

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

**Instituto de Ciencias Agrícolas
Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias**



**“EFECTO DEL BALANCE CATIÓN-ANIÓN EN DIETAS DE FINALIZACIÓN
PARA BOVINOS BAJO ESTRÉS CALÓRICO SOBRE PARAMETROS
PRODUCTIVOS Y FUNCIÓN DIGESTIVA”**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTA:

CARLOS ANTONIO PACHECO RIOS

DIRECTOR DE TESIS

DR. MARTÍN FRANCISCO MONTAÑO GÓMEZ

CO-DIRECTOR DE TESIS

DR. JAIME SALINAS CHAVIRA

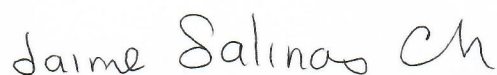
MEXICALI, B. C., MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2018

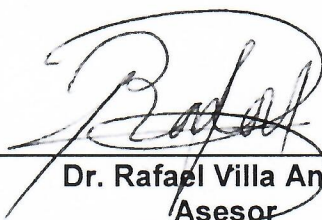
Efecto del balance catión-anión en dientes de finalización para bovinos bajo estrés calórico sobre parámetros productivos y función digestiva. Tesis presentada por Carlos Antonio Pacheco Rios, como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Ciencias Agropecuarias, que ha sido aprobada por el comité particular indicado:



Dr. Martin Francisco Montaña Gómez
Director de Tesis



Dr. Jaime Salinas Chavira
Co-Director de Tesis



Dr. Rafael Villa Angulo
Asesor



Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez
Asesor



Dr. Juan Octavio Chirino Romero
Asesor

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

OCTUBRE DE 2018

CONTENIDO

Pág.

AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN	9
HIPOTESIS.....	11
OBJETIVO GENERAL	12
REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
Efecto de la relación catión-anión (DCAB) en dietas para finalización para novillos.....	13
Mecanismo para el equilibrio del pH ruminal	21
Mecanismos para el equilibrio del pH a nivel sanguíneo y muscular	27
Macro y micro minerales.....	31
MATERIALES Y METODOS.....	42
Experimento 1	42
Unidad experimental	42
Tratamientos.....	43
Calculo de la energía en la dieta	45
Análisis estadístico	45
Experimento 2	46
Unidad experimental.....	46
Asignación de los tratamientos	47
Alimentación	49
Procedimientos de muestreo y análisis de laboratorio.....	49
Cálculos y análisis estadísticos	51
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
Experimento 1	53

Experimento 2	58
CONCLUSIÓN	63
LITERATURA CITADA	64
ANEXOS	70

Lista de Tablas

Tabla 1. Composición de las dietas experimentales (Experimentos 1 y 2)	44
Tabla 2. Efecto de los tratamientos sobre crecimiento, energía neta de la dieta en novillos Holstein durante la fase final (ultimos127 d de alimentación, Experimento1).....	55
Tabla 3. Efecto de los tratamientos sobre las características ruminales y la digestión en tracto total and total tracto digestión (experimento 2).....	60
Tabla 4. . Efecto de los tratamientos sobre pH ruminal y proporción molar de VFA (Experimento 2).....	62

Lista de Cuadros

Cuadro1. Funciones de algunas enzimas que requieren micro minerales.....	36
Cuadro 2. Signos clínicos de deficiencia y toxicidad causados por macro minares	11
Cuadro 3. Signos clínicos de deficiencia y toxicidad causados por micro minares	40
Cuadro 4. Asignación de los tratamientos a las unidades experimentales.....	48

AGRADECIMIENTO

A mi director de tesis, Dr. Martin Francisco Montaña Gómez, por su valiosa ayuda y orientación brindada durante el proyecto y durante todo el periodo del Doctorado, agradezco por depositar su confianza en mí y por su generosa comprensión en los momentos difíciles ayudando con esto a hacer esta etapa una experiencia agradable de aprendizaje.

A mi comité de tesis Dr. Jaime Salinas Chavira; Dr. Rafael Villa Angulo; Dra. Olga Maritza Manríquez Nuñez y Dr. Juan Octavio Chirino Romero por su valioso apoyo durante este proceso.

Agradezco a la Universidad Autónoma de Baja California, que por medio del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias y el Instituto de Investigación de Ciencias Agropecuarias por todo su apoyo y permitirme formar parte de su programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias.

A la Universidad de California, Davis, EUA. Por permitirme desarrollar parte de mi proyecto de tesis en sus instalaciones.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por el apoyo económico otorgado durante los 3 años del programa de Doctorado.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico en primer lugar a Dios, por haberme dado la sabiduría y fortaleza para culminar con éxito este proceso de aprendizaje. A mis padres por brindarme todo su apoyo moral y por darme valiosos consejos que me ayudaron a superar cada uno de los obstáculos para lograr mi meta. A mis hermanas por toda la comprensión y el apoyo incondicional durante este periodo de mi vida.

RESUMEN

En el experimento 1, se usaron ciento veintiséis novillos Holstein (457.1 ± 27.5 kg PV). El experimento tuvo una duración de 127 días y se evaluó la influencia de niveles crecientes en la dieta del balance Cation-Anión (DCAB) sobre parámetros productivos y características de la canal. Los tratamientos consistieron en dietas basadas en maíz rolo las cuales proporcionaron un balance de cation-anión (DCAB) de 34, 84 o 124 mEq/kg de MS. No se observaron efectos de los tratamientos sobre el consumo de materia seca (CMS), la ganancia diaria de peso (GDP), el peso final, el grosor de la grasa ni en el grado de marmoleo ($P > 0.10$). Aunque no de manera estadísticamente significativa, los novillos que recibieron 84 mEq/kg de MS redujeron la ganancia diaria de peso (GDP) que los novillos alimentados con dietas que contenían 34 o 134 mEq/kg de MS. En el experimento 2, se usaron seis novillos Holstein (196 ± 3 kg) con cánulas en rumen y duodeno proximal en un experimento con diseño de cuadrado latino replicado 3×3 para evaluar los efectos de los tratamientos sobre las características de la digestión ruminal y del tracto total en novillos. No se observaron efectos de los tratamientos ($P > 0.10$) sobre la digestión total de MS, MO, NDF, N o almidón ruminal, pH, AGV individual y total, o producción de metano ($P > 0.25$). El aumento de DCAB de 34 a 134 mEq /kg de MS no afectó la función digestiva. Se concluye que el aumento de DCAB en dietas de finalización para novillos Holstein en condiciones de alta temperatura ambiental no mejoró el rendimiento de crecimiento ni la función digestiva.

