas ricas en almidón produciendo lactato, es muy sensible a la monensina; sin embargo, *Megasphaera elsdenii*, principal especie utilizadora de lactato, y *Selenomonas ruminantium*, son resistentes a la monensina. Debido a esto, algunos autores le han atribuido a los ionóforos un efecto controlador de la acidosis ruminal (Russell & Strobel, 1989). Al respecto, Nagaraja *et al.*, (1982) encontraron que los ionóforos regulan el pH ruminal, debido a que reducen la mayoría (excepto *Selenomonas*) de las bacterias ruminales productoras de lactato, sin afectar su fermentación; en consecuencia, los ionóforos disminuyen la producción de lactato, mejoran su utilización y controlan la acidosis láctica.

En cultivos de bacterias ruminales se observó que tanto la monensina como la tetranosina inhiben el crecimiento poblacional de *S. bovis*, y por tanto la producción de ácido láctico (Newbold, 1990). Esta capacidad de los ionóforos para prevenir la acumulación de ácido láctico es consecuencia de su efectividad para reducir el crecimiento poblacional de bacterias productoras de este ácido. Burrin y Britton (1986) encontraron que la monensina mantiene e incrementa el pH ruminal al reducir la concentración de acetato y butirato. Por su parte, Bauer *et al.* (1995) observaron que el propionato de laidlomocina no previene la acidosis ruminal, pero sí reduce su severidad en los rumiantes durante el período de adaptación a dietas elaboradas sólo con pienso concentrado.

### **2.9.6. Efecto de los Ionóforos en la Concentración Ruminal de Ácidos Grasos Volátiles**

Es bien conocida la importancia de los ácidos grasos volátiles (AGV) como fuente de energía para los rumiantes. El efecto de los ionóforos en la proporción

de AGV se debe en parte a un proceso de selección biológica de bacterias resistentes que metabolizan más propionato y succinato, y menos acetato, butirato, formiato y metano (Schelling, 1984); estos cambios se han corroborado en varios experimentos en rumiantes alimentados con dietas altas en granos (Funket *al.*, 1986) y forraje (Zinnet *al.*, 1994).

Che-Ming & Russell, (1993) Observaron que la adición de monensina a vacas alimentadas con forrajes y harina de soya, incrementó la concentración de propionato y disminuyó la tasa acetato: propionato, y el efecto fue más marcado con una mayor proporción de harina de soya en la dieta. Asimismo, Bohnert *et al.*, (2000) encontraron que el propionato de laidomicina redujo la proporción de acetato e incrementó la de propionato. Por el contrario, en algunos estudios los ionóforos redujeron la concentración de AGV totales (Gates *et al.*, 1989), mientras que en otros no hubo cambios (Newbold *et al.*, 1993a). Estas diferencias entre los resultados experimentales probablemente se deben a variaciones en los niveles de ionóforos o en los distintos potenciales por gramo entre ionóforos; por ello, se deben controlar estos factores al hacer comparaciones directas entre ellos (Huntington, 1992).

### **2.9.7. Efecto de la Monensina en la Concentración de Amoníaco y Degradación de Nutrientes**

Como se mencionó con anterioridad, los ionóforos disminuyen la metanogénesis como resultado de la menor disponibilidad de H<sup>+</sup>. Cuando esto ocurre, hay una disminución de la tasa NAD/NADH, la cual es desfavorable para la desaminación oxidativa de los aminoácidos (Jounay, 1994). Al respecto, Hino & Russell, (1985) encontraron que la disminución en la desaminación de aminoácidos, en especial los de cadena ramificada, se presentó como resultado de la inhibición de la producción de metano y la disminución de la tasa NAD/NADH. Lo anterior sugiere que el estado energético de las bacterias tiene una función especial en la regulación de la actividad proteolítica, por lo que la monensina, de algún modo interfiere en este proceso (Bergen & Bates, 1984), provocando una menor degradabilidad ruminal de la proteína. Asimismo, Yang & Russell, (1993) observaron que la disminución en la producción de amoníaco *in vitro* e *in vivo* provocado por la monensina se encuentra asociado con una reducción (4.1 x 10<sup>6</sup> contra 4.2 x 10<sup>5</sup> ml<sup>-1</sup>) en el número de bacterias ruminales productoras de amoníaco.

Diversos estudios demuestran que la monensina reduce la digestibilidad de la proteína y de los aminoácidos libres del rumen (Suber & Bowman, 1998), así como la concentración de amoníaco (Che-Ming & Russell, 1993). La tetranosina y la monensina disminuyeron en 30% la concentración de amoníaco ruminal (Newbold *et al.*, 1993b) e incrementaron el flujo de proteínas del rumen, como consecuencia de una menor proteólisis y desaminación de aminoácidos (Newbold, 1990). La monensina disminuyó la concentración de amoníaco ruminal

debido a una reducción cercana a 10 veces en la cantidad de aminoácidos fermentables por bacterias sensibles al ionóforo, de tal forma que los aminoácidos no desaminados pueden ser usados por otras bacterias, y así incrementar la proteína microbiana del fluido ruminal (Che-Ming & Russell, 1993). De la misma forma, Zinnet *al.*, (1994) observaron un incremento en el flujo de nitrógeno del alimento hacia el duodeno, en novillos alimentados con una dieta alta en granos y con monensina.

Según Huntington (1996), los resultados de diversas investigaciones acerca de la digestibilidad de nutrientes por bovinos u ovinos que recibieron dietas con altos niveles de cereales, indican que los ionóforos no cambian la digestibilidad de la materia seca (MS), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), ni del almidón, aunque sí aumentan la digestibilidad de compuestos nitrogenados. Por su parte, (Spears, 1990) indica que tanto con la lasalocida como con la monensina se aumenta la digestibilidad intestinal del almidón al reducirse su digestión ruminal, y que se incrementa la absorción aparente de Mg, P, Zn y Se. Sin embargo, en bovinos y ovinos alimentados con dietas altas en fibra, los ionóforos no cambiaron la digestibilidad ruminal de la FDN ni de la FDA (Zinnet *al.*, 1994).

### **2.9.8. Efecto de los ionóforos en la producción de rumiantes**

Los ionóforos se han incorporado a las dietas para rumiantes desde hace varios años con resultados variables. Según (Huntington, 1992), la adición de estos aditivos a bovinos en pastoreo tienen poco efecto, pero mejoran en un 6% la ganancia de peso. En la Tabla II se resume el efecto de los ionóforos en bovinos alimentados con diferentes proporciones de forraje y concentrado, nivel y tipo de ionóforo, y etapa de producción, entre otros factores; estos aditivos producen cambios consistentes, aunque en ocasiones no significativos, en la ganancia de peso, conversión alimentaria y consumo. .

Bergen & Bates (1984) señalaron que en rumiantes alimentados con alta proporción de carbohidratos rápidamente fermentables, los ionóforos deprimen el consumo de alimento, pero no modifican la ganancia de peso, lo cual implica una mejor conversión alimentaria; además, que cuando los rumiantes reciben dietas con elevada cantidad de forrajes, los ionóforos no deprimen el consumo y mejoran la ganancia de peso. Estos autores afirman que los ionóforos mejoran la eficiencia productiva de bovinos en finalización, debido a que inducen un metabolismo energético y nitrogenado más eficiente, y disminuyen los desórdenes metabólicos, especialmente la acidosis láctica crónica y el timpanismo. Los ionóforos también causan efectos positivos en bovinos en pastoreo; así, Goodrich *et al.* (1984) observaron que la monensina incrementó la ganancia de peso vivo en 13%. Un análisis de los resultados de más de 30 experimentos con unos 2000 bovinos mostró un incremento promedio de 16% en la ganancia de peso debido

al efecto de los ionóforos (Potter *et al.*, 1986). Por otro lado, Sprott *et al.*, (1988) mencionan que los ionóforos en vacas productoras de carne o vaquillas de reemplazo alimentadas con forrajes, incrementan la ganancia de peso y mejoran la eficiencia alimentaria.

Durante muchos años también se ha prestado interés especial al efecto de los ionóforos en la eficiencia reproductiva. Al respecto, se ha consignado que los ionóforos reducen el intervalo postparto y la edad a la pubertad en la hembra bovina como resultado de la mejora de la tasa acetato- propionato en el rumen, aunque en dependencia de la calidad de la dieta y de la condición corporal (Sprott *et al.*, 1988). Sin embargo, en otros estudios, los ionóforos no tuvieron efectos significativos en la actividad reproductiva de vaquillas (Purvis & Whittier, 1996).

Los efectos de los ionóforos en los rumiantes son diversos y variables, debido a las diferencias entre animales, dietas, etapa de lactación, número de partos y condición corporal, entre otros factores. A pesar de ello, los ionóforos parecen tener efectos positivos y consistentes en el metabolismo ruminal y como consecuencia, en la eficiencia productiva y reproductiva. Si bien se han utilizado principalmente en la alimentación de rumiantes productores de carne, recientemente su uso se ha ampliado indiscriminadamente en la alimentación de bovinos especializados en producción de leche, sin que aún se haya determinado si representan un problema de salud pública.

## **2.10. Anabólicos.**

### **2.10.1. Definición**

Serrano (1991) señala que la denominación anabólico debe distinguirse desde dos puntos de vista; el terapéutico y el de producción. La denominación anabólica desde el punto de vista fisiológico-terapéutico es un esteroide, un derivado de la testosterona, con gran capacidad androgénica. Para el especialista en producción animal el término anabólico difiere un poco de la definición anterior, un compuesto anabólico es aquella sustancia que retenga nitrógeno que aumente de peso, no importa su origen.

Los implantes anabólicos son sustancias químicas, naturales o sintéticas, consideradas como promotores de crecimiento que administradas al animal induce a una ganancia de peso y a mejorar la eficiencia alimenticia del ganado.

Heitzman (1995) define como anabólico toda sustancia que aumenta la síntesis proteica, también menciona que es toda sustancia capaz de mejorar el balance de nitrógeno mediante el incremento de la acumulación de proteínas en los organismos animales.

### **2.10.2. Función de los anabólicos.**

Heitzman (1995) menciona que los compuestos hormonales anabolizantes modifican los procesos simultáneos del metabolismo proteico, aumentando las funciones anabólicas y disminuyendo las catabólicas, el mismo autor señala que como consecuencia, aumenta el ritmo de síntesis proteica y disminuye la tasa de degradación, a las dos cosas a la vez, favoreciendo el desarrollo de la masa muscular sin afectar el sabor ni terneza de la carne.

Baker (2000) indica que el uso de anabólicos da como resultado en general un incremento de las masas musculares, favoreciendo la síntesis de proteína en el organismo por un aumento de la retención de nitrógeno, o inhibiendo la degradación de proteínas musculares, estimulan la secreción de la hormona del crecimiento y aumentan los niveles plasmáticos de insulina y glucosa.

Los implantes promotores de crecimiento o agentes anabólicos, se emplean en la engorda de bovinos en confinamiento y pueden ser de tipo natural o sintético. Promueven un mayor crecimiento en forma más eficiente en los bovinos, especialmente de novillos (Duckett & Andrade, 2001), mejorando el rendimiento del músculo de la canal (Roebert *al.*, 2000), sin afectar las características de calidad de la canal (Smith *et al.*, 2007).

Los implantes se han utilizado en la producción de ganado por más de 50 años Kamanga *et al.* (2011) y mejoran la tasa de crecimiento del 10 a 30%, la eficiencia de utilización del alimento entre el 5 y 15% y la cantidad de carne magra de 5 a 8% (Mader, 1983). La respuesta es mayor en animales con alto potencial genético y bajo buen manejo nutricional y general. La presentación de los anabólicos es en forma de pellets los cuales se aplican en forma de implantes subcutáneos en la parte posterior de la oreja de los bovinos (Mader, 1983), donde el principio activo es liberado lentamente del implante, hacia el torrente circulatorio; y dependiendo del principio del implante, se estimula la liberación de hormonas promotoras del crecimiento.

A pesar de que la eficiencia de los implantes ha sido comprobada, su uso no está incorporado en todas las engordas, por tal motivo, existe la oportunidad de aplicarlos y obtener mayor eficiencia en muchas unidades de producción. Los implantes disponibles que están aprobados pueden ser utilizados de forma inmediata pues son seguros para productores y consumidores (Mader & Arias, 2011).

#### **2.10.2.1. Lactona del ácido resorcílico.**

El zeranol, es un compuesto conocido como lactona del ácido resorcílico, derivado zeranolona, que fue aislado del hongo *Gibberella zeae*. El implante elaborado con este compuesto tiene una duración 70 a 119 días; se recomienda que el ganado no debe ser implantado 65 días antes del sacrificio para evitar riesgos en la salud. Se recomienda reimplantar cada 90 días en sistemas extensivos. Los intervalos de 70 a 110 días son satisfactorios para una engorda intensiva (Mader, 1983). El zeranol se puede usar en ganado de todas las edades con la misma dosis.

Borgeret *al.*, (1973a) demostraron que los implantes con zeranol elevan los niveles de la hormona del crecimiento, lo que permite ganancias de peso de 0.09 kg/día con respecto a los animales no implantados; las características de la calidad de la carne no se vieron afectadas aunque la pérdida por cocción en animales implantados se incrementó (13.1%), merma atribuida a líquidos, debido a que el zeranol estimulan la retención de agua y menor deposición de grasa, con lo que se incrementa la perdida por cocción en el músculo Longissimus (Borgeret *al.*, 1973b). Algunos estudios indican que el zeranol puede tener beneficios adicionales al mejorar la tolerancia al estrés por temperatura (Lemieux, 1987) y al estrés de transporte (Cuadro3). Sin embargo, estos trabajos deberían ser repetidos considerando algunas variables de bienestar animal para confirmar estos beneficios, pues no ha habido más investigación de este tipo.

Cuadro 3 Efecto de implantar con Zeranol durante el transporte (Hutcheson, 1986)

	Testigo	Implantado
Peso promedio pre-embarque, kg	284.95	285.72
Peso promedio pre-embarque, kg	258.50	267.12
Perdida corporal promedio, kg	26.44	18.60
Merma %	9.2	5.6

El producto comercial que tiene lactona del ácido resorcílico es Ralgro y contiene 36 mg de zeranol. Puede utilizarse en becerros al destete, toretes, novillos y novillonas para engorda. Otra preparación denominada Ralgro Magnum contiene 72 mg de zeranol y se puede utilizar en novillos y novillonas al destete, como implante al inicio de la engorda o para finalizar el ganado en pastoreo.

### 2.10.2.2. Benzoato de estradiol

El benzoato de estradiol, ha sido uno de los agentes estrogénicos más utilizados en la cría de animales, como medio de introducción exógena de la hormona

natural 17 $\beta$  estradiol (Regalet *al.*, 2011). Este producto se ha usado solo o combinado con testosterona (para hembra) o progesterona (para machos).

Anteriormente se presentaba en dos formas comerciales Synovex-M para novillos y Sinovex-H para vaquillas. El primero contiene 20 mg de benzoato de estradiol y 200 mg de progesterona y el segundo 20 mg de benzoato de estradiol y 200 mg de testosterona. La duración del implante es de 70 a 110 días y no existen restricciones para remoción de los implantes antes del sacrificio. Se recomienda el implante cada 90 días. Sin embargo, pueden usarse a intervalos de 70 a 110 días dependiendo del sistema de alimentación. El tiempo de liberación de la mayoría de los implantes es de aproximadamente 120 días y se pueden reimplantar después de 60-120 días (Preston, 1999).

Estos implantes se deben aplicar en el tercio medio de la oreja, alrededor de 4 a 5.0 cm de la base de la oreja (más lejos de la base que el Ralgro). La dosis es similar para todo tipo de ganado; sin embargo, no se recomienda usar en bovinos menores a 200 kg de peso vivo (Mader, 1983).

Los productos comerciales pueden cambiar pero se debe de revisar el producto activo para decidir que implante usar. Por ejemplo el Synovex C contiene 10 mg de benzoato de estradiol y 100 mg de progesterona, es utilizado para novillos y novillas; el Synovex-H con 20 mg de benzoato de estradiol y 200 mg de propionato de testosterona, par terneras en pastoreo no destinadas al reemplazo; y el Synovex-S con 20 mg benzoato de estradiol y 200 mg de progesterona para novillos de engorda.

De algunos implantes hay más información de trabajos de investigación que debe revisarse para conocer los diversos factores que pueden modificar la respuesta cuando se usan anabólicos. (Elsasseret *al.*, 1993) Estudiaron la influencia de la tiroides y el efecto de Synovex-S sobre la regulación en plasma de IGF-I y concluyeron que la triyodotironina (T3) disminuye los niveles en plasma de IGF-I y que los anabólicos como Synovex-S pueden revertir los efectos de T3, encontrando que Synovex-S incrementó la deposición de proteína corporal en 15.5% y los niveles de IGF-I en plasma en 27.9%. (Kitts, et al., 2007) reportaron que Synovex S no afecta la hormona del crecimiento.

### **2.10.2.3. Acetato de trembolona**

El acetato de trembolona (TBA) es un esteroide anabólico sintético que ha demostrado aumento del crecimiento en rumiantes (Preston, 1999). Tiene actividad anabólica de 10 a 50 veces más que la testosterona (Bouffault & Willemart, 1983) y es frecuentemente usado en combinación con un estrógeno (generalmente 17 $\beta$  estradiol o E<sub>2</sub>) para maximizar la tasa de crecimiento y la eficiencia de uso de

alimento. Las combinaciones de implantes con diferentes concentraciones de TBA y E<sub>2</sub> son de las más usadas en la industria de la carne en los Estados Unidos (Johnson *et al.*, 2013).

Los productos comerciales más conocidos son el Synovex Choice con una proporción de 10:1 de acetato de trembolona a benzoato de estradiol para novillos; el Synovex plus con 200 mg acetato de trembolona y 28 mg de benzoato de estradiol para bovinos machos y hembras en corrales de engorda en finalización; el Revalor-S que es un compuesto con 120 mg de acetato de trembolona y 24 mg de 17 $\beta$  estradiol (E<sub>2</sub>) para novillos; y el Revalor- X, implante compuesto por 10 pellets con una de 200 mg de acetato de trembolona (TBA) y 40 mg de 17 $\beta$  estradiol (E<sub>2</sub>).

Existen trabajos de investigación que indican que los novillos y novillas de engorda implantados responden adecuadamente con implantes que contienen 28 mg de benzoato de estradiol (EB) y 200 mg de acetato de trembolona (TBA). Otros estudios mostraron que implantes con EB y TBA mejoran el comportamiento productivo de novillos de engorda (Herschler, *et al.*, 1995) y novillas (Cleale, *et al.*, 1999). (Cleale, *et al.*, 2013) Sugieren usar dosis intermedias de implante en vaquillas de engorda (14 mg de benzoato de estradiol y 100 mg de acetato de trembolona) cuando los costos de alimentación son altos con condiciones ambientales adversas.

Algunos estudios muestran que implantes con 120 mg de acetato de trembolona (TBA) y 24 mg de E<sub>2</sub>, incrementan la tasa de crecimiento en un 20% y mejoran la eficiencia alimenticia en 15% (Schanbacher, 1984), incrementando la proteína en la canal, con una mayor respuesta durante los primeros 40 días después de la implantación (Cuadro 4) en novillos (Johnson *et al.* 1996a). Se confirmó que los implantes con TBA+E<sub>2</sub> presentan poco o nada de efecto sobre la deposición de lípidos en la canal (Johnson *et al.*, 1996a).

Pampusch *et al.* (2008) no detectaron diferencias en crecimiento en novillos implantados con TBA, E<sub>2</sub>, o TBA/E<sub>2</sub>, aunque comparados con el testigo, los animales implantados fueron mucho más pesados en el día 28 de la prueba. No obstante, en un estudio previo Pampusch *et al.* (2003) reportaron que animales implantados con 120 mg de acetato de trembolona y 24 mg de estradiol-17 $\beta$  (E<sub>2</sub>), incrementaron la tasa de ganancia en un 36%, se mejoró la eficiencia alimenticia en 34% y el crecimiento muscular en novillos en engorda. Esto es importante destacar pues cuando se trabaja con implantes no siempre se obtienen las respuestas esperadas y esto puede ser por diversas causas, tan simples como mal aplicación y pérdidas del implante entre otras.