Palabras clave: Anión-cation, Estrés calórico, Comportamiento productivo, Digestión, Ganado.

ABSTRACT

In experiment 1, one hundred twenty-six calf-fed Holstein steers (457.1 ± 27.5 kg of BW) were used in a 127-d experiment to evaluate the influence of increasing levels of dietary cation-anion balance (DCAB) on growth performance and carcass characteristics. Treatments consisted of stem-flaked corn-based diets supplemented to provide DCAD of 34, 84 or 134 mEq/kg diet DM. There were no treatment effects on dry matter intake (DMI), average daily gain (ADG), final body weight, dressing percentage, fat thickness or marbling score ($P > 0.10$). In feedlot growth performance, it did not affect DMI. Although not in a statistically significant way, steers receiving 84 mEq/kg DM reduced ADG and dietary NE than steers fed diets containing either 34 or 134 mEq/kg DM. In experiment 2, six Holstein steers (196 ± 3 kg) with cannulas in rumen and proximal duodenum were used in a replicated 3 x 3 Latin Square design experiment to evaluate treatments effects on characteristics of ruminal and total tract digestion in steers. There were no treatments effects ($p > .10$) on the total digestion of DM, OM, NDF, N or starch ruminal, pH, individual and total VFA, or methane production ($P > 0.25$). Increasing DCAB from 34 to 134 mEq/kg DM did not appreciably affect digestive function. It is concluded that increasing DCAD of Holstein steers fed a conventional steam-flaked corn-based diet under conditions of high ambient temperature will not enhance growth performance.

Key Words: Cation-Anion, Heat Stress, Growth performance, Digestion, Cattle.

INTRODUCCIÓN

El balance Catión - Anión se define como la posible carga negativa o positiva en la mezcla de iones (no metabolizables) en la dieta (Tucker et al., 1988). El Balance Catión – Anión está determinado por los cationes potasio (K) y sodio (Na) y dos aniones: cloro (Cl) y azufre (S). El balance dietético anión catiónico (DCAB) se calcula mediante ecuación $(Na + K) - (Cl + S)$ por 100 gramos de dieta en base a materia seca (MS) (Block, 1984; Beighle et al., 1988).

Se observó un efecto del DCAB en la tasa de crecimiento y consumo de materia seca. (Patience et al., 1987) reportaron que las dietas con diferentes niveles de DCAB entre 0 y 34.1 mEq / 100 g de materia seca (MS) mejoraron la tasa de crecimiento y el consumo de materia seca (CMS) en cerdos en comparación con dietas que contenían -8.5 mEq / 100 g de MS. (Tucker et al., 1988) mostraron consistentemente un aumento en la producción de leche cuando DCAB cambió de -10 a +20 mEq / 100 g MS, además las dietas ácidas dieron como resultado una disminución en el pH de la sangre y orina acompañada por una movilización de Ca almacenado (Apper-Bossard et al., 2006). Esto se correlacionó con una disminución significativa del consumo de materia seca (CSM) en vacas lecheras (Vagnoni y Oetzel, 1998) y también en la tasa de crecimiento del ganado de carne (Ross et al., 1994).

Sin embargo, el requisito de óptimo de Balance Catión – Anión (DCAB) para el ganado de carne en dietas de finalización aún no se ha establecido con precisión. En la última década, el concepto de balance de Cationes y Aniones en la dieta (DCAB) ha despertado un gran interés en la investigación. Un desequilibrio en las cargas de las dietas nos indican un mal balance de minerales por lo que se generan problemas de toxicidad los cuales limitan drásticamente la producción, lo que genera grandes pérdidas económicas. Su regulación en la dieta podría ser una buena ayuda para mejorar el rendimiento

animal. El Balance de Cationes y Aniones (DCAB) disponibles no metabolizadas en la dieta juegan un papel crítico en la determinación del equilibrio ácido-base. DCAB reduce el consumo de alimentos en animales (Ross et al., 1994). Las dietas formuladas con DCAB 25 mEq / 100 g de materia seca han sido recomendadas para un crecimiento óptimo en pollos (Mogin, 1981) y porcinos (Austic y Calvert, 1981). Mientras que las vacas lecheras ocupan entre 20 y 37.5 mEq / 100 g de materia seca para un consumo máximo y producción de leche (Tucker et al., 1988; West et al., 1991). Además, el ganado de recepción generalmente se recupera más rápido y reduce los niveles de mortalidad cuando la dieta contiene altos niveles de DCAB, particularmente K (Hutcheson., 1984), mientras que los altos niveles de S afectan el consumo de alimentos y por lo tanto el aumento de peso. Pero con un Balance adecuado de Cationes y Aniones se puede optimizar el crecimiento y rendimiento del ganado (Spears et al., 2011). Por lo tanto, los cambios en DCAB en las dietas para bovinos afectan la tasa de crecimiento y el consumo. Hasta el momento, no se ha realizado ninguna investigación para determinar el DCAB óptimo para novillos de engorda en la etapa de finalización bajo estrés calórico.

HIPÓTESIS

La relación Cación – Anión podría mejorar los parámetros productivos y función digestiva en dietas de finalización para bovinos bajo estrés calórico.

OBJETIVO GENERAL

Establecer los posibles efectos de la relación Cation – Anión sobre parámetros productivos y la función digestiva en bovinos alimentados con dietas de finalización.

REVISIÓN DE LITERATURA

Efecto de la relación catión-anión (DCAB) en dietas de finalización para novillos

El balance catión-anión se define como la posible carga negativa o positiva en la mezcla de iones (no metabolizables) en la dieta (Tucker et al., 1988). El balance catión-anión en las dietas está determinado comúnmente por la relación de sus dos cationes que son: potasio (K) y sodio (Na) y dos aniones: cloro (Cl) y azufre (S). El balance catión-anión de la dieta (DCAB) se calcula por medio de la ecuación $(Na + K) - (Cl + S)$ por 100 gramos de dieta sobre una base de materia seca (DM) (Block, 1984).