Cuadro 4 Efecto de implantes de acetato de trembolona combinado con estradiol sobre la ganancia diaria de peso y tasa de deposición de proteína en la canal de novillos (Johnson *et al.*, 1996a).

Días	Tratamiento		EEM	Respuesta %	Probabilidad
	Tes- tigo	Implanta- dos			
Ganancia diaria de peso, kg					
0-40	1.77	2.08	0.06	17.5	0.001
41-115	1.42	1.76	0.07	24.0	0.001
116 -143	1.04	1.19	0.11	14.4	0.36
0-115	1.55	1.87	0.07	21.0	0.001
0-143	1.47	1.70	0.10	15.6	0.13
Tasa de deposición de proteína en la canal g/d					
0-40	114	207	18.3	82	0.004
0-115	118	158	12.5	34	0.04
0-143	114	142	10.3	25	0.06
41-115	122	127	19.4	4	0.86
116-143	72	114	35.1	58	0.41

Lee *et al.* (1990) evaluaron los efectos de implantar 200 mg TBA/24 mg E2 y castrar toros y novillos durante dos fases (crecimiento y finalización) y concluyeron que por efecto de la castración, los novillos no presentan suficientes hormonas para maximizar el crecimiento, lo cual puede ser corregido con la aplicación de un implante.

#### 2.10.2.4. Estradiol 17- $\beta$

El 17  $\beta$  estradiol ha sido empleado como anabólicos en bovinos; no obstante en Europa se ha prohibido en forma permanente (Regalet *et al.*, 2011). Uno de los productos comerciales usados con este anabólico es el Compudose, implante de larga duración (alrededor de 200 días) con 17  $\beta$  estradiol como principio activo, siendo una hormona natural en todos los mamíferos. El implante está construido con una cubierta de silicón impregnada con micro cristales que contienen 24 mg de 17  $\beta$  estradiol, debido al silicón es flexible y no se rompe durante su administración lo que ocurre con otros anabólicos (Kuhl, 1997).

El Compudose se debe implantar en la parte media del tercio inferior de la base de la oreja (Mader, 1983). Provee una liberación controlada de una dosis

diaria de 35 a 40 µg de estrógeno natural sobre 160 a 200 días. Este implante es acompañado con oxitetraciclina para evitar infecciones (Kuhl, 1997). No existen restricciones para remoción de implante antes del sacrificio; la dosis es la misma para todas las edades y no se debe de usar en vaquillas o toros.

#### **2.10.2.5. Aspectos a considerar para el uso de implantes en bovinos**

Para obtener los máximos beneficios de los implantes, deben tomarse en cuenta varios aspectos como la facilidad de manejo para aplicar el implante, en el lugar recomendado, revisar las condiciones de higiene para evitar infecciones, abscesos o pérdidas de los implantes, ya que la pérdida puede suceder en forma mecánica o por infecciones. Estimaciones de Mader *et al.* (1987) indican que las pérdidas de implantes en cualquier forma pueden llegar hasta el 5% en el ganado, mientras que con malas condiciones de manejo puede llegar a un 50%.

No todos los músculos se ven afectados de igual manera por el implante, la función y localización del músculo son factores que influyen en la deposición de proteína adicional e incremento muscular provocado por los agentes anabólicos. El mayor crecimiento muscular ocurre en músculos extensores asociados con los huesos largos. En el caso de los músculos como el *psoas major* y el *semitendinoso* no responden a tratamientos con hormonas, posiblemente porque su máxima capacidad de crecimiento es causado por factores ambientales y genéticos (Elsasser, et al., 1998). (Pell & Bates, 1987) reportan que el tipo de fibra muscular juega un papel fundamental en la tasa de acumulación muscular; por lo tanto, el músculo “rojo” es más afectado por los implantes.

Una dieta nutricional adecuada maximiza la respuesta del ganado a implantes promotores de crecimiento, ya que la disponibilidad de dietas de calidad deben ser complementarios al uso de implantes para mejorar la respuesta de crecimiento del ganado (Kuhl, 1997).

#### **2.10.2.6. Mecanismos de acción de los anabólicos**

Cuando se iniciaron los primeros estudios sobre los mecanismos de acción de los anabólicos, lo primero que se evaluó fueron los cambios sanguíneos en las hormonas relacionadas al crecimiento y metabolitos asociados. Con los avances de la biología molecular, se ha avanzado y se han encontrado diversos efectos y cambios a nivel de expresión de genes. En esta sección se revisa en forma general los principales mecanismos y conocimientos que explican la respuesta anabólica de los promotores de crecimiento en bovinos.

Borgeret *al.*(1973a) indicaron que novillos implantados con zeranol mostraron niveles similares de insulina, (Hayden *et al.*, 1992) reportan que las concentraciones sanguíneas y la actividad pulsátil de la insulina no se vieron afectados por la administración de estradiol 17 $\beta$ , TBA o una combinación de TBA y E<sub>2</sub> (Cuadro 5). En contraste (Sharp & Dyer, 1971) al día 26 de la prueba, registraron mayores niveles de insulina en novillos implantados con 36 mg de zeranol en comparación del grupo testigo.

Algunos estudios sugieren que las respuestas a los estrógenos están mediadas principalmente por los efectos sobre la secreción de la hormona del crecimiento (Johnson *et al.*, 1996b), a pesar de ello, se han detectado receptores de alta afinidad a estrógenos y compuestos similares en tejido muscular, que sugieren que esteroides y la hormona del crecimiento pueden actuar de forma independiente sobre el crecimiento muscular (Trenkle, 1997). En contraste, el mecanismo de acción de TBA parece estar relacionado con la regulación negativa de cortisol para mitigar los efectos antianabólicos (Hayden *et al.*, 1992).

Cuadro 5 Concentraciones de insulina en suero y características pulsátiles en animales implantados.

Día de implantación	Concentración promedio ng/mL	Frecuencia pulsátil	Amplitud del pulso, ng/mL	Duración del pulso min/pulso
0-12	0.689	0.250	0.116	32
31	0.687	0.500	0.224	34
72	0.832	0.563	0.428	45
EE*	0.087	0.282	0.185	28

\*Error estándar de la media.

Fuente: adaptado de (Hayden *et al.*, 1992).

### 2.10.2.7. Mecanismo de acción de estrógenos

Existen diferentes maneras de interacción entre agentes estrogénicos y la hormona del crecimiento. El estradiol incrementa el número de receptores hepáticos somatotrópicos en novillos al elevar la sensibilidad y actividad, que en consecuencia puede incrementar la síntesis de IGF-I hepático (Breier *et al.*, 1988). Se ha considerado que los cambios en el número de receptores son el mecanismo regulador más importante (Breier & Gluckman, 1991) ya que hay alta correlación entre ganancia de peso y capacidad de los receptores (Breier *et al.*, 1988).

Otro posible mecanismo de acción es que los compuestos estrógenicos actúen en el hipotálamo en la síntesis de hormona liberadora de hormona del crecimiento (GHRH) o directamente sobre la pituitaria. Se cree que los esteroides pueden ejercer que la pituitaria sea más receptiva a la GHRH y por tanto causar mayor secreción de la hormona del crecimiento (Trenkle, 1997).

Estudios realizados con administración exógena de hormona del crecimiento e implantes esteroides, sugieren que la respuesta al crecimiento promovida por estos dos compuestos puede ser independiente (Enright, et al., 1990). Los esteroides inducen mayores niveles de RNA de IGF-I muscular lo cual puede jugar un papel importante en el crecimiento muscular en novillos (Pampuschet *al.*, 2003). Por otro lado, los resultados de Kerthet *al.*(2003) indican que los implantes anabólicos afectan directamente la síntesis y degradación de proteína muscular.

#### **2.10.2.8. Mecanismo de acción de andrógenos**

Se cree que los implantes andrógénicos compiten por receptores de cortico esteroides. El cortisol es una hormona esteroidea que se clasifica como glucocorticoide que estimula la degradación de proteínas (Hancocket *al.*, 1991). Sin embargo, Sharpeet *al.*(1986) lo considera antianabólico más que un modulador directo de la degradación de proteínas pues los glucocorticoides disminuyen la síntesis de proteína muscular.

Al unirse los andrógenos a los receptores inhiben la unión cortisol-receptor y se provoca la disminución de la ruptura de proteína muscular (Preston, 1999) o atenúa el efecto antianabólico. El cortisol endógeno actúa sobre la proteína muscular esquelética y reduce la síntesis; por lo tanto, la disponibilidad reducida de cortisol por TBA podría mejorar la tasa de síntesis de proteína muscular (Sharpeet *al.*, 1986).

Buttery & Sinnett (1984) señalan que el efecto de implantes con TBA se basa en la reducción de la producción adrenal, lo cual coincide con (Isaacsonet *al.*, 1993), quienes reportaron una menor síntesis de cortisol en glándulas adrenales de novillos en presencia de testosterona, dihidrotestosterona, acetato de trembolona y zeranol. (Leeet *al.*, 1990) Observaron una tendencia menor de las concentraciones de cortisol en suero de animales implantados con TBA/ E<sub>2</sub>. Implantes con TBA y TBA+E<sub>2</sub> causan una marcada reducción en la concentración de cortisol en suero de novillos en crecimiento (Haydenet *al.*, 1992), y en toros y novillos implantados con zeranol (Joneset *al.*, 1991).

Estudios in vitro indican que TBA también aumenta el factor de crecimiento tipo insulina 1 (IGF-1) a nivel de RNAm en cultivos de células satélites bovinas

(Kamanga *et al.*, 2011). Sin embargo diversos estudios indican que los compuestos andrógenicos no alteran las concentraciones plasmáticas y musculares de IGF-I, de RNAm de IGF-I en varias especies (Pampusch, *et al.*, 2008). Kamanga *et al.* (2008) consideran que TBA también podría afectar el crecimiento muscular por estimulación de las vías de Raf-1/mapk kinasa (mek) 1/2/erk1/2 y fosfatidilinositol 3-kinasa/ Akt, debido a que la inhibición de estas vías suprime completamente la proliferación de células satélites bovinas estimuladas por TBA. Estos estudios sugieren que TBA tiene varios mecanismos de acción que involucran la capacidad de estimular la síntesis de proteínas y disminuir la tasa de degradación.

#### **2.10.2.9. Acetato de trembolona combinada con estradiol**

Se ha demostrado que los implantes que combinan estrógenos con andrógenos pueden ser más efectivos en la estimulación del crecimiento de rumiantes que aquellos que se componen sólo de una hormona (Hancock *et al.*, 1991), lo cual se explica por sus diferentes mecanismos de acción (Hayden *et al.*, 1992).

Ambos esteroides inducen hipertrofia postnatal del músculo esquelético, en parte, a través del incremento en la circulación plasmática, producción local de IGF-I y por la expresión incrementada de RNAm de IGF en músculo esquelético (Johnson *et al.*, 2013).

Los estudios *in vitro* indican que el efecto es a través del RNAm de IGF. Kamanga *et al.* (2004) reportan concentraciones elevadas de IGF-I en suero, Mientras que (Johnson *et al.*, 1996a) encontraron que la implantación con TBA/E<sub>2</sub> incrementó 40% la concentración circulante de IGF al día 40 y el incremento de 35% al día 115 después de la implantación.

#### **Matrices y tasas de liberación**

El implante está formado de una sustancia activa (hormona) y de una matriz transportadora, esta última, depende de la presentación del implante y puede ser en forma de pellets pequeños o de gomas silásticas (mezcla de silicona y plástico) (Brandt, 1997). En el caso de pellets se usan matrices que pueden ser de lactosa, colesterol o polímeros de polietilenglicol. El tipo de matriz afecta la tasa, tiempo de liberación y el tipo de hormona (individual o combinada) y/o la concentración o dosis; implantes basados en lactosa son de acción corta, mientras que las matrices de colesterol permiten una liberación más prolongada (Istasse *et al.*, 1988). Los implantes silásticos tienen liberación más lenta y por lo tanto más

prolongada que los comprimidos (200 a 400 días). Las matrices hechas de goma de silicona poseen la ventaja de modular el tiempo de liberación en función del espesor del implante (Wagner, 1983). Implantes de Compudose de goma de silicona son impregnadas con diferentes espesores de Cristales de 17  $\beta$  estradiol (Compudose 200, Compudose 400) para diferentes tiempos de liberación (Patridge, 2011). Lee *et al.* (2000) aplica una mezcla de recubrimiento que contiene polímeros insolubles en agua y un agente formador de poros soluble, a través de la cual puede pasar el ingrediente activo y la liberación del ingrediente activo es más lenta. La liberación de los implantes promotores del crecimiento no es uniforme a través del tiempo, en algunos casos puede ser excesiva y en otros subóptima (Mader, 1998).

Se ha documentado que cuando el E<sub>2</sub> es administrado en conjunto con TBA en un mismo implante, la tasa de absorción de E<sub>2</sub> se ve afectada Harrison *et al.* (1983) mencionan que en los dos primeros días post-implantación se incrementó rápidamente la concentración circulante de trembolona y E<sub>2</sub>. El nivel de estradiol se mantiene constante durante la prueba, a diferencia de lo observado para trembolona, que en el día 40 cae estrepitosa en su concentración. De acuerdo a Heitzman & Harwood (1977) los niveles constantes de E<sub>2</sub> en sangre pueden ser mantenidos durante periodos largos como de 19 semanas, cuando se combina en el mismo implante con TBA. (Cleale, *et al.*, 2012) caracterizaron la liberación de Synovex-Plus recubierto (15% peso/peso) y sin recubrir (Cuadro 6); concluyen que el recubrimiento polimérico aplicado a una tasa del 15% sobre el implantes de Synovex-Plus, prolonga el tiempo de liberación y que el uso del recubrimiento puede aumentar el tiempo de utilización del producto.

**Cuadro 6** Contenido de benzoato de estradiol y acetato de trembolona al usar Synovex-Plus con o sin recubrimiento.

Días después del tratamiento	Benzoato de estradiol		Acetato de trembolona	
	SP	SPR	SP	SPR
0	22.8	28.8	201.8	201.8
40	21.3	27.2	114.8	166.8
81	13.2	24.8	50.7	136.8
120	4.6	13.5	11.8	50.6
160	0.0	12.9	0.0	52.0
200	0.0	6.4	0.0	28.4

SP=Synovex-Plus sin recubrimiento; SPR:Synovex-Plus con recubrimiento.

Fuente: Adaptado de (Cleale, et al., 2012).

### 2.11. $\beta$ -adrenérgicos

Los  $\beta$ - adrenérgicos son considerados anabólicos orgánicos no hormonales, que presentan un efecto biológico en la reducción del tejido adiposo, mediante la disminución de la síntesis de lípidos, por lo cual existen más nutrientes energéticos para la síntesis de musculo, en presencia de abundante fuente proteica disponible, en general realizan modificaciones al metabolismo celular, mejoran la eficiencia productiva y la calidad de la carne de bovinos (Avendaño *et al.*, 2006).

En México para el caso de bovinos de engorda están autorizados para su uso como promotores de crecimiento el clorhidrato de Zilpaterol y la Ractopamina. Estos se incorporan al final de la engorda de 20 a 40 días y se mejora la ganancia de peso, la eficiencia de utilización del alimento, peso y rendimiento de la canal (Salinas *et al.*, 2004).

Las respuestas son similares en hembras y machos. Los factores importantes son la dosis, días de retiro, y días de consumo. Las dosis usadas son de 6 a 8 mg/kg en la ración para Zilpaterol y de 30 mg/kg de la ración de Ractopamina. El Zilpaterol debe ser retirado 3 días previos al sacrificio (Plascencia *et al.*, 1999).

En un experimento conducido por Castellanos *et al.*(2006) emplearon 0.14 mg de Zilpaterol/kg de peso vivo/día, durante 33 días a novillos cebuinos, alimentados con dieta de finalización (13.2% PC, 1.93 Mcal ENg, 1.26 Mcal de ENm); con el objetivo de conocer la ganancia de peso y el rendimiento de la canal, para lo cual la dosis de  $\beta$ - adrenérgico fue retirado en el día 31 del experimento; el último día del experimento los novillos fueron sacrificados; encontraron que el efecto del

Zilpaterol, incremento la ganancia de peso y rendimiento en canal, además de que las canales resultaron más magras (Cuadro 7).

Cuadro 7 Efecto del  $\beta$ -agonista adrenérgico (Zilpaterol) en la ganancia de peso y variables de la canal de novillos cebuinos en finalización.

Items	Zilpaterol, mg/kg PV/ día		EE
	0	0.14	
Peso inicial, kg	358.4	354.8	3.28
Peso final, kg	407	405	3.76
Consumo de ms, kg/d	8.97	9.26	-
Conversión alimenticia	6.14	6.15	
Rendimiento canal caliente, %	58.1	59.1	0.21
Grasa interna, kg	14.5	13.5	0.35
Marmoleo	4.00	3.64	0.18
Espesor de grasa dorsal, cm	6.8	5.8	0.23
Área del Longissimus, cm <sup>2</sup>	61.3	71.6	2.52

PV=Peso vivo; EE=error estándar de la media; MS= materia seca.

Fuente: Modificado de (Castellanos *et al.*, 2006).

Al emplear la combinación de monensina y tilosina se pueden retirar de la dieta durante el período de alimentación con Zilpaterol (pasando 30 días de alimentación) con un mínimo o ningún impacto en la calidad y cortes de la carne. El clorhidrato de Zilpaterol es un agente de repartición que funciona a través de aumento de la proteína y una disminución en la deposición de grasa. Por lo que alimentar con clorhidrato Zilpaterol durante 30 días antes del sacrificio a novillos, aumenta el rendimiento en canal pero disminuye la ternura. Sin embargo, disminuye el envejecimiento postmortem de la canal, lo que a su vez no afecta de manera negativa a la aceptación general de los consumidores del musculo longissimus hasta 14 d postmortem (Hilton, *et al.*, 2009).

Existen otros beta agonistas que están prohibidos (clenbuterol, salbutamol y otros análogos de catecolaminas) dado que el consumo de productos de bovinos alimentados con esos productos representa un riesgo para la salud pública (Sumano *et al.*, 2002).

## 2.12. Amortiguadores de pH ruminal

Los amortiguadores ruminales son principalmente empleados en dietas en finalización, las cuales contiene elevados cantidades de carbohidratos de rápida

fermentación y baja en fibra, y estas ocasiona un disminución del pH, lo cual contrarresta la actividad de los microorganismos ruminales, principalmente las bacterias celulolíticas son las de mayor afectación (Owens *et al.*, 1998).

Se han utilizado una gran variedad de amortiguadores para reducir la acidosis en raciones altas en grano, sin embargo, las respuestas han sido extremadamente variables (Britton, 1991). Se utilizan de 0.75 a 1.5% de la ración (base seca) de bicarbonato de sodio, óxido de magnesio y óxido de calcio y de 1 a 2% de bentonita de sodio (base seca).

Es importante considerar que la saliva del animal es el principal amortiguador en los rumiantes y que la adición de forraje y el tipo de estos pueden ser mejor recurso nutricional que la adición de amortiguadores, cuya respuesta es poco consistente e incrementa los costos de alimentación; algunos de ellos se pueden usar para formular el calcio.

Para determinar el mejor efecto del bicarbonato de sodio como amortiguador, el cual fue incorporado en las dietas o se permitió el consumo ad libitum en corrales de engorda, los resultados que no hay correlación entre la forma de suministrarlo, para respuestas en el pH ruminal, esto debido a que el ganado no es capaz de seleccionarlo para prevenir una acidosis, sin embargo, al mezclarlo dentro de la dieta en la ración redujo el número de largos episodios de acidosis ruminal, lo cual podría reducir las consecuencias negativas de la acidosis ruminal en la digestión de alimento y regulan el consumo de amortiguadores cuando se sienten afectados por una acidosis subaguda (Keunen, *et al.*, 2003). Lo que refuta la hipótesis que los animales son capaces de seleccionar una dieta óptima (Cooper *et al.*, 1996).