En un primer momento la DCAB se calculaba como: $(Na + K) - Cl$, no obstante, investigaciones posteriores demostraron que el efecto del Azufre sobre el estado ácido-base era similar al que produce el Cloro por lo que fue incorporado para el cálculo (Isneiro, 1999).

Algunos autores incluyen al calcio y al magnesio en los cationes y al fósforo como anión, pero esto no es correcto ya que no son alcalinizantes ni acidificantes fuertes como lo son Sodio-Potasio y Cloro-Azufre respectivamente. Un descuento de esta actividad alcalinizante debería hacerse en el caso de los

cationes mientras que en el fósforo también debido a su baja absorción o retención que disminuye la actividad de acidificación (Goff et al. 2004).

La industria de la ganadería ha hecho mucho énfasis en estos supuestos con el fin de mejorar el balance de iones no metabolizables en las dietas, y de este modo mejorar el aprovechamiento de la dieta y la eficiencia digestiva por parte del animal con el fin de obtener mejores rendimientos productivos.

Se observó un efecto de DCAB en la tasa de crecimiento y DMI. (Patience et al., 1987) informaron que las dietas que contenían diferentes niveles de DCAB entre 0 y 34,1 mEq / 100 g de materia seca (MS) mejoraron la tasa de crecimiento y CMS en cerdos en comparación con dietas que contenían -8,5 mEq / 100 g de MS. (Tucker et al., 1988) mostraron consistentemente un aumento en la producción de leche cuando la DCAB cambió de -10 a +20 mEq / 100 g de MS, además de dietas ácidas resultaron en una disminución del pH de sangre y orina acompañada de una movilización de Ca almacenado (Apper-Bossard et al., 2006). Esto se correlacionó con una disminución significativa del CMS en vacas lecheras (Vagnoni y Oetzel, 1998) y también en la tasa de crecimiento del ganado vacuno (Ross et al., 1994).

Sin embargo, el requisito óptimo para el DCAB de ganado vacuno en dietas de finalización aún no se ha establecido con precisión. En la última década, el concepto del balance catiónico-anión (DCAB) en la dietas ha tomado un gran interés. Las deficiencias, los desequilibrios minerales y las toxicidades limitan la producción, lo que resulta en grandes pérdidas económicas. Su regulación en la dieta podría convertirse en una buena ayuda para mejorar el rendimiento animal.

Las cantidades de iones disponibles no metabolizados en la dieta (DCAB) juegan un papel crítico en la determinación del equilibrio ácido-base. DCAB redujo el consumo de alimentos en animales (Ross et al., 1994). Las dietas formuladas con DCAB 25 mEq / 100 g de materia seca han sido recomendadas para un crecimiento óptimo en pollos (Mogin, 1981) y cerdos (Austic y Calvert, 1981) mientras que las vacas lecheras ocupan entre 20 a 37,5 mEq / 100 g de materia seca para un consumo máximo y la producción de leche (Tucker et al., 1988, West et al., 1991).

Además, el ganado que se recibe generalmente se recupera más rápido y reduce los niveles de mortalidad cuando la dieta contiene altos niveles de DCAB, particularmente K (Hutcheson., 1984), mientras que altos niveles de S afectan al consumo de alimentos y por lo tanto el aumento de peso (Spears et al., 2011). Por lo tanto, los cambios en DCAB en animales en etapa de

finalización afectan la tasa de crecimiento y el consumo. Hasta el momento no se sabe con exactitud el DCAB para ganado de carne bajo estrés calórico.

En raciones típicas suministradas al ganado lechero, los cationes inorgánicos exceden a los aniones inorgánicos en varios mEq/día. Los cationes orgánicos son llevados con el exceso de cationes inorgánicos dietéticos, que pueden ser transformados hasta iones bicarbonato. Por lo tanto, una dieta con exceso de cationes inorgánicos en relación con cationes orgánicos es alcalina y una dieta con exceso de aniones inorgánicos con relación a los cationes es acidogénica.

La diferencia dietética de cationes-aniones (DCAB) determina el pH de la sangre, ya que está determinado al final por el número de cargas de cationes y aniones absorbidos en la sangre. Si del tracto digestivo entran a la sangre más aniones que cationes, el pH de la sangre disminuirá drásticamente.

Una dieta ácida causa el aumento del Ca en sangre. Esto condujo a la práctica de alimentar con una dieta con más aniones con relación a cationes para ayudar a reducir la fiebre de leche. Por lo tanto, los nutricionistas comenzaron a alimentar las vacas preparto con dietas con menos cationes que aniones para ayudar a aumentar el Ca en sangre en un momento que era muy deficiente durante el parto. Esas dietas están descritas como dietas aniónicas o dietas con una diferencia de cationes-aniones baja o negativa. El DCAB óptimo

para vacas en parto parece estar entre 0 y -10 mEq. Debería suministrarse un DCAB reducido conjuntamente con un Ca dietético aumentado (120-150 g/día). Estas recomendaciones para DCAB pueden ser afectadas por el nivel de producción, manejo de la alimentación y depresión del consumo dada por el estrés calórico.

El balance catiónico - aniónico de la dieta puede afectar el metabolismo mineral en becerros. La formulación de iniciadores de becerros y raciones de crecimiento deberían considerar no solamente los componentes minerales de la dieta, sino también, los componentes DCAB de la misma forma (Jackson et al., 1994).

El beneficio de recomendar un valor de DCAB en lugar simplemente de una cantidad de bicarbonato está en que las interacciones del Na, K, Cl y S pueden ser sumadas para la expresión del DCAB.

El uso de las sales aniónicas es discutido ya que cuando es incorrecto trae consecuencias que pueden complicar el inicio de la lactancia en lugar de ser un beneficio. Debido a la baja palatabilidad que las mismas tienen el uso en exceso o inadecuado por ejemplo por un mal mezclado o presentación genera un descenso en el consumo lo que trae como consecuencia muchos disturbios que pueden interferir con la salud de estos animales que como ya se dijo se encuentran en un período crítico que condiciona toda la lactancia.

Para evitar los problemas mencionados que puede generar el uso de sales aniónicas es muy importante saber que estas sales se pueden utilizar sin problemas cuando se tienen los recaudos suficientes en cuanto a su manejo, cálculo de la DCAB y control de su efecto mediante la medición del pH urinario (Huala, 2012).