En relación de estimar los efectos del óxido de calcio (CaO) en la dieta en novillos de engorda, se suministraron diferentes dosis de este (0.8, 1.6, y 2.4 %) a novillos alimentados con 60 % de granos secos de destilería se evaluaron el pH ruminal, producción de ácidos grasos volátiles, digestibilidad aparente, balance de nitrógeno, rendimiento y características de la canal. Reportando que estabiliza el pH ruminal, aumenta la digestibilidad de la fibra, mostrando que la inclusión de CaO de 0.8, 1.6, y 2.4 % incrementó ganancia diaria de peso por 5.0, 3.9, y 0 %, respectivamente, concluyen que un 1.6 % de CaO es eficaz para mejorar el rendimiento del ganado de engorda (Nuñez *et al.*, 2014).

En otro estudio con granos de destilería secos o modificados, además de la adición de CaO (0 y 12%), se reportó que independientemente del tipo de granos de destilería, se incrementaba el pH ruminal en las primeras 1.5 h. alcanzado el mayor valor a las 3 h post alimentación. Sin embargo, después de las 3 h no se observan incrementos en el pH durante el resto del día. En este mismo estudio para el caso de la actividad de la celulasa ruminal, este mostro un incremento

(28%) en dietas con 1.2% CaO, a su vez también se observó un cambio en la relación acetato-propionato, por efecto de la adición de CaO independientemente del tipo de DGS. El incremento inicial a la adición de CaO sobre la actividad pH ruminal y celulasa, no aumentó la desaparición in situ de FDN, tampoco mostró diferencias en la producción de metano (Schroeder *et al.*, 2014).

### **2.13. Urea utilizada como NNP en la alimentación de bovino de engorda.**

Para alcanzar los requerimientos proteicos de animales en crecimiento, en terminación o con altos niveles de producción de leche; es necesario suplementar sus dietas con fuentes exógenas de nitrógeno (Kilkenny, 1978).

(Nocek & Russell, 1988) Establecen que existe una relación entre la suplementación nitrogenada y el consumo de energía, dado que si se favorece la síntesis microbiana por medio de la suplementación proteica, se incrementa la digestibilidad, la tasa de pasaje y el consumo de materia seca (MS); de esta forma se generan mayores cantidades de productos de la fermentación ruminal disponibles para el animal (proteína bacteriana y AGV), por unidad de materia seca consumida y por unidad de tiempo. Existen distintos trabajos en los que se obtuvo respuesta en la performance animal a la suplementación de silo de maíz (como fuente de energía), tanto con nitrógeno no proteico como con nitrógeno proteico (Thomas & Wilkinson, 1975)

Este papel del Nitrógeno como regulador del consumo voluntario también se presenta cuando los animales son alimentados con forrajes de baja calidad (con 50 % o menos de digestibilidad). En estas dietas el déficit de nitrógeno en el rumen puede actuar como factor limitante del consumo de energía porque deprime la digestión de la celulosa. Por otra parte, el consumo de estos forrajes está determinado por la tasa de "vaciado" de forraje del rumen, y debido a la menor actividad bacteriana ésta se encuentra disminuida. La respuesta animal a un aumento en la provisión proteica, generalmente conduce a un aumento en el consumo voluntario, al incrementarse las tasas de digestión y de pasaje del alimento (Stritzler *et al.*, 1983)

Como fue comentado, dentro de la proteína que llega al intestino delgado para ser absorbida y metabolizada por el animal, pueden distinguirse tres tipos:

- a) proteína bacteriana,
- b) proteína dietaria
- c) nitrógeno de origen endógeno (Astibia *et al.*, 1982).

El nitrógeno endógeno posee una contribución relativamente baja, por lo cual generalmente se lo desprecia, mientras que en animales de altos requerimientos

el primer tipo de proteína sólo alcanzaría para cubrir los requerimientos de mantenimiento (Chalupa, 1975).

(Smith *et al.*, 1980) Encontraron que en dietas de alto porcentaje de fibra se obtiene mejor respuesta productiva si se suplementa con proteína by-pass. Sin embargo, estos autores señalan que las mejores respuestas atribuidas a la proteína no degradable en rumen podrían deberse, en parte, a que a pesar de la mayor proporción de proteína pasante en la dieta se alcanzó un nivel de amonio ruminal adecuado para el crecimiento microbiano.

La proteína puede ser suplementada en dos formas: solubles (mayor degradabilidad ruminal, harinas vegetales y urea) y menos solubles (menor degradabilidad ruminal, harinas de origen animal como de sangre, de pescado, de plumas, etc.).

### **2.13.1. Nivel de suplementación**

(Santini & Dini, 1986) Expresan que, en dietas con altos niveles de proteína, debe considerarse el exceso de amonio que se genera y que debe ser eliminado. En relación a esto (Bunting *et al.*, 1989) menciona que al suplementar dietas de concentrados con dos niveles de proteína (18.8 y 10.2 % de proteína bruta sobre la materia seca de la dieta) en vaquillonas Angus, concluyeron que altos niveles de proteína resultan en un leve aumento en el consumo de materia seca, mientras que la retención de nitrógeno (g/día) es significativamente mayor, al igual que la cantidad de nitrógeno urinario y la eficiencia de síntesis de proteína bacteriana (g de proteína bacteriana/100 g de materia orgánica aparentemente fermentada). Sin embargo, el reciclaje de nitrógeno fue mayor en la dieta de menor nivel de suplementación, lo que coincide con la correlación negativa entre la cantidad de N consumido y el reciclaje del mismo que citan (Astibia *et al.*, 1982) por lo tanto, la eficiencia de utilización del N (unidad retenida por unidad consumida) disminuiría al incrementarse la cantidad de N consumida. En el trabajo de (Bunting *et al.*, 1989), el nivel de proteína de la dieta no afectó la digestibilidad de la materia seca, y la cantidad de proteína bacteriana que alcanzó el abomaso fue similar para los dos tratamientos, lo que indica que el N no fue limitante para el crecimiento bacteriano en la dieta con menor proporción del mismo.

La menor eficiencia de utilización del nitrógeno al incrementarse su consumo es explicada por (Satter & Roffler, 1975), quienes establecen una concentración máxima de amoníaco en el rumen (punto de acumulación de amoníaco), donde todo el amoníaco ruminal que se genera (por desaminación, consumo o reciclaje) es utilizado para la síntesis de proteína bacteriana, obteniéndose, de esta forma, la mayor cantidad de proteína metabolizable (PM) por unidad de proteína consumida.

La adición de nitrógeno no proteico (NNP) por sobre el nivel mencionado no aumenta la cantidad de PM que llega al duodeno, mientras que si se suplementa con proteína verdadera, la PM se incrementa en función de la cantidad de proteína y aminoácidos que escapan a la fermentación que ocurre en el rumen; es aquí donde disminuye la eficiencia de utilización del nitrógeno consumido. Se puede advertir entonces que en el ensayo de (Bunting *et al.*, 1989) este punto ya había sido alcanzado con el nivel de 10,2 % de proteína, pues la eficiencia de síntesis bacteriana no fue alterada por el nivel de proteína utilizado en la dieta.

Veira *et al.* (1980a) mencionan que al suplementar terneros de destete con distintos niveles de proteína (10.2 – 12.2 – 14.1 – 16.1 %) con harina de soja en una dieta restringida de grano de maíz molido, observaron que el punto de acumulación de amoníaco se obtuvo con 12 % de proteína cruda (PC) en la dieta, y que si bien los distintos niveles proteicos aportaron cantidades similares de proteína bacteriana al duodeno, la cantidad de proteína total que llegó al mismo aumento en forma conjunta con el porcentaje de proteína de la dieta. En otro trabajo de características similares (Veira *et al.*, 1980b), con niveles proteicos de la dieta de 9.9; 12; 14.2 y 16.2 %, establecieron que el aumento en proteína se reflejaba en aumentos en la digestibilidad de la materia seca, de la materia orgánica, del nitrógeno, de la fibra detergente ácida (FDA) y del almidón. Los aumentos diarios de peso vivo (ADPV) se incrementaron en forma lineal con el aumento del porcentaje de proteína dietaria. Los autores consideran que para lograr la máxima eficiencia de utilización del nitrógeno en animales de altos requerimientos, la dieta debe proveer cantidad suficiente de nitrógeno para un adecuado desarrollo bacteriano y cubrir el resto de los requerimientos proteicos con proteína by-pass. Coleman & Barth (1974) sugieren que cuando el nitrógeno suplementado en forma de urea (en dietas de silaje y grano de maíz) aumenta desde 5.4 hasta 45.4 % del nitrógeno total, la eficiencia de retención del nitrógeno del total absorbido, del consumido y la utilización neta de la proteína disminuyen 17.9; 14.7 y 12.2 unidades porcentuales, respectivamente.

### **2.13.2. Suplementación con nitrógeno no proteico (NNP)**

Los compuestos con nitrógeno no proteico pueden utilizarse satisfactoriamente en cierta cuantía como sustituto de la proteína, tanto en el engorde de bovinos para producir carne como en la alimentación de vacas lecheras. A este respecto se utilizan principalmente: amoníaco, urea, biuret, fosfato diamónico y polifosfato amónico (Kolb, 1971).

Amoníaco: es un gas que, en general, se disuelve en el agua. Es la fuente más barata de nitrógeno que puede utilizarse en la alimentación del ganado, pero,

como es tóxica y difícil de manejar, se usa principalmente para aumentar el contenido de nitrógeno de los alimentos pobres en proteína mediante la amonización en escala industrial. El amoníaco se fija químicamente y no se libera hasta que el pienso fermenta en el rumen.

Urea: es la fuente más barata de nitrógeno sólido. Es un polvo blanco, cristalino y soluble en agua, que se usa como fertilizante y para la nutrición animal. Actualmente se presenta en el mercado en forma granulada y perlada, siendo esta última la más recomendable para el uso animal por su soltura y facilidad para mezclarla con otros ingredientes. La urea fertilizante, que es más barata, es higroscópica y se cuaja con mucha facilidad, lo que hace difícil mezclarla en los piensos sólidos; sin embargo, puede utilizarse con los piensos si se añade en forma de suspensión o de solución en melaza. Las semillas de algunas leguminosas, especialmente la soja, contiene una enzima, la ureasa, que descompone la urea y hace inapetecible el forraje. La ureasa queda en gran parte destruida por tratamiento térmico, por el cual los granos y las harinas oleaginosas pueden mezclarse con urea.

Biuret: Se produce a partir de la urea por calentamiento, y contiene un 41 % de nitrógeno. Es apenas soluble en agua y no es tóxico, ya que el amoníaco se libera lentamente en el rumen. Por consiguiente, tiene ventajas concretas en comparación con la urea para utilizarlo en los piensos secos. Sin embargo, es más caro y hace falta un período de adaptación de 2 semanas a 2 meses, antes que se obtenga una respuesta en la alimentación con biuret. Esta adaptación se pierde rápidamente cuando no se suministra biuret.

Fosfato diamónico: Se trata de un polvo cristalino de color blanco soluble en agua. Contiene 21.4 % de nitrógeno y 23.7 % de fósforo. Tiene la ventaja, con respecto a la urea, que mejora a la vez el aporte de fósforo.

Polifosfato amonico: Es una fuente corriente de fósforo y de NNP en los suplementos líquidos. Se emplea en forma líquida, ya que tiene la ventaja, que no es corrosivo. Contiene 11 % de nitrógeno y 16.1 % de fósforo (El sitio de la Produccion Bovina 1)

Los compuestos de NNP se hallan presentes ya naturalmente en los alimentos en más o menos concentración. Particularmente rica en compuestos de NNP son las pasturas tiernas (especialmente en otoño), en cuyo contenido de nitrógeno (N) entra el NNP en proporción hasta del 25-30 %. La fracción principal del NNP de la pastura está constituida por aminoácidos libres, amidas libres (glutamina y asparagina), nitrato, basas púricas y sales de amoníaco (Kolb, 1971).

En los sistemas de producción animal, el recurso de NNP más difundido es la "urea". Este suplemento es básicamente nitrógeno no proteico de rápida degradación ruminal, a las 2 horas de ingestión se produce el pico de amoníaco en rumen y a las 9 o 10 horas éste vuelve a tener el nivel que tenía antes de la ingestión. Su aprovechamiento para la síntesis de proteína microbiana dependerá, entre otros factores, del aporte simultáneo de energía en el rumen. La urea es un compuesto de NNP comercial conteniendo aproximadamente 46 % de nitrógeno, por lo tanto, 100 gramos de urea representan 287.5 gramos de proteína cruda (PC) para el animal (Kjeldahl, contenido de nitrógeno por 6.25).

Cuando pensamos en incorporar urea a la dieta, motivados por su menor costo con relación a otra fuente proteica, debemos tener presente que sólo aportará nitrógeno; a diferencia de cualquier otro concentrado que aporta simultáneamente cantidades variables de fibra, azúcares, grasas, etc.

La clave de suplementar con urea radica en asegurar un nivel constante de nitrógeno amoniacal en el rumen a fin de maximizar el metabolismo microbiano. Por otra parte, la urea en el rumen, puede descomponerse en el amoníaco más rápido que lo que las bacterias pueden convertir esto en proteína. Ello dependerá por un lado, de la frecuencia de consumo del suplemento durante el día y de la cantidad consumida, y por otro, de la fracción de NNP presente en la dieta base. En planteos de alimentación en feedlot, podemos asegurar el consumo regular de urea durante el día; pero en pastoreo (vacas lecheras, por ejemplo), el suministro se reducirá a una o dos veces por día, provocando picos de producción de amoníaco en rumen que difícilmente puedan ser aprovechados por las bacterias dado que no se equilibraría el aporte de energía y nitrógeno (Kolb, 1971).

Son precisamente estos excesos de amoníaco los que a veces desencadenan casos de intoxicación, pues el sistema hepático no alcanza a convertirlo en urea para eliminarlo. La intoxicación por amoníaco produce una alcalosis, los síntomas clínicos presentados por este tipo de anomalía fisiológica son: salivación excesiva, dificultad para respirar, alteración de la coordinación motora, temblores musculares, timpanismo, convulsiones, mugidos, rigidez en las patas delanteras y finalmente la muerte. Si no se trata inmediatamente, el animal morirá en un lapso de 3 horas. En los bovinos el tratamiento común de este tipo de intoxicación, consiste en suministrar por vía oral una solución de 2 o 3 litros de vinagre disueltos en 20 o 30 litros de agua fresca, antes que el animal alcance la etapa de rigidez muscular (El sitio de la Produccion Bovina 2)

Por lo tanto, sería recomendable combinar urea con otra fuente proteica de degradación más lenta (harina de soja), agregar una fuente energética de fácil disponibilidad (granos de rápida digestión) y asegurar la completa homogeneización de la mezcla para evitar elevados picos de amoníaco ruminal. Otra manera de manejar esto, aparte de la adecuada sincronización con fuentes de hidratos

de carbono de rápida fermentación ruminal, sería disminuyendo la velocidad de producción de amoníaco con fuentes de NNP de hidrólisis lente; favoreciendo la formación de un PH más bajo que disminuya la absorción de amoníaco a nivel ruminal (fosfato diamónico); repartiendo los aportes de NNP a lo largo del día por métodos de distribución adecuados como mezclas de urea con forraje que son ingeridos lentamente, libre acceso a bloques de urea para lamer, o mezclas líquidas o de productos pulverulentos conteniendo urea adicionados a la ración (Kolb, 1971).

También, el uso de ciertos aditivos como el extracto de "*Yucca schidigera*" o como la "zeolita" pueden servir de ayuda para atrapar el exceso de amoníaco liberado en rumen. La primera es una planta que ha desarrollado un sistema para atrapar el amoníaco cuando se encuentra en altas concentraciones y retenerlo en forma no-tóxica y no-volátil, y así tenerlo disponible para cuando se requiera. La zeolita es una sustancia mineral con alta capacidad de intercambio iónico, este aluminosilicato también capta los iones de amoníaco cuando está en exceso y los libera cuando la concentración a nivel ruminal disminuye a niveles limitantes para el óptimo desarrollo bacteriano. Estos compuestos disminuyen las fluctuaciones de amoníaco ruminal a través del día y esta mejora en el ambiente ruminal se refleja en la performance productiva de los animales, especialmente en las vacas lecheras donde aumentó su producción en aquellos casos donde el amoníaco era limitante en determinados momentos del día (Rearte, 1992).

Es preciso no solamente aportar energía y nitrógeno, sino también los demás factores de crecimiento: una proporción de nitrógeno en forma de aminoácidos, péptidos o polipéptidos pequeños; minerales, especialmente fósforo y azufre y ciertos ácidos grasos volátiles ramificados que provienen de la desaminación de los aminoácidos correspondientes (Astibia *et al.*, 1982).

La adaptación del animal a la dieta también limita la cantidad de urea que puede ser usada en el comienzo de la suplementación. Toma aproximadamente 10 días a dos semanas para que el animal comience a adaptarse para una utilización total de la urea, pero ésta puede perderse en períodos más cortos de 48 horas. Si se suministra a un animal no adaptado una dosis grande de urea, se pierde una cantidad sustancial de nitrógeno por orina. Se establece que la retención de nitrógeno absorbido se mejora en 3 % por cada período de 10 días de suministro de urea. La máxima capacidad de los microorganismos del rumen para asimilar el amoníaco se alcanza a los 19 a 22 días de iniciar el consumo de una dieta rica en urea (El sitio de la Produccion Porcina 3)

Para animales de altos requerimientos proteicos como los jóvenes en activo crecimiento (hasta 300 Kg. de PV) o las vacas lecheras de alta producción (más de 20 l.) en su primer tercio de lactancia, la adición a la urea de fuentes de pro-

teína verdadera (harinas vegetales y animales) estimula el crecimiento y metabolismo microbiano asegurando un mayor flujo de aminoácidos al intestino (Astibia *et al.*, 1982).

Se recomienda que la urea usada como suplemento proteico, puede reemplazar un tercio (1/3) del total de la proteína, o componer un 3 % de la materia seca (MS) del concentrado o un 1 % del total de la MS de la ración (Briggs, 1967).

Según lo descrito al hablar de suplementación nitrogenada, el NNP tendría prácticamente el mismo valor nutricional que la proteína, si es suministrado hasta alcanzar el punto de máxima utilización del amoníaco ruminal (Satter y Roffler, 1975). Valores de amoníaco ruminal entre 5 y 8 mg/dl determinarán una máxima eficiencia de síntesis de proteína bacteriana. Cantidades superiores de amoníaco solo serán utilizadas en la formación de proteína si se asegura un correcto balance en el tiempo de energía-proteína dentro del rumen; de lo contrario el exceso de amoníaco será absorbido y eliminado. Satisfacer los requerimientos de N de los microorganismos, así como asegurar el balance energía-proteína para maximizar su metabolismo repercutirá, no solo en el aporte de proteína bacteriana que arribará al intestino, sino que mejorará la digestión ruminal de la fracción fibrosa de toda la dieta así como el consumo total de MS (Astibia *et al.*, 1982).

Bart *et al.* (1974) Afirman que con urea se pueden alcanzar las tasas de digestión de la celulosa que se logran con la suplementación con proteína vegetal, e inclusive se podrían superar; (Wales *et al.*, 1993) sugieren que la urea puede ser utilizada exitosamente como única fuente nitrogenada en dietas de ensilaje de maíz para el engorde de novillos; esto se debería al elevado contenido de almidón del ensilaje como fuente de energía (Phipps, 1978). Moran & Pritchard (1987) comentan que en animales de más de 200 kg es posible alcanzar ganancias de 0,8 a 1 kg/día utilizando 1 % de urea sobre la MS total de la dieta, pero si se buscan mayores ganancias de peso se debería utilizar algún concentrado energético. Para Amos & Evans (1976) la suplementación con urea sólo aporta beneficios en dietas de elevada digestibilidad. (Chalupa, 1975) Expresa que en dietas purificadas donde la urea es la única fuente nitrogenada, toda la proteína metabolizable disponible para el animal es de origen bacteriano, y como se citó anteriormente, ésta no alcanzaría a cubrir los requerimientos proteicos de animales en crecimiento o en lactancia.

### **2.13.3. Sincronización del nitrógeno con la energía**

Para maximizar la síntesis de proteína microbiana en el rumen, se requiere la oportuna disponibilidad de fuentes adecuadas de N y de Hidratos de Carbono

para un rápido crecimiento bacteriano. Nocek & Russell (1988) Sugieren que la eficiencia del crecimiento microbiano y de la producción de proteína microbiana, pueden ser mejoradas por el balanceo de la ración en energía y nitrógeno disponible en el rumen. Henning *et al.* (1993) demostraron que únicamente mejorando el grado de sincronización entre la proporción de energía y de N liberados en el rumen, no se aumenta la producción microbiana; también son necesario adecuados niveles de aporte de energía y de N (dietas balanceadas). Está comprobado que las dietas conteniendo menos del 35 % de carbohidratos no estructurales traen problemas en la síntesis de proteína microbiana; y aquellas con más del 40 % de éste tipo de carbohidratos producen un exceso de AGV y problemas de acidosis.

La consecuencia de un asincronismo en la digestión de las fuentes de N y de energía, es un aumento en la absorción del amoníaco ruminal dentro del torrente sanguíneo y conversión a urea en el hígado. Esta detoxificación hepática del exceso de amoníaco ruminal, requiere un gasto calórico para los rumiantes de 0,2 Mcal de Enl/100 gr de exceso de proteína cruda consumida (Twigg & Van Gils, 1988). También la elevación del N ureico en plasma, como consecuencia de esto, puede estar asociado con el deterioro en la performance reproductiva de las vacas lecheras de alta producción (Ferguson *et al.*, 1993). Además, el ineficiente uso del N por los rumiantes y la excesiva excreción urinaria de N pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente (Tamminga, 1992).

Cuando se suplementa con NNP, se observa que la gran solubilidad de la urea aumenta rápidamente los niveles de N amoniacal en el rumen; en dietas con elevada proporción de urea, la retención del nitrógeno en el animal se correlaciona positivamente con la cantidad de hidratos de carbono fácilmente fermentecibles (Coleman & Barth, 1974). Si se busca mantener los niveles de amoníaco ruminal dentro de los rangos adecuados para lograr un óptimo aprovechamiento del nitrógeno (máxima obtención de proteína metabolizable), la cantidad necesaria de este tipo de azúcares será mayor en las dietas donde la urea es la principal fuente de nitrógeno, pues los microorganismos deben disponer simultáneamente de ambos nutrientes (Shirley, 1986).

La absorción del amonio a través de las paredes del rumen se da bajo su forma no ionizada; por lo tanto, este proceso es regulado por la cantidad total de amoníaco y el pH ruminal (Nolan, 1993). Según Bartley, *et al.* (1976) se podrían tolerar altos niveles de amoníaco ruminal sin problemas de toxicidad si la dieta posee suficiente cantidad de hidratos de carbono fácilmente fermentecibles para mantener el pH por debajo de 7.4. Russell *et al.* (1983), comentan que la concentración de amoníaco ruminal, es inversamente proporcional a los hidratos de carbono solubles adicionados a la dieta.

Casper & Schingoethe (1986), demostraron que las menores concentraciones de amoníaco ruminal y de la urea sérica, en los animales alimentados con dietas suplementadas con urea y suero de queso; indica que el suero desecado aumenta la utilización del N en las dietas con urea (al 1 % de la MS), por estimular la síntesis de proteína microbiana. Esto también fue reportado por (Windschitl & Schingoethe, 1984). El aumento en la utilización del N por suplementar con suero seco, puede ser debido al aumento en la cantidad de lactosa fácilmente fermentable como una fuente de energía y de esqueletos carbonados para la síntesis proteica (el suero contiene un 70 % de lactosa). Aunque las dietas eran altas en N degradable, la concentración de amoníaco ruminal era reducida por una rápida disponibilidad de carbohidratos fácilmente fermentables.

Un punto importante a tener en cuenta con respecto a los granos de cereales en la suplementación de las dietas con urea, es el sitio de digestión del almidón. Clasificando a los granos de mayor a menor degradabilidad ruminal de su almidón, tenemos: trigo, cebada, avena, maíz y por último el sorgo (éstos dos últimos se digieren principalmente a nivel intestinal). Por lo tanto, si se utilizan fuentes proteicas de rápida degradación en rumen, como la urea, sería conveniente utilizar granos de alta digestión en rumen como la avena, el trigo o la cebada; para hacer una mejor utilización del amoníaco ruminal rápidamente disponible y lograr una buena síntesis de proteína bacteriana. Esto, como ya fue comentado, es de suma importancia porque entre el 60 y el 80 % de la proteína que es utilizada por el rumiante tiene este origen (Elizalde & Santini, 1992).

Una forma de mejorar la utilización del grano de maíz en la sincronización con dietas conteniendo urea, es por medio de la confección de silos de grano húmedo de maíz (Rearte, 1995). Se ha comprobado que el ensilado de grano húmedo de maíz suele presentar una mayor digestibilidad que el grano de maíz seco. Se indica que la degradabilidad ruminal del almidón proveniente del grano húmedo de maíz es mayor que la del maíz seco y similar a la de la cebada. Esta mayor degradabilidad ruminal se produce como consecuencia de la mayor cantidad de agua en el grano, lo que altera las uniones hidrogenadas del almidón, originando una masa más amorfa. El aumento de este amorfismo de los gránulos de almidón incrementa el grado de solubilidad del mismo en el rumen o la tasa de penetración y digestión bacteriana (Nocek & Russell, 1988). Esto proveería una mayor cantidad de energía rápidamente disponible para las bacterias del rumen, lo cual aumenta la eficiencia de utilización del N liberado por la urea, mejorando la performance animal.

#### **2.13.4. Requerimientos de aminoácidos y péptidos**

La mayoría de las bacterias ruminales pueden utilizar NNP como fuente de nitrógeno; otras en cambio, requieren aminoácidos preformados y péptidos (Al-Rabbat *et al.*, 1971). La falta de estos aminoácidos, según Shirley (1986), podría

afectar la eficiencia del crecimiento microbiano del rumen; Hoover & Stokes (1991) consideran que para alcanzar el óptimo crecimiento microbiano se dependería de la utilización de las formas orgánicas del nitrógeno. (Chalupa, 1975), señala que posiblemente los aminoácidos sean necesarios como sustrato para la producción de ácidos grasos de cadena ramificada, que son factores de crecimiento bacteriano. Al-Rabbat *et al.* (1971) encontraron que del total del nitrógeno microbiano, el 61 % provenía del amoníaco y el 39 % de aminoácidos y péptidos; es por esto que la adición de aminoácidos preformados en las dietas con urea, incrementaría la actividad ruminal y la cantidad de proteína bacteriana que sale del rumen (Nocek & Russell, 1988).

La utilización de proteína de elevada degradabilidad mejoraría la digestión de la celulosa respecto a la utilización de urea o aminoácidos como única fuente de nitrógeno (Hoover & Stokes, 1991).

Burris *et al.* (1976) al realizar infusiones de lisina en el abomaso de terneros suplementados con urea, encontraron que dicho aminoácido era limitante para el crecimiento de los animales. Estos autores observaron que los animales en crecimiento en los cuales todo el nitrógeno suplemental en la dieta era derivado de la urea, presentaban un nivel de lisina en el plasma menor al encontrado en aquellos animales alimentados con otra fuente de proteína natural como la harina de soja; y sugirieron que este aminoácido estaría limitando la performance de los novillos en crecimiento (con altos requerimientos). La infusión abomasal de lisina para estos novillos alimentados con NNP, dio como resultado un incremento en la cantidad de nitrógeno retenido. Además, la retención máxima de nitrógeno se observó con la infusión de 24 gr de lisina por día.

En un trabajo posterior, Richardson & Hatfield (1978) llegaron a la conclusión de que en dietas donde la proteína bacteriana es la única fuente proteica para el animal, el crecimiento del mismo se ve limitado por la disponibilidad de metionina, lisina y treonina. Hogan (1975) cita que de la comparación entre los aminoácidos presentes en los productos animales (carne, leche y lana) con los presentes en la digesta, se puede concluir que las proporciones son bastante similares, a excepción de lisina y los aminoácidos azufrados.

Según Shirley (1986), en dietas con elevada proporción de NNP, la metionina junto con la fenilalanina serían limitantes para las bacterias.

Zinn & Shen (1998), en un trabajo realizado sobre novillos en feedlot alimentados con una dieta suplementada con un 0,8 % de urea (sobre MS); encontraron que usando tejido bovino como la referencia de proteína, el valor biológico de las proteínas que llegaban al intestino es en promedio del 73 %, y la metionina fue el primer aminoácido limitante. Los requerimientos de metionina metabolizable

(gr/día) de los novillos en feedlot, pueden ser confiablemente predecidos a partir del peso corporal y la ganancia diaria de peso.

### **2.13.5. Efectos sobre el consumo y la ganancia de peso (en animales de feedlot)**

Milton & Brant (1994a) realizaron una prueba de alimentación sobre novillos (335 Kg), en la que evaluaron el efecto del nivel y la fuente de PC en la terminación de animales (Cuadro 8). Las dietas comparadas presentaban dos fuentes de PC (urea vs harina de soja) y dos niveles de PC (11.5 vs 13.5 % de la MS). La dieta conteniendo un 11.5 % de PC y urea, presentaba un porcentaje de 0.93 % de urea en la MS.

Se observó que durante los primeros 70 días de alimentación, el aumento diario de peso vivo (ADPV) fue mejorado un 8.8 % y un 6.1 %, respectivamente, para los novillos alimentados con harina de soja vs urea. No se observaron efectos provocados por el nivel de PC en la dieta.

Para el período completo de prueba (132 días), los animales alimentados con harina de soja consumieron 3.8 % más comparados con aquellos en dietas suplementadas con urea. En este período, el ADPV disminuyó en los novillos en los que se aumentaba la PC a 13.5 % con urea; mientras que en aquellos en los que se aumentaba el nivel de PC con harina de soja, se lograba un mayor ADPV. La eficiencia en la ganancia de peso (consumo/ADPV), fue mayor con la suplementación de harina de soja. Además, comparada con la urea, la adición de harina de soja aumentó la extensión del lomo de los animales.

Cuadro 8 Efectos del nivel y la fuente de proteína cruda sobre el consumo y el aumento de peso (Milton & Brant, 1994a).

	Urea	Urea	H. de Soya	H. de Soya
	11.5	13.5	11.5	13.5
Día (o a 70)				
MS cons. (kg)	9.87	9.65	10.01	10.04
ADPV (kg)	1.65	1.64	1.76	1.85
Día 0 a 132)				
MS cons. (kg)	9.82	9.33	9.88	10.02
ADPV (kg)	1.41	1.29	1.47	1.57

ADPV: Aumento diario de peso vivo.

Los mismos autores Milton & Brandt (1994b), realizaron otro trabajo en el cual evaluaron el nivel de suplementación con urea en dietas con alta cantidad de maíz molido (90 % de la dieta). Empleando cuatro niveles de urea (0. 0.5; 1.0 y 1.5 % de la MS), estudiaron el efecto de ésta en la digestión de los nutrientes, en la producción de proteína bacteriana y en el metabolismo ruminal de animales adultos (557 kg) (Cuadro 9).

Encontraron que la MS consumida (% del peso corporal), respondió cúbicamente a la adición de los distintos niveles de urea. El mayor consumo se dio con un 0,5 % de urea para luego disminuir con los mayores niveles de suplementación. La digestibilidad de la materia orgánica y del almidón en el rumen, fue mejorada un 33 y un 25 % respectivamente, con la adición de 0,5 % de urea. Pero la digestibilidad en el total del tracto digestivo para la materia orgánica (MO) y el almidón, no varió entre tratamientos. La digestibilidad real del nitrógeno en el rumen y en todo el tracto digestivo, aumentó linealmente a medida que aumentaba la urea en la dieta.

El total de nitrógeno que pasa al duodeno, el flujo de nitrógeno microbiano y la eficiencia de síntesis de proteína microbiana, no se vieron afectadas por los distintos niveles de urea (285 gr/día; 141 gr/día y 2.79 gr/100 gr de MO realmente fermentada, respectivamente). El pH ruminal declinó linealmente y la concentración total de AGV aumentó linealmente, con los niveles de urea. La proporción de propionato tendió a incrementarse, mientras que la de butirato disminuyó con el aumento en el nivel de urea; sugiriendo un mejoramiento en la eficiencia de fermentación.

Los autores concluyeron que el nitrógeno suministra suficiente cantidad de amoníaco para la producción de proteínas bacterianas, pero no para la fermentación de toda la MO.

Cuadro 9 Efectos de la adición de urea sobre la concentración de amoníaco ruminal, digestión ruminal del almidón y el consumo de materia seca (Milton & Brandt, 1994b).

UREA (% de la MS)

	0	0.5	1.0	1.5
PC (%)	7.7	9.0	10.3	11.6
MS cons (%PV)	2.52	2.59	2.15	2.43
N cons, (gr/día)	171	205	189	234
Dig. MO en rumen (%)	25.3	43.2	36.9	34.3
Dig. Almidón en rumen (%)	47.1	64.6	59.2	63.7
PH ruminal	6.00	6.06	5.81	5.74
NH3 ruminal (mg/dl)	3.7	5.2	14.3	15.5
Total de AGV (Mm)	11.3	109	127	133
Acetato (%)	44.7	47.1	43.1	44.8
Propionato (%)	27.3	28.0	29.6	30.3
Butirato (%)	16.4	12.3	11.2	9.9

En un tercer experimento, (Milton & Brandt, 1994c), utilizaron los mismos niveles de urea empleados en el trabajo anterior, para evaluar la performance animal y las características de la carcasa de novillos en terminación (332 kg) (Cuadro 10). La suplementación de urea se realizó a una dieta conteniendo un 90 % de concentrado (maíz molido). El único suplemento proteico en la dieta era la urea. Observaron que la MS consumida respondió cúbicamente a la adición de urea, siendo menor el consumo para los novillos suplementados con 0.5 o 1.5 % de urea. El promedio del ADPV y la eficiencia de conversión, respondieron cuadráticamente a la adición de urea. Ambas obtienen la mejora más grande en el primer aumento de urea (0,5 %). El espesor de grasa a nivel de la costilla N° 12 se incrementó linealmente con los niveles de urea. El análisis de regresión, determinó que el nivel óptimo de urea es de 0,91 % de la MS dietaria, para el ADPV y la eficiencia de conversión. Recomendándose para este tipo de animales un límite de urea del 1 % de la MS de la dieta total. La adición de urea a estas dietas

con un alto contenido de granos (90 %), mejora la utilización de la energía del alimento a nivel ruminal.

En terneros bolita (230 kg PV), los cuales presentan mayores requerimientos, se recomienda basar el límite de utilización de la urea al 0,5 % de la MS, junto con la adición de otra fuente de proteínas naturales (Harina de soja o de sangre).

Cuadro 10 Efectos de la adición de urea sobre el consumo, la ganancia de peso y la eficiencia de conversión. (Milton & Brandt, 1994c).

UREA (% de la MS)

	0	0.5	1.0	1.5
PC (%MS)	7.7	9.0	10.3	11.6
MS cons (% PV)	2.63	2.40	2.48	2.46
MS cons (kg/día)	11.09	10.50	10.91	10.72
ADPV (kg/día)	1.52	1.60	1.65	1.59
Eficiencia de conversión (kg/kg)	7.29	6.54	6.62	6.76
Esp. Graso 12 costilla (cm)	0.77	0.90	1.15	1.25

#### 2.14. Isoácidos, Hidroxiácidos y compuestos similares.

Desde el punto de vista estrictamente nutricional, se clasifica a los aminoácidos en esenciales y no-esenciales, ya que dependiendo de la capacidad de las células de los animales o de las bacterias del rumen para sintetizarlos al ritmo requerido para cubrir sus necesidades, estos compuestos pueden estar presentes o ausentes en la ingesta; sin embargo, a nivel metabólico, todos los aminoácidos son esenciales.

La síntesis ocurre a partir de los intermediarios de las principales rutas bioquímicas, por lo que la disponibilidad de los catabólitos menos abundantes será la que limite dicha síntesis. Las células animales y las bacterias del rumen, son capaces de producir aminoácidos esenciales en forma eficiente, si se les proporcionan los esqueletos carbonados necesarios. Dentro de estos precursores, los más conocidos son los isoácidos y los hidroxiácidos, mismos que serán discutidos a continuación.

Cuadro 11 Los isoácidos y los respectivos aminoácidos de los que provienen son:

Isoácidos	Aminoácidos
Acido isobutírico	Valina
Acido isovalérico	Leucina
Acido 2-metil butírico	Isoleucina
Acido fenil acético	Fenilalanina
Acido indol-3-acético	Triptofano
Acido imidazol acético	Histidina

### Objeto del producto

- Incrementar la eficiencia de síntesis de proteína microbiana a partir de urea y otros compuestos nitrogenados.
- Aumentar la digestión de la porción fibrosa de los alimentos.
- Mejora los parámetros productivos tales como, cantidad diaria y total de leche, consumo de alimento, ganancia de peso, eficiencia de conversión.

De la información generada a la fecha, se puede resumir que los isoácidos son de mayor impacto productivo cuando se emplean en ganado lechero en lactancia, ya que aumentan el flujo diario y total del líquido en un 8-10%, con mejoras similares en conversión alimenticia. Los datos con ganado productor de carne, aunque preliminares, parecen indicar efectos similares en ganancia de peso.

#### 2.14.1. Modo de acción

Los isoácidos son requeridos por la microbiota celulolítica, para su mantenimiento o crecimiento.

Empleando amonio como fuente de nitrógeno para la síntesis de los aminoácidos esenciales a formar, las bacterias ruminales por carboxilaciones reductivas de los isoácidos respectivos, forman los  $\alpha$ -cetoanálogos de dichos aminoácidos, que posteriormente son transaminados.

Modula la fermentación ruminal de los alimentos, especialmente cuando se emplean dietas de baja calidad, altas en fibra; también cuando existe elevado consumo acoplado con una alta demanda energética, como ocurre en animales en lactación.

Los isoácidos son también empleados como base para la biosíntesis de ácidos grasos de cadena larga y de aldehídos.

Por otro lado se ha observado que el uso de los isoácidos dobla la concentración de somatotropina sanguínea, lo que parece resultar en la canalización de nutrimentos hacia el evento fisiológico de mayor importancia, como lo es la lactación, y explica el aumento de la producción de las vacas a las que se les provee el fármaco.

#### **2.14.2. Presentaciones comerciales**

El único producto disponible a la fecha, se mercadea en los países de habla inglesa como ISO-PLUS-complemento comercial, y es fabricado por Eastman Kodak Co. Contiene sales de calcio del ácido isobutírico y de ácidos grasos volátiles de 5 carbonos (84%), hidróxido de calcio (3%) grasa animal (10%) y agua (3%). El aporte total del calcio en la mezcla es de 14.4%.

#### **2.14.3. Hidroxiácidos**

Son esqueletos carbonados, de estructura similar a la del aminoácido del cual son precursores y se obtienen durante el proceso de síntesis del aminoácido en cuestión.

El hidroxiácido más conocido es el llamado hidroxianálogo de metionina (MHA), que químicamente es el ácido butírico –  $\alpha$ -hidroxi- $\beta$ -metilmercapto.

##### Objeto del producto

Cubrir las deficiencias que de metionina+cistina, tengan las raciones en las que dichos aminoácidos azufrados sean limitantes.

Substituir el empleo de DL-metionina de origen sintético, en raciones para animales.