Hay que tomar en cuenta que cuando se suministra una dieta con DCAB negativa se produce un entrada excesiva de aniones que por la necesidad fisiológica de mantener la electro neutralidad genera un aumento en concentración de cationes hidrógeno provocando una disminución del pH ($\text{pH} = -\log [\text{H}]$), es decir una acidificación del medio interno (de Blas et al. 1998).

En caso contrario cuando se suministra una dieta rica en cationes (Na y K) con una DCAB francamente positiva genera la disminución de la concentración de iones Hidrógeno y un aumento en la de hidroxilos aumentando así el pH y estableciéndose una alcalinización del organismo que dificulta el metabolismo del Calcio (DeGroot et al. 2010).

El suministro de dietas aniónicas, es decir con una DCAB negativo, a vacas secas durante el parto produce un ingreso excesivo de cloruros y sulfatos. La necesidad fisiológica de mantener la electroneutralidad hace que se liberen protones Hidrógeno provocando una acidificación del medio interno que

favorece la excreción de Calcio por orina reduciéndose los niveles del mismo en sangre. Esto genera la liberación de Hormona Paratiroidea y 1,25-dihidroxitamina D que terminan aumentando la concentración plasmática de Calcio (de Blas et al. 1998).

A nivel del tracto digestivo, estas dietas con carácter acidógeno reducen el pH intestinal favoreciendo la disolución de sales de calcio y por lo tanto, su absorción pasiva (Block, 1984). Por otro lado estas dietas generan un aumento en el número de receptores en intestino para Vitamina D por lo que estos animales muestran mejor respuesta al Calcitriol (Espino et al. 2004).

En la actualidad existen muchas sales en el mercado que ayudan a mejorar el balance DCAB, Las sales más comúnmente utilizadas son el cloruro de amonio y los sulfatos de amonio, calcio y magnesio, esto con la finalidad de aumentar el bienestar y la productividad en los animales.

Las sales aniónicas juegan un rol clave para disminuir la DCAB y prevenir así la hipocalcemia, sin embargo es de fundamental importancia tener en cuenta el contenido de Potasio de la dieta base ya que altos niveles de este catión obligaran a aumentar las sales aniónicas lo que puede llevar a un descenso en el consumo de materia seca debido a su baja palatabilidad (Horst et al. 1997).

El potasio es el tercer mineral más importante del organismo, después del calcio y del fósforo, y es el más abundante en los tejidos musculares. En el ámbito intracelular, ejerce como catión monovalente para equilibrar el exceso de aniones a través del mecanismo fisiológico conocido como “bomba de sodio-potasio” Cuando hay alteraciones del equilibrio ácido-base, el riñón se encarga de excretar más o menos K para compensarlas. La corteza suprarrenal por medio de la hormona Aldosterona, influye también en su excreción. Aproximadamente el 90 % del K se elimina a través de la orina, el requerimiento de K depende de la especie, raza, peso corporal, la edad y su productividad, el estado de la gestación o la lactancia, la cantidad de proteína en la dieta y su pH, del contenido de Mg, Ca, N, Na en la ración, y de la cantidad de trabajo físico que realiza el animal.

En la actualidad se usan muchos productos comerciales con la finalidad de mejorar la productividad en las engordas, se han realizado diversos estudios que demuestran que la manipulación del balance catión-anión (DCAB) tiene efectos positivos sobre el consumo de MS, GDP, peso final y las características de la canal como ser: rendimiento, grasa intermuscular y grado de marmoleo (Jackson et al., 1992).

Mecanismo para el equilibrio del pH ruminal

Los rumiantes poseen el beneficio de tener una cámara fermentativa pre-gástrica, formada por tres compartimientos: el retículo, el rumen y el omaso. Estos compartimientos, también llamados preestómago carecen por no tener glándulas secretoras de enzimas en su epitelio, a diferencia del abomaso cuya mucosa es secretora y cumple prácticamente las mismas funciones que un estómago en los monogástricos. A pesar de que los preestómagos no tienen la capacidad de secretar enzimas, es en estos tres compartimientos donde se lleva a cabo que la mayor parte de la digestión del alimento gracias a la ayuda de la fermentación microbiana.

Gracias a esta característica de la fermentación es lo que les permite a los rumiantes degradar diferentes tipos de carbohidratos como la celulosa. La fermentación ruminal es la actividad metabólica de los microorganismos presentes en el rumen, la degradación de los sustratos moleculares por la acción de bacterias y otros microorganismos se realiza por una hidrólisis enzimática igual que en la digestión en monogástricos, la diferencia mayor es que las enzimas digestivas en la fermentación son de origen microbiano.

El alimento que se les ofrece a los rumiantes está compuesto por agua y materia seca en proporciones variables de acuerdo al tipo de alimentos, la materia seca se subdivide en materia orgánica y minerales. En la materia orgánica vamos a encontrar los nutrientes necesarios para el mantenimiento de

los animales y su producción; La materia orgánica está compuesta por los tres grandes grupos como ser: Carbohidratos, Proteínas y Lípidos.

Los carbohidratos y las proteínas son los principales substratos fermentables para la población microbiana, de estos nutrientes obtendrán básicamente la mayor cantidad de energía y los compuestos nitrogenados para su crecimiento.

Desde el punto de vista nutricional más enfocado a la biodegradación los carbohidratos se pueden dividir en dos grandes grupos que son fibrosos y no fibrosos (Van Soest 1982). Siendo los no fibrosos los azúcares solubles y carbohidratos de reserva como el almidón por su parte los fibrosos como la celulosa, hemicelulosa y lignina.

Los carbohidratos no fibrosos fermentan rápidamente a nivel del rumen, aportando rápidamente el nivel de energía disponible a nivel ruminal pero con esto se aumenta el riesgo de la acidosis ruminal, en cambio los fibrosos son más resistentes a la degradación con esto se aumenta la rumia y la producción de saliva por parte del animal que le servirá como un nivelador de pH actuando como un tampón ruminal. Los carbohidratos fibrosos contienen menos concentración de energía y pueden limitar la ingestión, pero gracias a la simbiosis entre los microorganismos estos se pueden aprovechar ya que las enzimas propias de los rumiantes no los pueden digerir (Chesson y Forsberg, 1988; Ørskov y Ryle, 1998).