##### Presentaciones comerciales

El hidroxianálogo de metionina viene en dos presentaciones, como sal de calcio (MHA) o como ácido libre (Alimet), ambos producidos por Monsanto Chemical Co. El primero es un polvo y el segundo un líquido viscoso. (Shimada, 1990)

## **2.15. Aditivos mejoradores de forrajes**

### **2.15.1. Aditivos para heno**

Desecantes químicos: el uso de desecantes químicos, como el carbonato de potasio, carbonato de sodio o el silicato de sodio, aceleran la velocidad de secado de la alfalfa y del trébol rosado, pero no son efectivos con la cebadilla, el pasto ovillo o el fleo. Estos productos químicos son generalmente más efectivos cuando se aplican en el momento del corte en una dosis de 5.7 a 7.9 kg de principio activo en 350 litros de agua por hectárea.

Diferentes estudios realizados en los Estados Unidos, han demostrado que la humedad relativa de 80%, estos productos no son efectivos. El heno tratado con desecantes tiende a rehumedecerse más rápido que el no tratado. Esto es un problema cuando ha rocío o cuando llueve sobre la hilera, produciéndose mayores pérdidas por lixiviado que sobre el heno no tratado. (Rohweder *et al.*, 1983).

#### **2.15.1.1. Ácidos y sales**

Los ácidos orgánicos, principalmente el propiónico, han probado ser efectivos en prevenir el crecimiento de hongos y el subsecuente calentamiento en heno realizado con alta humedad. Su efectividad depende de la dosis de aplicación y de la humedad contenida en el heno. Se recomienda aplicar dosis desde 0.5% para henos de 10 a 25% de humedad, hasta dosis de 1.5% para henos con 31 a 35% de humedad, henificados en fardos convencionales. Para el caso de rollos la dosis debe ser aumentada. La mayor preocupación asociada con el uso de los ácidos orgánicos es que son relativamente caros, nocivos para el manejo y corrosivos para el equipo (Shaffer & Clark, 1976).

#### **2.15.1.2. Amoníaco anhídrido**

También se le usa para heno con alta humedad, por sus propiedades fungicidas. Pero recientemente resultados de Simms *et al.*, (1984) causaron preocupación debido a que produjeron sustancias tóxicas al agregar este producto a henos de alta calidad. Las toxinas (posiblemente compuestos del imidazol) han causado la muerte de terneros. Las propiedades volátiles del amoníaco, hacen que el manejo de este producto requiera de mucho cuidado.

### **2.15.1.3. Inoculantes para heno**

Son bacterias naturales, *Bacillus pumillus* y *Bacillus lentus*, aisladas de fardos hechos con alto contenido de humedad, que no se ardieron y que mantuvieron una alta calidad. Estas bacterias se encuentran espontáneamente en los pastos.

El uso de inoculante para heno de alfalfa no reemplazara un adecuado manejo, pero podemos lograr los siguientes beneficios:

- Permite enfardar antes, reduciendo el riesgo de pérdidas debido al daño de la lluvia.
- Hay mayor retención de hojas
- Mejora la palatabilidad. el heno inoculado y enfardado con 25% de humedad, tiene más hojas y son de textura más blanda que el heno seco. Mejorar la calidad significativa una mayor ingesta de nutrientes de alto valor, por parte del ganado.
- Mejora la calidad visual del heno enfardado a 25% de humedad.
- Los inoculantes no contienen ácido, no son corrosivos y no son tóxicos.

### **2.15.2. Aditivos para ensilajes.**

El proceso de ensilaje en sí es un método de conservación de forrajes que se basa en promover la producción de ácidos orgánicos mediante la fermentación de azúcares y almidones por los organismos presentes en forma natural en el forraje. Sin embargo se busca que sean las bacterias productoras de ácido láctico las que predominen en un corto plazo para que el pH del forraje baje hasta un punto en que se inhiba la fermentación completamente y el forraje se conserve sin más cambios.

El proceso puede sintetizarse de la siguiente forma: el forraje picado se coloca en un silo donde es compactado mecánicamente (silo de trinchera), o por gravedad (silo de torre). Durante las primeras 12 horas la respiración de las células vegetales y organismos aeróbicos consume el oxígeno atrapado entre el forraje y se degrada parte de la proteína presente. Esta respiración causa un incremento en la temperatura del ensilado que si es excesivo, hace que la proteína forme complejos indigestibles con carbohidratos (reacciones de Millard). Además si existe demasiado aire el crecimiento de hongos se verá favorecido. Más tarde se inicia la producción de ácidos orgánicos (acético, butírico, láctico). Una vez que el pH hasta 4.0 a 3.8. Sin embargo si el pH no baja suficientemente, bacterias indeseables (Clostridios) producirán ácidos menos deseables como el acético y sobretodo butírico además la degradación de proteínas continuara, todo lo cual conferirá un mal olor y baja aceptabilidad al ensilaje.

Esta breve exposición es útil para analizar en qué parte del proceso un aditivo puede ser benéfico al prevenir un problema o mejorar las condiciones presentes.

Los aditivos para ensilaje pueden clasificarse en inhibidores y estimulantes de la fermentación. Los últimos generalmente favorecen una tasa más rápida de producción de ácido láctico. Los inhibidores pueden ser inhibidores totales o parciales de la fermentación. Otra clasificación separa los aditivos no nutritivos de los que tienen además un valor nutritivo. El cuadro 12 presenta una posible clasificación de estos aditivos.

**Cuadro 12 Clasificación general de aditivos para ensilajes**

Estimulantes de la fermentación		Inhibidores de la fermentación	
Cultivos bacterianos y similares	Fuentes de nutrientes	Ácidos	Otros
Bacterias lácticas	Fuentes de Nitrógeno:	Ácidos Orgánicos:	Formaldehido
Organismos productores de enzimas	Urea	Fórmico	Para-formaldehido
Enzimas	Amonio	Acético	Metabisulfito de sodio
Antioxidantes	Fosfato de amonio	Láctico	Bisulfato de amonio
	Gallinaza	Benzoico	Sal común
	Fuentes de Glúcidos:	Acrílico	Minerales traza
	Melaza	Cítrico	Bióxido de carbono
	Granos	Glicòlico	Antibióticos
	Suero de leche	Sulfònico	Sosa cáustica
	Desechos de frutas	Propiònico	Amonio
		Caproico	
		Sòrbico	
		Ácidos Minerales:	
		Sulfúrico	
		Clorhídrico	
		Fosfórico	

**2.15.2.1. Inhibidores de la fermentación****2.15.2.2. Aditivos no nutritivos.**

Se han utilizado ácidos minerales como el sulfúrico, clorhídrico y fosfórico para reducir el pH drásticamente e inhibir cualquier crecimiento bacteriano, sin embargo este proceso es muy poco usado actualmente ya que estos ácidos son caros y corrosivos y los ensilajes resultantes son poco consumidos por los animales. El método original fue desarrollado por Virtanen en 1920 y se conoce

como proceso AIV. Originalmente se utilizaba una mezcla de ácido sulfúrico y clorhídrico para bajar el pH hasta 3.6. Más tarde se incluyó ácido fosfórico en lugar de sulfúrico. Una de las ventajas importantes del método es que se inhibe la proteólisis y se evita la pérdida de materia seca asociada con la fermentación. Debido a esto se buscó lograr el mismo resultado con ácidos orgánicos.

El ácido fórmico es ampliamente utilizado en algunos países europeos como inhibidor parcial de la fermentación que actúa reduciendo el pH inicial del forraje hasta alrededor de 5.0, e inhibiendo la acción inicial de las bacterias proteolíticas y productoras de acético y butírico. A este pH las bacterias lácticas toman el proceso y bajan el pH hasta 4.0 como en el ensilaje normal. Para lograr esto se aplican 2.7 kg de una solución de 80% de ácido fórmico por ton de forraje fresco (65% humedad), recomendándose subir el nivel hasta 4.5 si el ensilaje está muy húmedo o es difícil de ensilar, como en el caso de las leguminosas.

Es importante hacer notar que dada la escala logarítmica del pH, la disminución de 5.0 a 4.0 toma mucho más ácido fórmico para inhibir completamente la fermentación, lo cual no es deseable económicamente. El ensilaje resultante tiene un menor contenido de ácido láctico y mayor de proteína verdadera, lo que indica una fermentación limitada, resultado de la acidez inicial y de una acción bactericida selectiva. El ácido fórmico inhibe preferentemente a las enterobacterias y clostridios y favorece a las bacterias lácticas y en menor grado a las levaduras.

### **2.15.2.3. Aditivos nutritivos para la elaboración de ensilajes**

El ácido propiónico ha sido utilizado para prevenir la fermentación aeróbica del ensilado una vez que es secado del silo, por lo que se clasifica también como un inhibidor del deterioro aeróbico. En algunas pruebas este producto ha inhibido la putrefacción del silo expuesto al aire hasta por 19 días. Esto resulta muy útil en localidades con climas calurosos donde un ensilaje normal puede deteriorarse en unas pocas horas. Este producto ha sido recomendado principalmente para la alfalfa, pero su costo es alto por lo que se ha recomendado solo aplicarlo a la parte superior expuesta al aire. En los Estados Unidos es más utilizado para preservar el ensilaje de grano de maíz de alto contenido de humedad (25 a 40%). Este mismo ensilado de grano puede obtenerse con la fermentación láctica normal en un silo, pero el ácido propiónico reduce las pérdidas por fermentación y el mismo ácido es utilizado como fuente de energía por el animal. El ácido propiónico es combinado algunas veces con ácido isobutírico y/o acético. El ácido propiónico se aplica a un nivel de 0.5 a 1.5% lo que reduce el pH a un nivel de 4.0.

#### **2.15.2.4. Inoculantes microbianos**

Los más estudiados y extendidos en esta categoría son los inoculantes microbianos y los preparados de enzimas o sus combinaciones.

Los inoculantes son vendidos como cultivos deshidratados o en suspensiones que se aplican a diferentes niveles de acuerdo a las recomendaciones de la casa productora, sin embargo antes de utilizar estos productos deben considerarse varios factores. El o los tipos de microorganismos presentes en el inoculante deben cumplir con varias tareas para ser útiles:

Deben tener una tasa rápida de crecimiento y habilidad para dominar sobre los organismos presentes en forma natural en el silo.

Deben producir altas cantidades de ácido láctico (deben ser homofermentadores, es decir homolácticos).

Deben producir un pH ácido rápidamente y a la vez ser tolerantes al ácido para continuar creciendo hasta llegar al pH adecuado.

No deben actuar sobre ácidos orgánicos (produciendo, por ejemplo alcohol).

Deben fermentar diferentes azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa).

Deben tener poca acción proteolítica.

Los tres primeros puntos están relacionados al tipo de fermentación del organismo. La diferencia entre los microorganismos homofermentadores y heterofermentadores se resume en el cuadro 13. El resultado es una tasa mucho mas alta de producción de ácido láctico por los primeros. Esta fermentación es mas eficiente por lo que se reduce la perdida de materia seca y energía en el ensilado en relación al producto verde. Por lo tanto la utilidad de inoculantes con bacterias heterofermentativas es de dudarse sobre todo si es el único microorganismo presente.

Cuadro 13 Productos de la fermentación de carbohidratos en el ensilaje por diferentes bacterias

Bacterias Homofermentadoras:		
1 mol glucosa	→	2 moles ácido láctico
1 mol fructosa	→	2 moles ácido láctico
1 mol pentosas	→	1 mol ácido láctico+1 mol ácido acético
Bacterias Heterofermentadoras:		
1 mol glucosa	→	1 mol ácido láctico +1 mol etanol +1 mol CO <sub>2</sub>
3 mol fructosa	→	1 mol ácido láctico + 2 mol manitol + 1 mol ácido acético + 1 mol CO <sub>2</sub>
mol pentosa	→	1 mol ácido láctico + 1 mol ácido acético

Modificado de (McDonald, 1981)

En el cuadro N° 14 se presenta una clasificación de microorganismos de acuerdo al tipo de fermentación o acción. Los microorganismos mas efectivos son: *Lactobacillus plantarum*, *L. acidophilus*, *Streptococcus faecalis* y *S. durans*. Sin embargo aun dentro de especies, diferentes cepas pueden tener diferente habilidad para soportar pH bajos o para crecer más rápidamente, y desde luego, estas cepas pueden seleccionarse por dichas habilidades. Por ejemplo, *L. plantarum* ha sido considerada una de las bacterias más deseables pero no empieza a producir suficiente láctico hasta que el pH llega a 5.0, debido a esto se ha encontrado que el *S. faecalis* se combina muy bien con el anterior ya que este es muy efectivo a un pH más alto. Aun si el microbio que se inocula es el adecuado, existen otros problemas, el más preocupante como con otros aditivos, es el adicionar el inoculante en la cantidad adecuada y en forma homogénea.

Cuadro 14 Clasificación y acción de diferentes microorganismos y otros productos presentes en inoculantes para ensilajes

Bacterias lácticas	Acción
<i>Homofermentadoras:</i>	Producción de ácido láctico
<i>Lactobacillus plantarum, L. acidophilus</i>	
<i>L. casei, L. coryniformis, L. curvatus</i>	
<i>Streptococcus faecalis, S. faecium</i>	
<i>Pediococcus acidilactici, P. cerevisiae</i>	
<i>P. pentosaceus</i>	
<i>Heterofermentadoras:</i>	
<i>Lactobacillus brevis, L. buchneri, L. fermentum</i>	
<i>L. viridescens, Leuconostoc cremoris</i>	
<i>L. dextranum, L. mesenteroides</i>	
Otras bacterias	Accion
<i>Bacillus subtilis</i>	Producción de butanediol
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	Reduccion de almidon (enzimas)
Hongos:	
<i>Aspergillus oryzae</i>	Reduccion de almidon (enzimas)
<i>Torulopsis spp.</i>	Fermentacion de azucares
<i>Sacharomyces spp.</i>	Fermentacion de azucares
Otros:	
Minerales traza	Cofactores enzimaticos, promotores del crecimiento bacteriano.
Productos de la fermentación	Fuentes de vitamina B
Enzimas	Celulosas, amilasas, hemicelulasas

Organismos como *Bacillus subtilis* han sido usados con el fin de proveer factores de crecimiento microbiano y enzimas que actúan sobre el almidón, pero su acción también reduce la tasa de decremento del pH por lo que no ha dado resultados adecuados en muchas ocasiones. *Aspergillus oryzae* (una levadura) ha sido usado con el mismo fin, lo que en teoría provee mas azucares para las bacterias lácticas. Este es el mismo objetivo buscado con las preparaciones de enzimas adicionadas solas o con inoculantes. Se han utilizado amilasas,

celulasas y hemicelulasas con resultados variables, el uso de levaduras, es cuestionable ya que tienden a producir pH más altos y alcohol.

Muchos inoculantes comerciales incluyen también minerales traza supuestamente útiles como cofactores enzimáticos y factores de crecimiento microbiano, sin embargo su utilidad real no está bien clara.

#### **2.15.2.5. Fuentes de nitrógeno y de carbohidratos**

Estos aditivos pueden subdividirse en fuentes de nitrógeno no proteico, y fuentes de carbohidratos fermentables. Entre los primeros los más promisorios son la urea, el amonio y diferentes sales de amonio. El principal objetivo de estos es incrementar el contenido de proteína cruda ( $N \times 6.25$ ) en el ensilaje.

La urea (43% N) se adiciona a un nivel de 5 kg por tonelada en base húmeda o tal cual, lo que corresponde a un nivel de 11.5 % en base seca. A este nivel la proteína cruda sube en 4% (base seca), por ejemplo de 9 a 13% en un buen ensilado de maíz. Los niveles correspondientes si se usa amonio anhídrido (100%  $NH_3$ , 82% N), son 3.5 Kg/tonelada o 1.0% en base seca (considerando 20% de  $NH_3$  perdido al adicionarlo al silo).

Además del NNP, la urea tiene un efecto en amortiguar el pH lo que resulta en un mayor contenido de ácido láctico, debido a una actividad más prolongada por las bacterias lácticas.

El amonio ( $NH_3$ ) tiene otras ventajas adicionales a las de la urea, ya que actúa además como preservador inhibiendo el crecimiento de hongos. Se ha observado que el silo de maíz se preserva mejor en el comedero cuando ha sido tratado con amonio.

Otro aditivo estudiado es el monofosfato de amonio (11% N) que se aplica a un nivel de 10 kg por tonelada (base húmeda) mezclado con 5 kg de urea, con lo cual se obtiene el mismo nivel de incremento en nitrógeno y también se proporciona fósforo. El uso de estos productos depende del costo de cada uno y su facilidad de aplicación. El amonio en gas es el producto mas barato por kg de nitrógeno, seguido por la urea, mientras que al considerar el fosfato de amonio es importante tomar en cuenta el valor del fósforo incluido. La urea tiene la ventaja de una mayor disponibilidad ya que el amonio en gas generalmente se encuentra disponible solo en las áreas en que es usado rutinariamente como fertilizante y únicamente en la época de aplicación. Este problema podría resolverse en un futuro si el uso de amonio llega a popularizarse ya crear una mayor demanda como aditivo.

### **2.15.2.6. Adición de melaza**

La melaza de caña se recomienda en niveles de 10 a 20 kg por tonelada de forraje fresco (3 a 6% en base seca), en los casos que se tiene un producto con bajo contenido de carbohidratos solubles. La melaza provee carbohidratos que serán utilizados para la producción de ácido láctico. Sin embargo la principal dificultad siempre ha sido el lograr un mezclado homogéneo. Este problema resulta en un ensilaje con porciones muy bien ensiladas intercaladas con partes en descomposición. Con el tiempo las partes putrefactas tienden a expandirse y a perjudicar todo el ensilaje. Si logra evitarse este problema la utilidad de la melaza como aditivo al ensilaje es innegable.

### **2.15.2.7. Adición de granos y otros productos**

En algunos países se ha utilizado tradicionalmente grano molido como aditivo con el mismo fin con resultados satisfactorios, pero el alto precio de éstos hace poco justificable su uso en la mayoría de los casos. Otras fuentes de carbohidratos utilizadas con éxito son, la cáscara de piña, la pulpa de cítricos, el suero de leche y los desperdicios de calabaza. Estos productos son bastante satisfactorios para producir los silos “pastel”, cuando se encuentran en abundancia en un período corto del año. (Llamas, 1990)

### **2.15.3. Aditivos para el mejoramiento de esquilmos**

Los aditivos utilizados con los esquilmos agrícolas han tenido como principal objetivo mejorar la digestibilidad y el consumo voluntario de estos productos que se caracterizan por un alto contenido de fibra muy lignificada y un bajo contenido de proteína.

Se han utilizado diferentes estrategias para mejorar el valor nutritivo de los esquilmos:

Suplementar o complementar en forma apropiada los esquilmos con fuentes de nitrógeno o carbohidratos.

Mejorar el esquilmo mediante tratamientos como el molido peletizado.

Mejorar el esquilmo mediante tratamientos que “deslignifican” parcialmente la fibra mejorando la digestibilidad de la fibra.

En esta sección nos corresponde referirnos solamente a las estrategias 1 y 3. La primera puede contemplarse simplemente como un intento de balancear y enriquecer un producto de baja calidad.

### **2.15.3.1. Aditivos nutritivos para esquilmos agrícolas**

La suplementación mas importante para el esquilmo es la de nitrógeno, ya sea este proteico o no proteico. Este último puede ser convertido a proteico con la ayuda de los microorganismos del rumen. Se ha observado que la simple adición de una solución de urea a forrajes toscos, el nivel 1% en base seca, mejora la digestibilidad de la fibra y el consumo voluntario del esquilmo cuando este es el único alimento disponible. En realidad este efecto puede contemplarse en forma simple como que la falta de una fuente de nitrógeno impide la degradación normal de la fibra por los microbios ruminales y en consecuencia el animal no puede consumir más forraje. La urea a este nivel aumenta el contenido de proteína cruda en casi tres unidades. El amonio producido en el rumen a partir de la urea es esencial para el crecimiento de las bacterias celulolíticas y hemicelulolíticas, y por lo tanto para una adecuada digestión de la fibra, que es de donde se extraen la mayor parte de la energía los rumiantes alimentados en base a forraje.

Sin embargo niveles mayores de urea no son benéficos debido a la falta de energía que se acople a la utilización de NNP. Debido a esto es muy recomendable la adición de melaza en combinación con urea. Por otra parte la adición de melaza sin urea resulta contraproducente ya que solamente agrava el desbalance inicial del forraje tosco.

### **2.15.3.2. Aditivos para el tratamiento alcalino de esquilmos**

#### **Tratamiento con sosa caustica**

Este producto es el que ha sido más estudiado, habiendo sido utilizado desde principios de siglo, durante la primera guerra mundial. Existen varios sistemas para llevarlo a cabo:

- Beckman y Beckman modificado.
- Aspersión con solución concentrada
- Ensilaje con solución concentrada
- Tratamiento industrial (aspersión fina y peletizado)

#### **Sistema Beckman**

Este sistema es el mas antiguo y consiste en sumergir pacas de esquilmo en una solución al 1.5% de NaOH por 24 horas, y después lavar el esquilmo con grandes cantidades de agua para eliminar el exceso de sosa. El sistema original es claramente poco práctico y costoso por lo que han planteado modificaciones. Una de ellas consiste en reducir la cantidad de agua usada en el lavado, usando tres piletas o tanques, donde se van cambiando las pacas, la primera tiene la

solución, y las otras dos el agua para el lavado. Las pacas permanecen 20 horas en el primer tanque, y tres horas en el segundo con las siguientes pacas, finalmente se enjuagan en el tercer tanque por una hora más. Este sistema tiene la desventaja de ser inapropiado para el manejo de grandes volúmenes, además de que se obtiene un material con demasiada agua (84% después de escurrir el esquilmo). Sin embargo tiene la indudable ventaja de ser con el que se obtienen mayores incrementos en la digestibilidad *in vivo* (hasta en 20 unidades), por ejemplo, con rastrojo de maíz la digestibilidad con borregos se aumentó de 53.2 a 70.3%.

### **Aspersión con solución concentrada**

Este sistema se conoce también como método seco ya que se utiliza poco agua en relación con el anterior. Consiste en asperjar una solución con 10 a 15% NaOH, para llegar a un nivel de 4 kg de NaOH por cada 100 kg de forraje seco. El forraje queda a una humedad de 40% y se deja reaccionar el álcali por 24 a 48 horas antes de ofrecerla al ganado. Este tratamiento resulta en un incremento en alrededor de 10 unidades en la digestibilidad de pajas y rastrojos.

### **Ensilaje con solución concentrada**

Este método es muy similar al anterior, pero en este se aumenta un poco más la humedad (hasta 60%), para después ensilar el producto. Este sistema ha sido más utilizado con rastrojo y cañuela de maíz ya que se prestan más al ensilaje. Mediante este tratamiento se ha mostrado que casi se pueden igualar el valor de un ensilaje de maíz, como alimento a vaquillas en desarrollo, haciendo el mismo ensilaje, pero después de remover el elote tierno.

Sin embargo, estos métodos presentan el inconveniente de ser peligrosos para llevarse a cabo a nivel de rancho por el manejo de las soluciones de sosa, lo que aunado al costo de ésta, hace que no se haya generalizado en la práctica.

### **Tratamiento industrial**

Este tratamiento consiste, brevemente, en asperjar finalmente un esquilmo con una solución de sosa concentrada después de haberlo molido, aumentando únicamente en 10% la humedad del forraje. El nivel de tratamiento es nuevamente 4% en base seca. El esquilmo se peletiza inmediatamente, y con el calor producido por este proceso, aunado al calor de la reacción del álcali y la fibra, se completa el tratamiento, secando de paso el esquilmo. El peletizado aumenta considerablemente la densidad del esquilmo lo que hace mucho más costoso su transporte a zonas alejadas de las áreas de producción. La paja tratada mediante este proceso incrementa la digestibilidad *in vitro* de 49 a 66.4%,

cuando se utiliza el nivel de 4%. El aumento en el animal es menor seguramente. En este proceso se puede adicionar además otros productos como la melaza y la urea, lo que resulta en un producto de mucho mayor calidad. La desventaja de este tratamiento estriba en el costo de la inversión inicial que lo ha hecho prohibitivo en muchos países, además del ya mencionado alto costo de la sosa.

### **Tratamiento con amonio**

El tratamiento de pajas y rastrojos con amonio ( $\text{NH}_3$ ) e hidróxido de amonio ( $\text{NH}_4\text{-OH}$ ), cobro gran interés debido a que presenta importantes ventajas sobre la sosa. Estos productos además de desdoblar la fibra de los toscos, aumentan el contenido de NNP, lo que balancea el bajo contenido de proteína de estos productos. Además estos productos no dejan un residuo mineral como en el caso del sodio con el tratamiento con sosa. El sodio afecta la digestión al aumentar la tasa del alimento y la cantidad de orina excretada. El sodio puede llevar a problemas de salinidad si la orina no es eliminada adecuadamente. Además como se mencionó antes, el amonio previene el enmohecimiento del forraje.

Existen varias formas de llevar a cabo este tratamiento:

- a) Tratamiento en estibas o montones con amonio en gas. ( $\text{NH}_3$ )
- b) Ensilaje con solución de hidróxido de amonio o acuamonía.
- c) Tratamiento con gas y calor en tanque sellado.
- d) Tratamiento con urea como precursor de amonio.

### **Tratamiento en estibas**

Este consiste en cubrir pacas o montones de esquilmos con una sábana de polietileno o lona de vinilo reforzado, y sellar el montón con tierra suelta. La técnica original planteaba la necesidad de usar otro plástico por debajo por debajo del montón y sellar con la ayuda de polines de madera y sacos de arena. Sin embargo, trabajos posteriores mostraron que el método puede simplificarse, realizándose el sellado con la ayuda de un tractor con cuchilla o arado de discos. Antes de terminar el sellado se coloca en un extremo un tubo que llegue al centro de la estiba, poniéndolo entre la primera y segunda capa de pacas o a 40 cm. de altura. Este tubo se provee con una llave de paso y se conecta a una nodriza como las utilizadas en una fermentación agrícola. El gas se inyecta a razón de 30-35 kg por tonelada seca de esquilmo. La inyección debe hacerse lentamente para evitar que se produzca demasiada presión, pero generalmente puede completarse en menos de una hora. El inyectado se distribuye en toda la estiba y atrapa la humedad presente en el esquilmo, actuando como  $\text{NH}_4\text{-OH}$  sobre la fibra, produciéndose calor en el proceso. La estiba debe permanecer sellada de 3 semanas a tres meses, dependiendo de la temperatura ambiental, ya que las temperaturas calurosas aceleran el tratamiento. Con climas especialmente calurosos se ha observado que el tratamiento se completa en una semana. El esquilmo tratado aumenta en alrededor de 1% el contenido de nitrógeno (6 a 7%

proteína cruda) y de 5 a 10% su digestibilidad. Cambios típicos en la composición de diferentes productos se presentan en el cuadro 15.

Cuadro 15 Respuesta de diferentes esquilmos al tratamiento con amonio en gas en montones sellados

Esquilmo	Digestibilidad		Fibra detergente		Proteína cruda	
	%		%		%	
	In vitro. %		Neutro%		Proteína cruda	
	C <sup>b</sup>	T <sup>b</sup>	C	T	C	T
Paja de trigo	52.1	60.1	80.6	70.9	3.1	10.5
Paja de trigo	50.3	59.9	79.4	72.4	3.4	8.6
Paja de sorgo	59.0	65.5	76.8	72.6	5.9	12.0
Paja de cebada	49.0	57.0	81.2	73.9	3.12	6.25
Paja de avena	42.3	46.1	-	-	3.7	8.7

Resultados de diferentes pruebas. El nivel de amonio vario de 3 a 4% del peso seco de la paja. <sup>b</sup> C= Control, T=Tratado.

### Ensilaje con acuaponia

Este método es análogo al utilizarlo con sosa, y el tratamiento de ensilajes con el fin de aumentar el contenido de nitrógeno, pero en este caso se usa más NH<sub>4</sub>-OH (4-5% BS).

Cuando se hace el tratamiento en “silo-bags” el método es sencillo, pero no así con ensilajes en trinchera o pastel, debido a las dificultades mencionadas anteriormente.

### Tratamiento en tanque sellado

En Dinamarca se ha desarrollado un aparato consistente en un tanque donde se colocan hasta 1200 kg de esquilmo empacado. El tanque es sellable y se encuentra aislado para prevenir las pérdidas de calor. El gas inyectado se hace circular por 20 horas y el calor resultante e retenido. Un termostato mantiene una temperatura constante a 85°C. el esquilmo se ventila por 3 horas y media automáticamente y queda listo para utilizarse. la desventaja principal de este método es que no permite el tratamiento de grandes volúmenes a la vez, pero la respuesta parece ser mejor que con el tratamiento en estibas.

### **Tratamiento con urea**

Se ha usado urea como fuente de  $\text{NH}_3$  para el tratamiento de esquilmos.

La idea es aplicar esta en los esquilmos ricos en ureasa, como el rastrojo de sorgo, esta enzima desdobla la urea a amonio. La ventaja es la mayor disponibilidad y el mas fácil manejo de la urea. En este caso la urea debe aplicarse a un nivel de 5.4 a 6.3% del peso seco del esquilmo, lo que es equivalente (en cantidad de nitrógeno), al 3 a 3.5% de amonio anhídrido recomendado anteriormente. Sin embargo, los resultados a la fecha han sido contradictorios y al parecer no se obtienen los mismos resultados que con el amonio, aunque si se baja el costo del tratamiento. El problema reside en la necesidad de mezclar homogéneamente la solución de urea, lo cual requiere que el forraje sea picado y que se aumente el contenido de humedad a 40%.

Existe otro tratamiento industrial utilizando urea y peletizado a altas temperaturas ( $130^\circ \text{C}$ ). Con esta temperatura la urea se rompe a  $\text{NH}_3$  y con la ayuda del calor la reacción se completa en unos minutos el gasto de energía en este proceso es obviamente alto lo que probablemente ha evitado su difusión. (Llamas, 1990)

### 3. Conclusiones

El presente trabajo resulta de gran ayuda ya que el conocer a profundidad de un tema tan importante despierta los sentidos a nuevos temas de investigación, ya que a partir de este se derivan muchas cosas mas, como temas metabólicos, métodos de alimentación alternos y la claridad de algo tan importante como lo es la alimentación en un sistema de producción, que es la base primordial para prevenir enfermedades y tener un buen desarrollo de nuestros animales. Este tema en particular es importante ya que los procesos de producción van cambiando y siendo mejorados a base de tecnologías alimenticias.

Existen gran variedad de aditivos que pueden hacer más eficiente la producción de carne en sistemas intensivos, hay que tomar en cuenta el beneficio-costo de cada uno y establecer que es lo que se quiere mejorar para determinar el uso de alguno. En la etapa de la producción comercial; la investigación científica es muy limitada, por lo que la revisión de literatura en el tema ayuda a resolver problemas en el proceso productivo

#### 4. Literatura Citada

- Al-Qudah, K. & Ismail, Z. 2012. The relationship between serum biotin and oxidant/antioxidant activities in bovine lameness. *Research in Veterinary Science*. 92:138-141.
- Al-Rabbat, M., Baldwin, R., & Weir, W. 1971. In vitro nitrogen-tracer technique for some kinetic measures of ruminal ammonia. *J. Dairy Sci.* 54:1150-1161.
- Amat, S., McKinnon, J., Olkowski, A., Penner, G., Simko, E., Shand, P., & Hendrick, S. 2013. Understanding the role of sulfur-thiamine interaction in the pathogenesis of sulfur-induced polyoencephalomalacia in beef cattle. *Research Veterinary Science*. 95:1081-1087.
- Amat, S., McKinnon, J., Simko, E., & Hendricks, S. 2014. Evaluation of feeding corn or wheat dried distillers grains with solubles on animal health of finishing feedlot steers. *Canadian J. Anim. Sci.* 94:525-531.
- Amos, H. & Evans, J. 1976. Supplementary protein for low quality Bermudagrass diets and microbial protein synthesis. *J. Anim. Sci.* 43: , 861-868.
- Anderson, D., McCracken, V., Aminov, R., Simpson, J., Mackie, R., Verstegen, W., & Gaskins, H. 1999. Gut microbiology and growth promoting antibiotics in swine. *Pig News Info*. 20:, 115-222.
- Astibia, O., Cangiano, C., Cocimano, M., & Santini, F. 1982. Utilización del nitrógeno por el rumiante. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 4(4):373-384.
- Avendaño-Reyes, L., Torres-Rodriguez, V., Meraz-Murillo, F., Perez-Linares, C., Figueroa-Saavedra, F., & Robinson, P. 2006. Effects of two  $\beta$ -adrenergic agonists on finishing performance, carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. *J. Anim. Sci.*, 84:3259-3265.
- Baker, D. 2000. Nutritional constraints to use soy products by animals. En *Soya in Nutricion animal*.sn. (págs. 1-12). Illinois, USA.
- Bart, K., Corik, J., Shumway, P., & Coleman, S. 1974. Effect of level and urea plus limestone on N metabolism of corn silage-based rations by cattle. *J. Anim. Sci.* 38: 687-692.
- Bartley, E., Davidovich, A., Barr, G., Griffel, G., Dayton, A., Deyoe, C., & Bechtel, R. 1976. Ammonia toxicity in cattle. I. Rumen and blood changes associated with toxicity and treatment methods. *J. Anim. Sci.* 43:835-841.
- Baumont, R. 1996. Palatability and feeding behaviour in ruminants . *Annales de Zootechnie* 45:, 385-400.
- Bergen, W., & Bates, D. 1984. Ionophores: their effect on production, efficiency and mode of action. *J. Anim. Sci.* 58: , 1465-1883.
- Berk, R. 1980. *Carotenoides*. In: *Introducción a la bioquímica de los alimentos*. México: Berk Editor. El Manual Moderno.
- Bindel, D., Drouillard, J., Titgemeyer, E., Wessels, R., & Loest, C. 2000. Effects of ruminally protected choline and dietary fat on performance and blood metabolites of finishing heifers. . *J. Anim. Sci.* 78:, 2497-2503.

- Bjørneboe, A., Bjørneboe, G., & Drevon, C. 1990. Absorption, transport and distribution of vitamin E. *Journal of Nutrition*, 120:, 233-242.
- Bohnert, D., Hamon, D., Dawson, K., Larson, B., Richards, C., & Streeter, M. 2000. Efficacy of laidlomycin propionate in low-protein diets fed to growing beef steers effects on steer performance and ruminal nitrogen metabolism. *J. Anim. Sci.* 78:, 173-180.
- Borger, M., Sink, J., Wilson, L., Ziegler, J., & Davis, S. 1973b. Zeranol and dietary protein level effects on dna, rna and protein composition of three muscles and the relationship to serum insulin and GH levels of steers. *J. Anim. Sci.* 36:, 712-715.
- Borger, M., Wilson, L., Sink, J., Ziegler, J., & Davis, S. 1973a. Zeranol and dietary protein level effects on live performance, carcass merit, certain endocrine factors and blood metabolite levels of steers. *Journal of Animal Science*, 36:, 706-711.
- Bouffault, J., & Willemart, J. 1983. Anabolic activity of trenbolone acetate alone or in association with estrogens. *In: Anabolics in Animal Production. Office International des Epizooties, Paris, France.*
- Brandt, J. 1997. Factors affecting release rates and blood levels of hormones from steroidal implants. *In: Owens, F., Gill, D., Dolezal, G., Morgan, B., Horn, G. (Organizing Committee). Symposium: Impact of Implants on Performance and Carcass Value of Beef Cattle*, (pág. 957). Oklahoma State University, Stillwater. : Oklahoma Agricultural Experimentation Station. Division Agriculture Science Natural Research.
- Breier, B., & Gluckman, P. 1991. The regulation of postnatal growth: nutritional influences on endocrine pathways and function of the somatotrophic axis. *Livestock Production Science*, 27:, 77-94.
- Breier, B., Gluckman, P., & Bass, J. 1988. The somatotrophic axis in young steers: Influence of nutritional status and oestradiol-17 $\beta$  on hepatic high- and low-affinity somatotrophic binding sites. *Journal of Endocrinology*, 116:, 169-177.
- Brigelius-Flohe, R., & Traber, M. 1999. Vitamin E: function and metabolism. *FASEB Journal*, 13:, 1145-1155.
- Briggs, M. 1967. Urea as a protein supplement.
- Briton, R. 1991. *D-lactic Acidosis, myth or fact?* University of Nebraska-Lincoln: Ed. Elanco Products Company.
- Bunting, L., Boling, J., & MacKown, C. 1989. Effect of dietary protein level on nitrogen metabolism in the growing bovine: I. Nitrogen recycling and intestinal protein supply in calves. *J. Anim. Sci.* 67: , 810-819.
- Burriss, W., Boling, J., Bradley, N., & Young, A. 1976. Abomasal lysine infusion in steers fed a urea supplemented diet. *J. Anim. Sci.* 42: , 699-705.
- Buttery, P., & Sinnett-Smith, P. 1984. The mode of action of anabolic agents with special reference to their effects on protein metabolism-some speculations.

- In: J.F. Roche and D. O'Callaghan (Ed.) Manipulation of Growth in Farm Animals. pp. , (pág. 228). Martinus Nijhoff, Dordrecht, The Netherlands.*
- Caja, G., Gonzalez, E., Flores, C., Carro, M., & Albanell, E. 2003. Alternativas a los Antibióticos de uso Alimentario en Rumiantes. *Trabajo presentado en el XIX Curso de Especialización FEDNA*, (págs. 10-13). Madrid, España.
- Caravaca, F., & Castel, J. 2003. *Bases de la producción animal*. Universidad de Sevilla. Sevilla.
- Carro, M., & Rainilla, M. 2002. Los Aditivos Antibióticos Promotores de Crecimiento de los Animales: Situación Actual y Posibles Alternativas. *Departamento de Producción Animal, Universidad de León, España*, 1-4.
- Casas, E., Leach, R., Reinhardt, T., Thallman, R., Lippolis, J., Bennett, G., & Kuehn, L. 2013. A genomewide association study identified CYP2J2 as a gene controlling serum vitamin D in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 91.: 3549-3556.
- Casper, D., & Schingoethe, D. 1986. Evaluation of urea and dried whey in diets of cows during early lactation. *J. Dairy Sci.* 69: , 1346-1354.
- Castellanos, R., Rosado, R., Chel, G., & Betancour, A. 2006. Empleo del zilpateron en novillos con alimentación intensiva en Yucatán México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 14, 56-59.
- Castillo, C., Benedito, J., Lopez, M., Miranda, M., & Hernandez, J. 2001. Importancia del estrés oxidativo en ganado vacuno: en relación con el estado fisiológico (preñez y parto) y la nutrición. *Arch.med vet* 33 (1):, 5-20.
- Castro, M. 2002. Promotores de Crecimiento. *Tendencias Actuales.ACPA* 4/2002, p-19.
- Castro, M., & Rodriguez, F. 2005. Probióticos y Prebióticos que Mejoran la Producción Animal. *Revista CORPOICA, Colombia*. 6(1), 26-39.
- Castro, M., & Rodriguez, F. 2005. Probióticos y Prebióticos que Mejoran la Producción Animal. *Revista CORPOICA, Colombia*. 6(1):, 26-39.
- Cervantes, M., Rodriguez, I., Saldivar, N., & Valverde, L. 2014. *Sistema de Explotación Extensivo y Semi-Extensivo de Ganado Bovino de Doble Propósito*. México.
- Chalupa, W. 1975. Rumen bypass and protection of protein and amino acids. *J. Dairy Sci.* 58:, 1198-1218.
- Che-Ming, J., & Russell, B. 1993. The effect of monensin supplementation on ruminal ammonia accumulation in vivo and the numbers of amino acid-fermenting bacteria. *J. Anim. Sci.* 71.: 3470-3476.
- Chen, M., & Wolin, M. 1979. Effect of monensin and lasalocid-sodium on the growth of methanogenic and rumen saccharolytic bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 38:, 72-77.
- Chow, J., & Russell, J. 1992. Effect of pH and monensin on glucose transport by *Fibrobacter succinogenes*, a cellulolytic ruminal bacterium. *App. Microbiol.* 58:, 1115-1120.