El almidón es degradado eficientemente por las bacterias amilolíticas, siendo el propionato el principal producto de la fermentación. Con la ayuda de diversos procesos que se le dan a los cereales (maíz y sorgo) esta eficiencia microbiana se ve beneficiada.

En la actualidad en la producción intensiva de bovinos para la producción de carne, los granos son el insumo más utilizado como fuente de energía, representando normalmente de un 75 a un 85% de la dieta total ofrecida a rumiantes en los corrales de finalización. Es por esta razón que se tiene que aprovechar al máximo el potencial nutritivo de los granos mediante el procesamiento más adecuado con el fin de obtener un óptimo rendimiento productivo del ganado.

El maíz es incluido en las dietas de finalización con la finalidad de incrementar la concentración de energía de la dieta. Nutricionalmente, el almidón es el componente más importante en este tipo de dietas, cuyos granos de cereal usualmente son sometidos a procesos mecánicos con la finalidad de incrementar la digestión de sus componentes, ya sea a nivel ruminal y/o intestinal (Galyean, 1976).

Aunque esto puede ser desfavorable desde el punto de vista de evitar una rápida caída del pH ruminal, es importante utilizar fuentes de energía que permitan lograr una buena sincronización entre la degradación de la fracción energética y nitrogenada, a fin de optimizar la síntesis de proteína microbiana y su posterior uso a nivel intestinal (Huntington, 1997).

La inclusión de dietas altas en energía favorece la disponibilidad de energía a nivel ruminal, pero tiene la desventaja de que estas dietas modifican de manera drástica el pH del rumen por lo que el animal tiene que optar por usar mecanismos para mantener el equilibrio del pH a nivel ruminal.

El pH del rumen varía entre 5.8 y 7.0 y surge de la propia fermentación, por un lado tenemos producción de una base como el amoníaco (NH_3) relacionada a la fermentación proteica, mientras que por otro lado tenemos la producción de ácidos como los AGV, resultantes de la fermentación de carbohidratos. El balance entre las cantidades de ácidos y bases producidas nos dan el resultado del pH, la velocidad con que ocurre esa producción, y la eficiencia de absorción de los mismos, forman la base del pH del rumen. Sobre esto operan los mecanismos fisiológicos que regulan el pH tendiendo a que no se excedan los límites fisiológicos.

La dieta afecta el pH ruminal por diferentes vías. El alimento que se le ofrece al ganado no se consume todo al mismo tiempo ni en las mismas proporciones, la forma física de los alimentos es importante para inducir una adecuada rumia. El forraje tosco (fibroso) estimula mucho a la rumia mientras que los concentrados prácticamente no lo hacen. Durante la rumia se secreta gran cantidad de saliva que llega al rumen con la deglución del bolo alimenticio o de la rumia.

La saliva contiene bicarbonato (HCO_3^-) y fosfato (HPO_4^-) que le dan un pH alcalino a la saliva (8.2 a 8.4) y que en el rumen actúan como tampón frente

a la producción de ácidos. Cuando el rumiante consume concentrados la rumia disminuye y por lo tanto disminuye también la producción de saliva, esto hace descender el pH ruminal (Church, 1988).

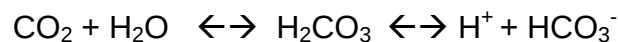
La forma química de los alimentos también afecta al pH ruminal, los carbohidratos de fácil digestión (azúcares solubles y almidón) son fermentados mucho más rápido que los carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa). Esto lleva a una producción más rápida de AGV acompañada por una baja producción de saliva, lo cual hace descender el pH ruminal.

La saliva de los rumiantes difiere mucho de la saliva de los otros animales, es alcalina (pH 8.2 a 8.4) y en bovinos de alto consumo la secreción puede superar los 100 - 150 litros diarios, esto implica que por día llegan al rumen aproximadamente 1 a 2 kg de bicarbonato y 250 g de fosfato. La rumia es un importante factor en el mantenimiento del pH, ya que con la misma aumenta la producción de saliva y por ende la llegada de tampones al rumen, en animales alimentados en base de forraje el pH ruminal tenderá a aproximarse a 7, esto está dado por la combinación de la forma física y química del alimento, tiene una estructura física por la fibra que induce una buena rumia y llegada de saliva al rumen. Químicamente está principalmente compuesto por la celulosa que se fermenta lentamente y por lo tanto libera a los AGV también lentamente, la alimentación en base a granos o concentrados tendrá el efecto opuesto al forraje. Su forma física no induce una buena rumia y su forma

química permite una rápida fermentación y una acumulación de AGV que baja fuertemente el pH.

Se puede alimentar a las vacas con concentrados, pero se debe hacer con un estricto control, ya que un exceso de granos en la dieta puede llevar a un descenso del pH ruminal que no es compatible con la salud e inclusive con la vida del animal (acidosis ruminal).

La eructación es otro mecanismo que los rumiantes utilizan para mantener el equilibrio del pH a nivel ruminal ya que se elimina el CO₂, una vaca de alta producción puede producir unos 600 litros de gas por día, de lo que más de la mitad es dióxido de carbono. El CO₂ está en equilibrio en la siguiente reacción:



Al eliminar CO₂, se desplaza la reacción hacia la izquierda, lo que significa que se capta H⁺ (Hidrógenos del medio) para formar CO₂ y H₂O, reduciendo la acidez del medio (Church, 1988).

La propia flora ruminal es importante para el mantenimiento del pH ruminal, en la fermentación de compuestos nitrogenados se libera amoníaco que es una base importante en el rumen. Por otro lado, los microorganismos utilizan gran parte de los AGV producidos para transformarlos en otros compuestos (proteínas y ácidos grasos).

Otra manera para ayudar a mantener un óptimo pH ruminal es con la ayuda de aditivos externos a la dieta, existen muchos aditivos con diferentes

nombres comerciales que ayudan en gran manera a mantener un ambiente ideal a nivel ruminal.

Mecanismos para el equilibrio del pH a nivel sanguíneo y muscular

Un aspecto fundamental en la fisiología de todos los organismos es la homeostasis o capacidad para mantener una situación de equilibrio dinámico favorable. En este fenómeno tiene gran importancia los sistemas amortiguadores que equilibran la presencia de sustancias ácidas y básicas para mantener el pH dentro de los límites fisiológicos.

Las células son muy sensibles al pH del medio extracelular. Éste tiene un pH de 7,4 y un descenso por debajo de 7 o un ascenso por encima de 7,8 puede resultar letal. Ello significa que la concentración de H^+ debe encontrarse entre 16-100 nmol/litro. La sangre es ligeramente alcalina con un pH de $7,4 \pm 0,04$, es decir con un rango en la concentración de H^+ aún menor.

El pH en sangre y musculo es un factor sumamente importante a considerar si no el más importante ya que de este depende el buen funcionamiento del organismo en su totalidad.

Existen diferentes maneras que se pueden utilizar para mantener un óptimo pH a nivel sanguíneo y muscular como ser:

La dieta que es ofrecida a los animales es uno de los factores más importantes para ayudar a mantener un pH adecuado a nivel sangre y musculo,

mantener un buen balance de cationes-aniones (DCAB) nos ayuda a mantener un pH adecuado para asegurar el buen funcionamiento de los organismos, y de este modo puedan cumplir su función de la mejor manera posible ayudando a tener un rendimiento óptimo y un mayor índice en la producción.

Otro mecanismo para regular el pH en sangre y musculo es la absorción de los AGV por las paredes del Rumen, al absorberse los AGV se está eliminando ácido del medio ruminal, y el proceso de absorción ruminal además está acompañado por la secreción de bicarbonato hacia el rumen. La absorción de AGV tiene entonces un efecto doble: elimina ácidos y agrega bases, para aumentar la superficie de absorción el epitelio del rumen presenta papilas y su crecimiento esta inducido por los AGV.

Por otra parte, se cuenta con las vías endógenas propias del animal para mantener el pH óptimo cuando las dietas tienen un balance negativo/bajo de iones (DCAB). Dentro de los mecanismos endógenos tenemos la excreción o retención de Calcio por parte de los riñones a través de la orina según sea el caso, cuando el PH de la sangre es bajo (acido) se excreta mayor cantidad de Calcio en la orina esto se da porque hay una mayor concentración de Calcio a nivel sanguíneo para poder neutralizar la acidez.

También la orina es un mecanismo que el animal usa para mantener el equilibrio del pH, expulsando iones de Hidrogeno (H^+) y reteniendo iones de bicarbonato (HCO_3^-) cuando el Ph es alto y, reteniendo iones de Hidrogeno (H^+) y expulsando iones de bicarbonato (HCO_3^-) cuando el Ph es bajo a esto se llama compensación respiratoria.

Otro mecanismo endógeno para mantener el equilibrio del pH es la respiración ya que cuando el pH es bajo aumenta la intensidad y la profundidad de la respiración trayendo con esto la expulsión de CO_2 y con ello se elimina el exceso de ácidos volátiles provenientes del metabolismo de las Carbohidratos.

Los tampones fisiológicos son los sistemas encargados de mantener el pH de los medios biológicos dentro de los valores ideales, permitiendo con ello la realización de funciones bioquímicas y fisiológicas de las células, tejidos, órganos y sistemas. Según su naturaleza química, los amortiguadores se clasifican en orgánicos e inorgánicos y, así mismo, atendiendo a su ubicación, se distribuyen en plasmáticos y tisulares.

Tampones orgánicos:

- Las proteínas y aminoácidos

Los aminoácidos y proteínas son tampones anfóteros ya que pueden tanto ceder protones (ácidos) como captarlos (bases) dependiendo el medio en el que se encuentren. En un medio muy básico se cargan negativamente,

mientras que en un medio ácido lo hacen positivamente. Este tipo de amortiguadores funcionan a nivel tisular.

- La Hemoglobina

Es un tampón fisiológico muy eficiente debido al cambio de pK que experimenta al pasar de la forma oxidada a la reducida, y gracias a la gran abundancia a nivel sanguíneo (15 % del volumen total sanguíneo) lo hace muy un amortiguador muy importante.

Tampones inorgánicos:

- Tampón carbónico/bicarbonato

Está constituido por (H_2CO_3 y HCO_3^-), es un sistema muy eficaz debido a que la relación $\text{HCO}_3^- / \text{H}_2\text{CO}_3$ es muy alta (20/1), lo que le proporciona una alta capacidad tampón frente a los ácidos y tiene la gran ventaja de ser un sistema abierto por lo que el exceso de CO_2 puede ser eliminado por ventilación pulmonar de manera rápida y además, el HCO_3^- puede ser eliminado por los riñones.

- Tampón Fosfato

El tampón fosfato es de los sistemas más importantes para contrarrestar los ácidos. La concentración de fosfato en la sangre es baja (2 mEq/L) por lo que en este caso su capacidad es menor para cumplir la función de tampón, caso contrario al bicarbonato que las concentraciones en sangre son altas por lo que le permite cumplir con mayor eficiencia la función de un tampón. En cambio, a nivel intracelular las concentraciones de fosfatos son mayores lo que

lo convierte en un tampón sumamente importante. Las grandes cantidades de fosfato dentro de las células corporales y en el hueso hacen que el fosfato sea un tampón muy importante para amortiguar el pH.

Macro y micro minerales

La nutrición del ganado bovino suele ser afectada por el desbalance de minerales, energía y proteína de los forrajes que consume, manifestándose en los animales alteraciones físicas y biológicas de distinto grado, siendo más acentuadas en aquellos casos donde el ganado se alimenta exclusivamente de forraje (Pfander, 1971; Preston, 1982).

(Fick et al.,1978) mencionan que es común que el ganado presente una producción ineficiente a causa de deficiencias minerales, y con frecuencia se magnifique el antagonismo entre algunos elementos, esto da como resultado variación en la disponibilidad de las fuentes minerales para el organismo, disminución del valor nutritivo del forraje y potencial toxicidad por algunos elementos (Suttle, 1999).

Algunos diagnósticos del estado mineral en ganado bovino realizados revelan deficiencias de selenio, cobre y zinc en suelo, forraje y suero sanguíneo; suficiencia y exceso en manganeso y hierro en suelo y forraje; y resultados muy variables en los contenidos de calcio, magnesio, sodio, potasio y fósforo en suero sanguíneo, agua y suelo (Aguirre y López, 2004).