- Chow, J., Van Kesel, J., & Rusell, J. 1994. Binding of radiolabeled monensin and lasalocid to ruminal microorganisms and feed. *J. Anim. Sci.* 72:, 1630-1635.
- Church, D. 1998. *The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition*. New Jersey: 1st Ed.(D.C. Church, ed).
- Church, D., & Pond, W. 1990. *Fundamentos de Nutricion y Alimentacion de animales*. Mexico.: Edicion Limusa, segunda edicion.
- Church, D., Pond, W., & Pond, K. 2003. *Fundamentos de nutricion y alimentacion de animales.2da. Edicion*.Mexico.: Limusa Wiley.
- Cleale, R., Amodie, D., Bechtol, D., Drouillard, J., Edmonds, J., Edmonds, M., . . . Waite, A. 2013. Effects of estradiol benzoate and trenbolone acetate, alone or in combination at dose levels present in Synovex choice, on performance by feedlot heifers. *J. Anim. Sci.* 91: , 970-977.
- Cleale, R., Bechtol, D., Drouillard, J., Edmonds, J., Edmonds, M., Hunsaker, B., . . . Waite, A. 2012. Synovex Plus implants coated with a polymeric, porous film improve performance of beef steers and heifers fed in confinement for up to 200 days. *J. Anim. Sci.*90:, 5056-5066.
- Cleale, R., Kraft, L., Peterson, D., Hale, R., Sinha, A., Jim, G., . . . Montgomery, T. 1999. Effects of estradiol benzoate and trenbolone acetate, alone or combined, on performance by feedlot heifers: A multisite study. *J. Anim. Sci.* 77(Suppl. 1):, 239.
- Coleman, S., & Barth, K. 1974. Nutrient digestibility and N-metabolism by cattle fed rations based on urea and corn silage. *J. Anim. Sci.* 39: , 408-416.
- Collins, M., & Gibson, G. 1999. Probiotics, Prebiotics, and Symbiotics: Approaches for Modulating the Microbial Ecology of the Gut. *Am. J. Clin. Nutr.*69:, 13-21.
- Conway, P. 2001. Prebiotics and Human Health: The State of the Art and future Perspectives. *Scand Journal Nutrition.* 45:, 13-21.
- Cooper, S., Kyriazakis, I., & Oldham, J. 1996. The effects of physical form of feed carbohydrate source, and inclusion of sodium bicarbonate on the diet selections of sheep. *J. Anim. Sci.* 74:, 1240-1251.
- Cordova, A., Saltijeral, J., Ruiz, G., Xolalpa, V., Cortes, S., Betancourt, D., . . Guerra, J. 2010. Estres oxidativo en gametos. *Revista electronica de veterinaria* 11(07):, 1-32.
- Cruz, J., Piug, M., Hernández, P., Marcel, E., & Yanes, M. 2011. Estrés oxidativo y diabetes mellitus. . *Rev. Mex Patol Clin* 58 (1):, 4-15.
- Davico, C., Poletta, G., Loteste, A., Scagnetti, J., Campana, M., Parma, M., & Simoniello, M. 2012. Evaluacion del estres oxidativo en juveniles de *Prochilodus lineatus* exouestos a cipertremia. *Rev. FABICIB* 16:, 157-166.
- Dennis, S., Nagaraja, T., & Bartley, E. 1981. Effects of lasalocid or monensin on lactate-producing or-using rumen bacteria. *J. Anim. Sci.* 52:, 418-426.

- Drouillard, J., Flake, A., & Kuhl, G. 1998. Effects of added fat, degradable intake protein, ruminally protected choline in diets of finishing steers. Cattleman's Day Report Program 804. *Kansas Agricultural Experimental Station, Manhattan.*, 71-75.
- Duckett, S., & Andrade, J. 2001. Implant strategies in an integrated beef production system. *J. Anim. Sci.* 79:, 110-117.
- El sitio de la Produccion Bovina 1.* (s.f.). Obtenido de Suplementación proteica y con NNP. Nitrógeno no proteico. : [www.produccionbovina.com/produccion\\_bovina\\_de\\_carne.htm](http://www.produccionbovina.com/produccion_bovina_de_carne.htm)
- El sitio de la Produccion Bovina 2.* (s.f.). Obtenido de Suplementación proteica y con NNP. Uso de la urea en la alimentación de los rumiantes: [www.produccionbovina.com/produccion\\_bovina\\_de\\_carne.htm](http://www.produccionbovina.com/produccion_bovina_de_carne.htm). autor: C. Araque.
- El sitio de la Produccion Porcina 3.* (s.f.). Obtenido de Suplementación proteica y con NNP. Urea: su utilización en rumiantes L. de Luca: [www.produccionbovina.com/produccion\\_bovina\\_de\\_carne.htm](http://www.produccionbovina.com/produccion_bovina_de_carne.htm).
- Elizalde, J., & Santini, F. 1992. Suplementación de vacunos que consumen pasturas de alta calidad. *II. Utilización de granos.*
- Elsasser, T. 1984. Potential interactions of ionophore drugs with divalent cations and their function in the animal body. *J. Anim. Sci.* 59: , 845-853.
- Elsasser, T., Rumsey, T., & Kahl, S. 1993. Relationships between the thyroid and somatotropic axes in steers II: Effects of thyroid status on plasma concentrations of insulin-like growth factor I (IGF-I) and the IGF-I response to growth hormone. . *Domestic Animal Endocrinology*, 10:, 71-85.
- Elsasser, T., Rumsey, T., Kahl, S., Czerwinski, S., Moseley, W., Ono, Y., . . . Fagan, J. 1998. Effects of Synovex-S and recombinant bovine growth hormone (Somavubove) on growth responses of steers: III. Muscle growth and protein responses. . *J. Anim. Sci.* 76: , 2346-2353.
- Enright, W., Quirke, J., Gluckman, P., Breier, B., Kennedy, L., Hart, L., . . . Allen, P. 1990. Effects of long-term administration of pituitary-derived bovine growth hormone and estradiol on growth in steers. *J. Anim. Sci.* 68: , 2345-2356.
- Fathi, M. 2008. The effect of Vanilla calf starter on performance of holstein calves . *Journal of animal and feeds Sciences.*, 412-419.
- Ferguson, J., Galligan, D., Blanchard, T., & Reeves, M. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate. . *J. Dairy Sci.* 76:, 3742-3746.
- Fernandez-Mejia, C., & Lazo-de-la-Vega-Monroy, M. 2011. Biological Effects of pharmacological concentrations of biotin. *Journal of Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 16, 40-48.
- Ferrell, C. 1988. Metabolismo de la energía En: El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. Acribia. Zaragoza, España: DC Church.

- Figuroa, C., Gutierrez, F., & Janacua, H. 2011. *Manual de Buenas Practicas de Produccion en la Engorda de Ganado Bovino en Confinamiento*. Cuahutemoc, Chihuahua: 2da Edicion.
- Figuroa, J., Chi, E., Cervantes, M., & Dominguez, I. 2006. Alimentos Funcionales Para Cerdos al Destete. *Veterinaria México*. 37(1):, 117-136.
- Fitzgerald, T., Norton, B., Elliot, R., Podlich, H., & Svendsen, O. 2000. The influence of long-term supplementation with biotin on the prevention of lameness in pasture fed dairy cows. *J. Dairy Sci.*83:, 338-344.
- Funk, M., Galyean, M., & Ross, T. 1986. Potassium and lasalocid effects on performance and digestion in lambs. *J. Anim. Sci.* 63: , 85-691.
- Gaggiotti, M. 2008. *XXI Curso Internacional de Lecheria para profesionales de America Latina*.
- Galyean, M., Perino, J., & Duff, G. 1999. Interaction of cattle health/inmunity and nutrition. *J. Anim. Sci.*77:, 1120-1134.
- Garcia, M. 1997. La digestión ruminal y su pilotaje. *Disponible en: Monografías.com. Obtenida el 4 Junio 2008*.
- Garcia-Lopez, P., Kung, L., & Odom, J. 1996. In vitro inhibition of microbial methane production by 9,10-antraquinone. . *J. Anim. Sci.* 74:, 2276-2284.
- Gates, R., Roland, L., Wyatt, W., Hembry, F., & Bailie, J. 1989. Dose-response relationship of tetranosin administrated to grazing steers. . *J. Anim. Sci.* 67:, 3419-3424.
- Gibson, G., & Roberfroid, M. 1995. Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotic. *American Journal of Clinical Nutritional.* 125:, 1401-1412.
- Goodrich, R., Garret, J., Gast, D., Kirich, M., Larson, D., & Meiske, J. (1984). Influence of monensin on the performance of cattle. . 58:, 1484-1498.
- Hancock, D., Wagner, J., & Anderson, D. 1991. Effects of estrogens and androgens on animal growth. *In: A. M. Pearson and T. R. Dutson (Ed.) Growth Regulation in Farm Animals I Advances in Meat Research*, 71:, (págs. 255-297).
- Harrison, L., Heitzman, R., & Sansom, B. 1983. The absorption of anabolic agents from pellets implanted at the base of the ear in sheep. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 6: , 293-303.
- Hayden, J., Bergen, W., & Merkel, R. 1992. Skeletal muscle protein metabolism and serum growth hormone, insulin, and cortisol concentrations in growing steers implanted with estradiol-17 beta, trenbolone acetate, or estradiol-17 beta plus trenbolone acetate. *J. Anim. Sci.* 70: , 2109-2119.
- Heitzman, R., & Harwood, D. 1977. Residue levels of trenbolone and estradiol-17  $\beta$  in plasma and tissues of steers implanted with anabolic steroid preparations. *British Veterinary Journal*, 133:, 564-571.
- Heitzman, W. 1995. Agentes anabolicos en los animales domesticos.

- Henderson, C., Stewart, C., & Nekrep, F. 1981. The effect of monensin on pure and mixed cultures of rumen bacteria. *J. Appl. Bacteriol.* 51: , 159-169.
- Henning, P., Steyn, D., & Meissner, H. 1993. Effect of synchronization of energy and nitrogen supply on ruminal characteristics and microbial growth. *J. Anim. Sci.* 71: , 2516-2528.
- Hernandez, Y., & Garcia, Y. 2015. Uso de aditivos en la alimentacion animal: 50 años de experiencia en el Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agricola, vol 49,num. 2*, 173-177.
- Herschler, R., Olmsted, A., Edwards, A., Hale, R., Montgomery, T., Preston, R., . . . Sheldon, J. 1995. Production responses to various doses and ratios of estradiol benzoate and trenbolone acetate implants in steers and heifers. *J. Anim. Sci.* 73: , 2873-2991.
- Hilton, G., Montgomery, J., Krehbiel, C., Yates, D., Hutcheson, J., Nichols, W., . . . Miller, M. 2009. Effects of feeding zilpaterol hydrochloride with and without monensina and tylosin on carcass cutability and meat palatability of beef steers. *J. Anim. Sc.* 87, 1394-1406.
- Hino, T., & Russell, J. 1985. Effect of reducing equivalent disposal and NADH/NAD on deamination of amino acids by intact rumen microorganism and their cell extracts. *Appl. Environ. Microbiol.* 50:, 136-1374.
- Hino, T., Andoh, N., & Ohgi, H. 1993. Effects of  $\beta$ -carotene and  $\alpha$ -tocopherol on rumen bacteria in the utilization of long chain fatty acids and cellulose. *J. Dairy Sci.* 76:, 600-605.
- Hogan, J. 1975. Quantitative aspects of nitrogen utilization in ruminants. *J. Dairy Sci.* 58:, 1164-1177.
- Hoover, W., & Stokes, S. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.* 74:, 3630-3644.
- Huerta, M., Ortega, M., Cobos, M., Herrera, J., Díaz, A., & Guinzberg, R. 2005. Estrés oxidativo y el uso de antioxidantes en animales domésticos. *Interciencia* 30 (12):, 728-734.
- Huntington, G. 1992. Utilización de ionóforos para bovinos. *Memoria del Curso Internacional Avanzado de Nutrición de Rumiantes* (págs. 1-13). México : Colegio de Postgraduados.
- Huntington, G. 1996. Utilización de ionóforos para bovinos. *Memoria del Curso Internacional Avanzado de Nutrición de Rumiantes*. (págs. 1-14). México, D.F.: Educación Continua CBS.
- Hutcheson, D. 1986. Programa nutricional de recepción para ganado en corral de engorda. *Memoria del Seminario Engorda de Bovinos en Corrales. Centro de Ganadería 6º Aniversario, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.*
- Isaacson, W., Jones, S., & Krueger, R. 1993. Testosterone, dihydrotestosterone, trenbolone acetate, and zeranol alter the synthesis of cortisol in bovine adrenocortical cells. *J. Anim. Sci.* 71: , 1771-1777.

- Istasse, I., Evrard, P., Van Eenaeme, C., Gielen, M., Maghuin-Rogister, & Bienfait, J. 1988. Trenbolone acetate in combination with 17  $\beta$ -estradiol: Influence of implant supports and dose levels on animal performance and plasma metabolites. *J. Anim. Sci.* 66:, 1212-1222.
- Johnson, B., Anderson, P., Meiske, J., & Dayton, W. 1996a. Effect of a combined trenbolone acetate and estradiol implant on feedlot performance, carcass characteristics, and carcass composition of feedlot steers. . *J. Anim. Sci.* 74, 363-371.
- Johnson, B., Hathaway, M., Anderson, P., Meiske, J., & Dayton, W. 1996b. Stimulation of circulating insulin-like growth factor i (IGF-I) and insulin-like growth factor binding proteins (IGFBP) due to administration of a combined trenbolone acetate and estradiol implant in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 74:, 372-379.
- Johnson, B., Ribeiro, F., & Beckett, J. 2013. Application of growth technologies in enhancing food security and sustainability. . *Animal Frontiers*, 3:, 8-13.
- Jones, S., Johnson, R., Calkins, C., & Dikeman, M. 1991. Effects of trenbolone acetate on carcass characteristics and serum testosterone and cortisol concentrations in bulls and steers on different management and implant schemes. *J. Anim. Sci.* 69:, 1363-1369.
- Jounay, J. 1994. Methods of manipulating the microbial metabolism in the rumen. *Ann Zootech.* 43: , 49-62.
- Kamanga-Sollo, E., Pampusch, M., Xi, G., White, M., Hathaway, M., & Dayton, W. 2004. IGF-I mRNA levels in bovine satellite cell cultures: effects of fusion and anabolic steroid treatment. *Journal of Cellular Physiology*, 201:, 181-189.
- Kamanga-Sollo, E., White, M., Hathaway, M., Chung, K., Johnson, B., & Dayton, W. 2008. Roles de igf-I and the estrogen, androgen and IGF-I receptors in estradiol-17 $\beta$  and trenbolone acetate-stimulated proliferation of cultured bovine satellite cells. *Domestic Animal Endocrinology*, 35:, 88-97.
- Kamanga-Sollo, E., White, M., Hathaway, M., Weber, W., & Dayton, W. 2011. Effect of trenbolone acetate on protein synthesis and degradation rates in fused bovine satellite cell cultures. *Domestic Animal Endocrinology*, 40:, 60-66.
- Kayden, J., & Traber, M. 1993. Absorption, lipoprotein transport, and regulation of plasma concentrations of vitamin E in humans. *Journal of Lipid Research*,34:, 343-358.
- Kerth, C., Montgomery, J., Morrow, K., Galyean, M., & Miller, M. 2003. Protein turnover and sensory traits of longissimus muscle from implanted and nonimplanted heifers. *J. Anim. Sci.* 81:, 1728-1735.
- Keunen, J., Plaizier, J., Kyriazakis, L., Duffield, T., Widowski, T., Lindinger, M., & McBride, B. 2003. Effects of subacute ruminal acidosis on free-choice intake of sodium bicarbonate in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86, 954-957.

- Kilkenny, J. 1978. Utilization of maize silage for beef production. *Agricultural Research Council, London*, 239-262.
- Kitts, S., Matthews, J., Schillo, K., Rumsey, T., Elsasser, T., Kahl, S., . . . McLeod, K. 2007. Effects of chlortetracycline and Synovex-S on growth rate and on plasma growth hormone and thyroid hormone concentrations following administration of thyrotropin-releasing hormone and gh-releasing hormone in beef steers. *Canadian J. Anim. Sci.* 87: , 327-341.
- Kolb, E. 1971. Microfactores en nutrición animal.
- Kuhl, G. 1997. Stocker cattle responses to implants. *Implants Symposium: Impact of Implants on Performance and Carcass Value of Beef Cattle*. Oklahoma State University.
- Lee, C., Henricks, D., Skelley, G., & Grimes, L. 1990. Growth and hormonal response of intact and castrate male cattle to trenbolone acetate and estradiol. *J. Anim. Sci.* 68: , 2682-2689.
- Lee, J., Pushpala, S., & Lee, C. 2000. *Patente nº 6,022,554*. Polymeric microporous film coated subcutaneous implant. U.S.
- Lehninger, A., Nelson, D., & Cox, M. 1995. *Principios de Bioquímica*. Barcelona, España.: Omega. Segunda Edición.
- Lemieux, P. 1987. Utilización y evaluación de un programa de implantes para bovinos. *Memoria del Seminario Internacional Suplementación para bovinos en pastoreo Centro de Ganadería VII Aniversario. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México*.
- Lilly, D., & Stillwell, R. 2006. Aspergillus oryzae as Probiotic in Poultry. *International J. Poultry Sci.* 5(1):, 1-3.
- Llamas, L. 1990. Mejoradores de forrajes. Aditivos para ensilajes. En G. Avila, S. Shimada, & G. Llamas, *Anabólicos y aditivos en la producción pecuaria* (págs. 49-72). D.F., México: Sistema de educación continua en producción animal en México, A.C.
- Mader, T. 1983. Lifetime evaluation of growth promoters. *The Range Beef Cow Symposium VIII, Sterling, CO*.
- Mader, T. 1998. Implants. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 14:, 279-290.
- Mader, T., & Arias, I. 2011. Implantes promotores del crecimiento en ganado de carne y riesgo potencial de contaminación ambiental. Producción de carne: aspectos técnicos para enfrentar las demandas de calidad y sustentabilidad en un clima cambiante. XXII Jornadas de Extensión Agrícola uc Temuco, Agosto 31. s/n.
- Mader, T., Stock, R., & Deutscher, G. 1987. Growth promoting implants. *NebGuide G84-677*. University of Nebraska, Lincoln.
- Martinez, R. 1990. Coccidiostatos y otros antiparasitarios de uso en el alimento. En G. Avila, S. Shimada, & G. Llamas, *Anabólicos y aditivos en la producción pecuaria* (págs. 197-217). D.F., Mexico: Sistema De Educacion Continua En Produccion Animal En Mexico, A.C.

- May, M. 1999. Is ascorbic acid an antioxidant for the plasma membrane. . *The Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 13:, 995-1006.
- McDonald, P. 1981. *The biochemistry of silage*. . New York,USA: John Wiley y Sons Ltd.
- McDowell, L. 2000. *Vitamins in animal and human nutrition*. United States of America : 2nd edition. Iowa States University Press.
- Mella, C., Perez-Oliva, O., & Loew, F. 1976. Induction of bovine polioencephalomalacia with a feeding system based on molasses and urea. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, 40:, 104-109.
- Miltenburg. 1999. Tendencia futura del uso de aditivos en nutrición aviar. *Avicultura Profesional* 17 (9), 33-35.
- Milton, C., & Brandt, R. 1994b. Level of urea in high grain diets: nutrient digestibility, microbial protein production and rumen metabolism (Abst). *J. Anim. Sci.* 72(1): , 354.
- Milton, C., & Brandt, R. 1994c. Level of urea in high grain diets: finishing steer performance (Abst.). *J. Anim. Sci.* 72(1), 354.
- Milton, C., & Brant, R. 1994a. Source and level of crude protein for implanted finishing steers (Abst.). *J. Anim. Sci.* 72(1): , 354.
- Mitchell, P. 1961. Coupling of phosphorylation to electron and hydrogen transfer by a chemiosmotic type mechanism. *Nature*. 191:, 144-148.
- Monson, F., Campo, M., Panea, B., Sanudo, C., Olleta, J., & Alberti, P. 2005. *Relacion entre medidas objetivas y subjetivas de la conformacion en 15 razas europeas de vacuno*. Zaragoza, Espana: 38-44: XI Jornadas de Produccion Animal de la Asociacion Interprofesional para el Desarrollo Agrario.
- Montgomery, J., Galyean, M., Horts, R., Morrow, K., Blanton, J., Wester, D., & Miller, M. 2004. Supplemental vitamin D3 concentration and biological type of beef steers. I. Feedlot performance and carcass trait. *J. Anim. Sci.* 82:, 2050-2058.
- Mora, O., Romano, J., Gonzalez, E., Ruiz, F., & Shimada, A. 2000. Low cleavage activity of 15, 15'-dioxygenase to convert beta-carotene to retinal in cattle compared with goats, is associated with the yellow pigmentation of adipose tissue. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 70:, 199-205.
- Moran, J., & Pritchard, K. 1987. Maize for fodder. Technical Report series N° 146.
- Morehead, M., & Dawson, K. 1992. Some growth and metabolic characteristics of monensin-resistant strains of *Prevotell* (*Bacteroides*) *ruminicola*. *Appl. Environ Microbiol.* 58:, 1617-1623.
- Nagaraja, T., Avery, T., Bartley, E., Roof, S., & Dayton, A. 1982. Effect of lasalocid, monensin or thiopeptin on lactic acidosis in cattle. *J. Anim. Sci.* 54:, 649-656.

- Neville, B., Schauer, C., Karges, K., Gibson, M., Thompson, M., Kirschten, L., . . . Lardy, G. 2010. Effect of thiamine concentration on animal health, feedlot performance, carcass characteristics, and ruminal hydrogen sulfide concentrations in lambs fed diets based on 60% distillers dried grains plus solubles. *J. Anim. Sci.* 88:, 2444-2455.
- Newbold, C. 1990. Rumen manipulation with ionophores and fungal cultures. En *Service through Sci. Biozyme*. (págs. 23-32). Fresno, California.: Technical symposium.
- Newbold, C., McKain, N., & Wallace, R. 1993a. Combined effects of *Aspergillus oryzae* fermentation extract and monensin on fermentation in the rumen simulation technique (Rusitec). *J. Agric. Sci.* 121:, 241-248.
- Newbold, C., Wallace, R., & Walker, N. 1993b. The effect of tetronasin and monensin on fermentation, microbial numbers and the development of ionophore-resistant bacteria in the rumen. *Appl. Environ. Microbiol.* 75:, 129-134.
- Newbold, C., Wallace, R., Watt, N., & Richardson, A. 1988. Effect of novel ionophore tetronasin (ICI139603) on ruminal microorganisms. *Appl. Environ Microbiol.* 54:, 544-547.
- Nichols, C., Bremer, V., Watson, A., Buckner, C., Harding, J., Smith, D., . . . Klopfenstein, T. 2012. Meta-analysis of the effect of dietary sulfur on feedlot health. *Nebraska Beef Cattle Report*, 82-84.
- Nocek, J., & Russell, J. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.* 71: , 2070-2107.
- Nolan, J. 1993. En *Nitrogen kinetics* (págs. 123-143). Wallingford.: C.A.B. International.
- Núñez, A., Felix, T., Lemenager, R., & Schoonmaker, J. 2014. Effect of calcium oxide inclusion in beef feedlot diets containing 60% dried distillers grains with solubles on ruminal fermentation, diet digestibility, performance, and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 92:, 3954-3965.
- O'Kelly, J., & Spiers, W. 1992. Effect of monensin on methane and heat productions of steers fed lucerne hay either ad libitum or at the rate of 250 g/hour. *Aust. J. Agric. Res.* 43: , 1789-1793.
- Owens, F., Secrist, D., Hill, W., & Gill, D. 1998. Acidosis in cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 76:, 275-286.
- Packer, L., Weber, S., & Rimbach, G. 2001. Molecular aspects of  $\alpha$ -tocotrienol antioxidant action and cell signaling. *Journal of Nutrition*, 131:, 369S-373S.
- Pampusch, M., Johnson, B., White, M., Hathaway, M., Dunn, J., & Waylan, A. 2003. Time course of changes in growth factor mRNA levels in muscle of steroid-implanted and nonimplanted steers. *J. Anim. Sci.* 81: , 2733-2740.
- Pampusch, M., White, M., Hathaway, M., Baxa, T., Chung, K., Parr, S., . . . Dayton, W. 2008. Effects of implants of trenbolone acetate, estradiol, or both, on muscle insulin-like growth factor-I, insulin-like growth factor-I

- receptor, estrogen receptor- $\alpha$ , and androgen receptor messenger ribonucleic acid levels in feedlot steers. . *J. Anim. Sci.* 86: , 3418-3423.
- Patridge, I. 2011. Hormone growth promotants and beef production. A best practice guide. . *Meat & Livestock Australia Limited ABN:*, 42.
- Pell, J., & Bates, P. 1987. Collagen and non-collagen protein turnover in skeletal muscle of growth hormone-treated lambs. . *Journal of Endocrinology*, 115: , R1-R4.
- Perez, Y. 2008. Evaluación del Efecto Probiótico de una Cepa Mixta de Yogurt (*Lactobacillus bulgaricus*/*Streptococcus thermophilus*) Para Cerditos en Condiciones de Producción Porcina Comercial. *Condiciones de Producción Porcina Comercial Producción Porcina*. 15 (4):, 345-348.
- Pescara, J., Pires, J., & Grummer, R. 2010. Antilipolytic and lipolytic effects of administering free or ruminally protected nicotinic acid to feed-restricted Holstein cows. *J. Dairy. Sci.* 93: , 5385-5396.
- Phipps, R. 1978. Utilization of maize silage for milk production. *Agricultural Research Council, London.*, 263-295.
- Pinotti, L., Baldi, A., & Dell'Orto, V. 2002. Comparative mammalian choline metabolism with emphasis on role in ruminants, especially the high yielding dairy cow. *Nutrition Research Review*, 15: , 315-331.
- Piva, G., & Rossi, F. 1999. Future Prospects For the Non Therapeutic Use of Antibiotics. *Recent Progress in Animal Production Science*. 1: , 279-317.
- Plascencia, A., Torrentera, N., & Zinn, R. 1999. Influence of the agonist Zilpaterol on growth, performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Proceedings Western Section, American Society of Animal Science*, 50: , 331-334.
- Pogge, D., & Hansen, S. 2013. Effects of varying concentrations of vitamin C on performance, blood metabolites, and carcass characteristics of steers consuming a common high-sulfur(0.55%S) diet. *J. Anim. Sci.* 91: , 5754-5761.
- Potter, E., Muller, R., Wray, M., Carroll, L., & Neyer, R. 1986. Effect of monensin on the performance of cattle on pasture or fed harvested forages in confinement. . *J. Anim. Sci.* 62: , 583-592.
- Pressman, B. 1976. Biological applications of ionophores. *Ann. Rev. Biochem.* 45: , 501-529.
- Preston, R. 1999. Hormone containing growth promoting implants in farmed livestock. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 38, 123-138.
- Purvis, H., & Whittier, J. 1996. Effects of ionophore feeding and anthelmintic administration on age and weight at puberty in spring-born beef heifers. . *J. Anim. Sci.* 74: , 736-744.
- Quirós, A., Palafox, H., Robles, R., & González, G. 2011. Interacción de compuestos fenólicos y fibra dietaria: capacidad antioxidante y biodisponibilidad. *Biotecnía* 13 (3):, 3-11.

- Rearte, D. 1992. Alimentación y calidad de leche. *Revista Nuestro Holando. Abril de 1992.* , 34-35.
- Rearte, D. 1995. Enslado de grano de maiz humedo . *II Simposio lechero de Tandil.*
- Regal, P., Nebot, C., Diaz-Bao, M., Barreiro, R., Cepeda, A., & Fente, C. 2011. Disturbance in sex-steroid serum profiles of cattle in response to exogenous estradiol. *A screening approach to detect forbidden treatments. Steroids, 76:*, 365-375.
- Reiling, B., & Johnson, D. 2003. Effects of implant regimens (trembolone acetate-estradiol administered alone or in combination with zeranol) and vitamin D3 on fresh beef color and quality. *J. Anim. Sci.*81:, 135-142.
- Reinoso, V., & Soto, C. 2009. Importancia de la vitamina E y el selenio en vacas lecheras. . *Importancia de la vitamina E y el selenio en vacas lecheras.* , 1-3.
- Richardson, C., & Hatfield, E. 1978. The limiting amino acid in growing cattle. *J. Anim. Sci.* 46: , 740-745.
- Risley, C. 2005. Que se ha Hecho para Influenciar la salud Intestinal y el Ambiente Gastrointestinal? . *Trabajo presentado en el XII Congreso Bienal AMENA. Jalisco, México.*, 1-4.
- Roeber, D., Cannell, R., Belk, K., Miller, R., Tatum, J., & Smith, G. 2000. Implant strategies during feeding: Impact on carcass grades and consumer acceptability. *Journal of Animal Science*,78:, 1867-1874.
- Rohweder, D., Collins, M., Finer, M., & Walgenbach, R. 1983. A haymaking system to help make "Hay in a Day". *University of Wisconsin Agricultural Extension Publication.*
- Rostagno, H., Albino, L., & Feres, F. 2003. Utilização de Probióticos e Prebióticos em Aves. *Prebióticos e Probióticos: Atualização e Prospecção, Viçosa, MG, Brasil.* , 181-202.
- Rusell, J. 1987. A proposed mechanism of monensin action in inhibiting ruminal bacterial growth: effects on ion flux and protonmotive force. *J. Anim. Sci.* 64:, 1519-1525.
- Rusell, J., & Strobel, H. 1989. Effect of ionophores on ruminal fermentation. . *Appl. Environ. Microbiol.* 55: , 1-6.
- Russell, J., Sniffen, C., & Van Soest, P. 1983. Effect of carbohydrate limitation of degradation and utilization of casein by mixed rumen bacteria. *J. Dairy Sci.* 66:, 763.
- Salinas, C., Ramirez, R., Dominguez, M., Palomo, C., & López, A. 2004. Influence of zilpaterol hydrochloride on growth and carcass characteristics of pelibuey lambs. *Journal of Applied Animal Research*, 26:, 13-16.
- Salinas-Chavira, J., Arrizon, A., Barreras, A., Chen, C., Plascencia, A., & Zinn, R. 2014. Evaluation of supplemental vitamin A and E on 56-day growth performance, dietary net energy, and plasma retinol and tocopherol

- concentrations in Holstein steer calves. *Professional Animal Scientist*, 30:, 510-514.
- Sánchez, A., Torrescano, G., Camou, J., González, N., & Hernández, G. 2008. Sistemas combinados de conservación para prolongar la vida útil de la carne y productos cárnicos. *NACAMEH 2 (2)*: , 124-159.
- Sanchez, V., & Mendez, N. 2003. Estres Oxidativo, antioxidantes y enfermedad. *Rev. Invest. Med. Sur. Mex.* 20 (3):, 161-168.
- Santamaría, L. 2004. Uso de Aditivos en la Alimentación Avícola. *Disponible en: Natural Standard Monograph (www.naturalstandard.com)*.
- Santini, F., & Dini, C. 1986. Estimación de la proteína metabolizable de varios suplementos y henos. . *Rev. Arg. Prod. Anim. Vol 6, N°1-2*:, 13-22.
- Satter, L., & Roffler, R. 1975. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 58:, 1219-1237.
- Sauer, F., Fellner, V., Kinsman, R., Kramer, J., Jackson, H., Lee, A., & Chen, S. 1998. Methane output and lactation response in Holstein cattle with monensin or unsaturated fat added to the diet. *J. Anim. Sci.* 76: , 906-914.
- Schanbacher, B. 1984. Manipulation of endogenous and exogenous hormones for red meat production. . *J. Anim. Sci.* 59: , 1621-1630.
- Schelling, G. 1984. Monensin mode of action in the rumen. *J. Anim. Sci.* 58: , 1518-1527.
- Schroder, B., & Breves, G. 2006. Mechanisms and regulation of calcium absorpton from the gastrointestinal tract in pigs and ruminants: comparative aspects with special emphasis on hypocalcemia in dairy cows. *Animal Health Research Reviews*, 7:, 31-41.
- Schroeder, A., Iakiviak, M., & Felix, T. 2014. Effects of feeding dry or modified wet distillers grains with solubles with or without supplemental calcium oxide on ruminal metabolism and microbial enzymatic activity of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 92: , 3997-4004.
- Schwingel, W., Bates, D., Denham, S., & Beede, D. 1989. Lasalocid-catalyzed proton conductance in *Streptococcus bovis* as affected by extracellular potassium. . *Appl. Environ. Microbiol.* 55: , 259-260.
- Sebastián, M. 2003. Antioxidantes biomoleculares en nutrición animal-calidad de la carne con bioflavonoides. *II seminario internacional sobre producción, mercado e inocuidad de carne se Suinos, Florianópolis Brasil.*, 4-8.
- Serrano, V. 1991. Agentes anabolicos. *Boletin científico, laboratorio squibb. Division Veterinaria. 1a ed. Cali, Colombia*, 1-5.
- Seymour, W. 1998. Role of biotin in ruminant nutrition examined. *Feedstuffs*, 11.
- Shaffer, C., & Clark, C. 1976. Effects of organic preservatives on the Quality of Aerobically stored High Moisture Baled Hay. *Agron.J.* 67:, 660.
- Sharp, G., & Dyer, I. 1971. Effect of zeralanol on the performance and carcass composition of growing-finishing ruminants. *J. Anim. Sci.* 33:, 865-871.

- Sharpe, P., Haynes, N., & Buttery, P. 1986. Glucocorticoid status and growth. *In: P. J. Buttery, D. B. Lindsay, N. B. Haynes (Ed.) Control and Manipulation of Animal Growth.*, (págs. 207-222). Butterworths, London.
- Shimada, A. 1990. Isoácidos, hidroxiácidos y compuestos similares. En E. Avila, A. Shimada, & G. Llamas, *Anabólicos y aditivos en la producción pecuaria* (págs. 191-196). D.F. Mexico: Sistema de Educación Continua En Producción Animal En México, A.C.
- Shirley, R. 1986. En *Nitrogen and energy nutrition of ruminants* (pág. 358 p). London: Academic Press INC.
- Simms, D., Kuhl, G., & Brethour, J. 1984. *Toxicity problems with Ammoniated Dry Roughage*. Manhattan: Report of progress no.448 Kansas State University.
- Smith, G., Morgan, J., Sofos, J., & Tatum, J. 1996. Supplemental vitamin E in beef cattle diets to improve shelf-life of beef. *Animal Feed Science and Technology*, 59:, 207-214.
- Smith, K., Duckett, S., Azain, M., Sonon, R., & Pringle, T. 2007. The effect of anabolic implants on intramuscular lipid deposition in finished beef cattle. *J Anim. Sci.* 85:, 430-440.
- Smith, T., Broster, V., & Hill, R. 1980. A comparison of source of supplementary nitrogen for young cattle receiving fibre-rich diets. *J. agric. Sci., Camb.* 95:, 687-695.
- Spears, J. 1990. Ionophores and nutrient digestion and absorption in ruminants. *J. Nutr.* 120:, 632-638.
- Spears, J., & Weiss, W. 2014. Invited review: Mineral and vitamins nutrition in ruminants. *The Professional Animal Scientist*, 30:, 180-191.
- Sprott, L., Goehring, T., Beverly, J., & Corah, L. 1988. Effects of ionophores on cow herd production: A review. *J. Anim. Sci.* 66:, 4273-4278.
- Stritzler, N., Gallardo, M., & Gingsins, M. 1983. Suplementación nitrogenada en forrajes de baja calidad. *Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 3, N°4*, 283-309.
- Suber, L., & Bowman, J. 1998. Monensin effects on digestion of corn or barley high-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 76:, 1945-4954.
- Sumano, L., Ocampo, C., & Gutierrez, O. 2002. Clenbuterol y otros  $\beta$ -agonistas, ¿una opción para la producción pecuaria un riesgo para la salud pública? *Veterinaria México*, 33:, 137-159.
- Swanek, S., Morgan, J., Owens, F., Gill, D., Strasia, C., Dolezal, H., & Ray, F. 1999. Vitamin D3 supplementation of beef steers increases longissimus tenderness. *J. Anim. Sci.* 77:, 874-881.
- Swennen, K., Ourtin, K., & Elcour, J. 2006. Non Digestible Oligosaccharides with Prebiotic Properties. *Crit Rev Food Science.* 46:, 471-472.
- Tamminga, S. 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *J. Dairy Sci.* 75:, 345-357.

- Thomas, C., & Wilkinson, J. 1975. The utilization of maize silage for intensive beef production. *J. agric. Sci. Camb.* 85:, 255-261.
- Tizard, I., Carpenter, R., MC Analley, B., & Kemp, M. 1989. The Biological Activities of Mannas and Related Complex Carbohydrates. . *Molecular Biotherapy.* 1(6):, 290-296.
- Trenkle, A. 1997. .Mechanisms of action of estrogens and androgens on performance of cattle-hormonal basis. In F. Owens, D. Gill, G. Dolezal, B. Morgan, G. Horn (Organizing Comm.). *Oklahoma State University Implant Symposium: Impact on Performance and Carcass Value of Beef Cattle, P-957, Ok. Agric. Expt. Sta., Div.Agric. Sci. Natural Res., Ok. State Univ., Stillwater,* 15-22.
- Twigg, J., & Van Gils, L. 1988. Practical aspects of feeding protein to dairy cows. *Recent Developments in ruminant nutrition,* 196-212.
- Veira, D., Macleod, G., Burton, J., & Stone, J. 1980a. Nutrition of the weaned holstein calf. I. Effects of dietary protein level on rumen metabolism. *J. Anim. Sci.* 50:, 936-944.
- Veira, D., Macleod, G., Burton, J., & Stone, J. 1980b. Nutrition of the weaned holstein calf. II. Effects of dietary protein level on nitrogen balance, digestibility and feed intake. *J. Anim. Sci.* 50:, 945-951.
- Wagner, J. 1983. Estradiol controlled release implants: Efficacy and drug delivery. *In: E. Meissonnier (Ed), Anabolics in Animal Production, Office International des Epizooties,* (págs. 129-142). Levallois. France.
- Wales, W., Moran, J., & Farrel, D. 1993. Growing out feeder steers and finishing feedlot cattle on systems incorporating maize silage (Abst.). *Recent advances in animal nutrition in Australia 1993.* , 97-106.
- Windschitl, P., & Schingoethe, D. 1984. Microbial protein synthesis in rumens of cows fed dried whole whey. *J. Dairy Sci.* 67: , 3061.
- Yang, C., & Russell, J. 1993. Effect of monensin on the specific activity of ammonia production by ruminal bacteria and disappearance of amino nitrogen from the rumen. *Appl. Environ. Microbiol.* 55:, 1052-1057.
- Yokoyama, M. & Jhonson, K. 1988. Microbiología del rumen e intestino. En *El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición.* (págs. 137-157). Acribia. Zaragoza, España.: DC Church.
- Zinn, R. 1987. Influence of lasalocid and monensin plus tylosin on comparative feeding value of steam-flaked versus dry-rolled corn in diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 65:256-266.
- Zinn, R. & Plascencia, A. 1996. Effects of forage level on the comparative feeding value of supplemental fat in growing-finishing diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 74: 1194-201.
- Zinn, R. & Shen, Y. 1998. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. *J. Anim. Sci.* 76:1280-1289.

Zinn, R., Placencia, A., & Barajas, R. 1994. Interaction of forage level and monensin in diets for feedlot cattle on growth performance and digestive function. *J. Anim. Sci.*72: 2209-2215.