A diferencia de las vitaminas que pueden ser fácilmente destruidas, los minerales son elementos inorgánicos que siempre mantienen su estructura química. El hierro, por ejemplo, puede combinarse temporalmente con otros elementos formando sales, pero sigue siendo hierro. Los minerales no son destruidos o alterados por el calor, el oxígeno o los ácidos, únicamente pueden perderse por lixiviación (en el agua y cocción de los alimentos, cuando ésta no se consume). Por ello, a diferencia de las vitaminas, no requieren un cuidado especial cuando los alimentos que los contienen se someten a procesos culinarios.

Los minerales, como las vitaminas, no suministran energía al organismo pero tienen importantes funciones reguladoras además de su función plástica al formar parte de la estructura de muchos tejidos. Son constituyentes de huesos y dientes (calcio, fósforo y magnesio), controlan la composición de los líquidos extracelulares (sodio, cloro) e intracelulares (potasio, magnesio y fósforo) y forman parte de enzimas y otras proteínas que intervienen en el metabolismo, como las necesarias para la producción y utilización de la energía (hierro, cinc, fósforo).

Actualmente se consideran esenciales a 22 elementos. (Georgievskii *et al.* 1982) los clasifican de acuerdo a tres criterios

-Por su presencia en ciertos tejidos o tropismo:

1. En tejido óseo: calcio, magnesio, estroncio, berilio, flúor.
2. En sistema retículoendotelial: hierro, cobre, manganeso.

3. Sin especificidad o preferencia por algún tejido: sodio, potasio, cloro, azufre.

-Por su concentración en el organismo

1. Macroelementos, 2. Microelementos, 3. Elementos traza.

-Por sus funciones biológicas:

1. Elementos esenciales, 2. Elementos probablemente esenciales.

La clasificación en macrominerales y microminerales está enteramente ajustada a la concentración en los organismos, y no indica mayor o menor funcionalidad.

Principales funciones de macrominerales (McDowell y Arthington, 2005).

Calcio (Ca)

Forma parte de la estructura de huesos y dientes, transmisión de impulsos del tejido nervioso, contracción muscular, coagulación sanguínea, permeabilidad celular, producción de leche.

Fósforo (P)

Forma parte de la estructura de huesos y dientes, fosforilación, compuestos de fosfato de alta energía. El fosfato es el mayor radical aniónico del fluido

intracelular, participa en el balance ácido-base, componente del ARN, ADN y sistemas enzimáticos.

Sodio (Na)

Mayor catión del fluido extracelular involucrado en la regulación de la presión osmótica y el balance ácido-base, transmisión del impulso nervioso, preservación de la irritabilidad normal de la célula muscular, permeabilidad celular.

Cloro (Cl)

Principal anión involucrado en la presión osmótica y el balance ácido-base. Anión principal de los jugos gástricos como parte del ácido clorhídrico.

Potasio (K)

Catión mayor del fluido intracelular involucrado en la regulación de la presión osmótica y el balance ácido-base, contracción muscular cardíaca, fosforilación de la creatina. Influye en el metabolismo de los carbohidratos favoreciendo la entrada de glucosa a las células.

Magnesio (Mg)

Desarrollo de huesos, contracción muscular, activador enzimático primordialmente en el sistema glicolítico. Participa en la fosforilación oxidativa, ayuda a disminuir la irritabilidad de los tejidos.

Azufre (S)

Forma parte de aminoácidos con S, constituyente del sulfato de condroitina, tiamina y biotina, indispensable en la síntesis de proteína.

Sin embargo, esta funcionalidad puede ser alterada en ciertas condiciones, pues no se requiere para todas las funciones la misma concentración orgánica del mineral (McDonald et al., 2006; Suttle, 2010), siendo afectadas principalmente aquellas funciones que requieren altas concentraciones orgánicas. En este sentido, las interacciones entre los minerales, son las que finalmente permitirán o no, que estos alcancen formas funcionales en el organismo.

Cuadro 1. Funciones de algunas enzimas que requieren micro minerales

Mineral	Enzima	Función
Hierro (Fe)	Succinato deshidrogenasa Citocromo a, b y c Catalasa	Oxidación aerobia de carbohidratos Transferencia de electrones Protección frente a H ₂ O ₂ (peróxido de hidrógeno). Respiración celular
Cobre (Cu)	Citocromo oxidasa Lisil oxidasa Ceruleoplasmina Superóxido dismutasa	Oxidasa terminal Oxidación de lisina Transporte del cobre Dismutación de superóxido (O ₂)
Zinc (Zn)	Anhidrasa carbónica Alcohol deshidrogenasa Carboxipeptidasa A Fosfatasa alcalina Polimerasa nuclear (A) Colagenasa	Formación de dióxido de carbono Metabolismo del alcohol Digestión de proteínas Hidrólisis de ésteres de fosfato Replicación celular Reparación tisular
Manganeso (Mn)	Piruvato carboxilasa Superóxido dismutasa Glicosilaminotransferasa	Metabolismo de piruvato Antioxidante para remover O ₂ Síntesis de proteoglicanos
Selenio (Se)	Glutación peroxidasas Deiodinasas Tiorredoxinasas Selenofosfato sintetasa 2	Traslado de H ₂ O ₂ e hidroperóxido Conversión de la tiroxina Protección contra estrés oxidativo Reacción de selenuro con AMP

Cobalto (Co)	Metilmalonil-Co A mutasa Metionina sintetasa	Incorpora propionato al metabolismo para utilizarlo como energía Regeneración de metionina a partir de homocisteína
Yodo (I)	Tiroxina Triyodotironina	Ambas participan en: incremento del metabolismo, temperatura corporal y ritmo cardiaco, absorción de glucosa, estimulan el crecimiento y la maduración, y anabolismo de proteínas.

(Suttle, 2010).

Las interacciones entre los propios minerales y con otros nutrientes, pueden ser sinérgicas o antagónicas, y pueden ocurrir en la propia constitución del alimento, el tracto digestivo y el metabolismo celular y tisular de los animales (Georgievskii et al., 1982).

Estas interacciones intervienen en el acceso potencial de la mucosa intestinal a determinado mineral (accesibilidad), en la transferencia potencial del mineral absorbido por la mucosa hacia el compartimiento de transporte (capacidad de absorción), en la retención potencial del mineral transferido (capacidad de retención) y finalmente, en la incorporación potencial del mineral retenido en formas funcionales (Funcionalidad). Todas estas, componentes de

la biodisponibilidad de los minerales y determinantes del valor de los alimentos como fuentes de los mismos (Suttle, 2010).

La presencia de desbalances minerales no siempre es fácil de apreciar, pueden asociarse de manera aguda con cambios anatómicos y fisiológicos fácilmente perceptibles, o por el contrario, asociarse a cuadros subclínicos de difícil diagnóstico que se confunden entre los propios desbalances minerales o bien con otro tipo de desbalances nutricionales y enfermedades (Álvarez, 2001; McDowell y Arthington, 2005).

Cuadro 2. Signos de deficiencia y toxicidad causados por macro minerales en el ganado bovino (McDowell y Arthington, 2005).

Mineral*	Deficiencia	Toxicidad
Calcio (0.30%)	Debilidad ósea, crecimiento retrasado, producción baja de leche y tetania.	Anormalidades óseas, reducción del consumo de alimento y ganancia de peso.
Fosforo (0.25%)	Huesos frágiles, debilidad general, pérdida de peso, delgadez excesiva, producción de leche y reproducción reducidas, pica	Similar a los signos causados por el exceso de calcio.
Magnesio (0.20%)	Tetania e irritabilidad, convulsiones, seguida por la muerte.	Debilidad, alteración de la locomoción, diarrea, somnolencia, muerte.
Sodio (0.06%)	Gran apetito al suministrar sal, lamido ansioso de madera, suelo y sudor de otros animales, y consumo de agua mayor a lo normal.	Reducción del consumo de alimento y agua, problemas digestivos, diarrea y baja ganancia de peso.
Potasio (0.80%)	Signos no específicos: disminución del consumo y la eficiencia de utilización de alimento y agua; reducción del crecimiento, debilidad muscular, trastornos nerviosos, rigidez y delgadez excesiva.	Difícil alcanzar niveles tóxicos. Antagoniza con el magnesio, sodio y calcio.
Azufre (0.20)	Pérdida de peso, debilidad, lagrimeo, reducción de la producción de leche y muerte.	Polioencefalomalacia, dolor abdominal, intoxicación por sulfuros, congestión pulmonar, deshidratación y enteritis severas.

Cuadro 3. Signos clínicos de deficiencia y toxicidad causados por micro minerales en el ganado bovino (McDowell y Arthington, 2005).

Mineral*	Deficiencia	Toxicidad
Selenio (0.1 ppm)	Distrofia muscular, baja tasa de reproducción, rigidez y muerte súbita.	Somnolencia, emaciación, pelo áspero, crecimiento alargado de pezuñas, cojera y parálisis.
Cobre (10 ppm)	Anemia, diarrea profusa, crecimiento lento, decoloración del pelo, ataxia en recién nacidos, infertilidad temporal, fibrosis miocárdica y huesos frágiles.	Anemia, distrofia muscular, bajo crecimiento y deterioro reproductivo. Vómito, salivación, dolor abdominal, convulsiones, parálisis, colapso y muerte.
Zinc (30 ppm)	Reducción en el consumo de alimento y tasa de crecimiento, piel seca, escamosa con grietas y difícil cicatrización, pérdida y aspereza de pelo, crecimiento testicular reducido.	Difícil de observar eventos.
Hierro (30 ppm)	Difícil observar deficiencia, anemia, baja ganancia de peso, letargo, fatiga aún con poco movimiento.	Reducción del consumo de alimento y ganancia de peso, diarrea, hipotermia y acidosis metabólica.
Manganeso (40 ppm)	Anormalidades óseas, fertilidad reducida, abortos y deformaciones fetales; patas deformadas en becerros.	Difícil observar eventos, tasa reproductivas bajas.
Cobalto (0.2 ppm)	Signos no específicos; pérdida paulatina del apetito, emaciación, mucosas pálidas, crecimiento retardado, pelaje áspero, y reducción en producción de leche.	Disminución del apetito y peso, anemia.

Yodo (0.5 ppm)	Bocio, ceguera en neonatos, mortinatos, anestro,	Depresión del apetito, apatía, piel escamosa, tos seca y lagrimeo excesivo.
-------------------	--	---

* Nivel mínimo requerido en la materia seca disponible para el ganado.

La manifestación de signos clínicos en los animales, ya sea por privación o intoxicación mineral, es la fase final del desbalance. Es quizá en las etapas intermedias donde se suscitan las mayores repercusiones negativas sobre el mantenimiento de la salud, el crecimiento y la reproducción; siendo estas funciones las que definen el éxito de cualquier sistema de producción animal. es por ello que hay que tener un balance adecuado de minerales en las dietas de iniciación.

MATERIALES Y METODOS

Experimento 1: Efecto del Balance Cation – Anión en dietas de finalización para bovinos bajo estrés calórico sobre la tasa de crecimiento y energía de la dieta.

Localización del área de estudio

Este estudio se realizó en el Centro de Investigación y Desarrollo del Desierto, de la Universidad de California, Davis, durante el período de mayo-septiembre (127-días). El Centro de Investigación está ubicado en el Valle Imperial, California (32 ° 47 '31' 'N y 115 ° 33 '47' 'O). Está a unos 16 m por debajo del nivel del mar y bajo condiciones del desierto de Sonora (clasificación BWh según Köppen). Esta región se caracteriza por ser seca y árida con temperaturas extremas en verano (≥ 42 ° C), y un promedio precipitación anual de 85 mm.

Unidad experimental

Todos los procedimientos relacionados con el cuidado y el manejo de los animales estaban en conformidad con los reglamentos usados por la Universidad de California, Davis.

Ciento veintiséis novillos Holstein (457.1 ± 27.5 kg PV) se usaron en un experimento de 127 días para evaluar la influencia de niveles crecientes en las

dieta de Balance Cation – Anión (DCAB) durante los meses de estrés calórico de mayo a septiembre sobre la tasa de crecimiento y las características de la canal. Los animales fueron bloqueados por peso y asignados al azar en 18 corrales (7 novillos por corral). Los corrales tenían 43 m² de superficie con 22 m² de sombra, bebederos automáticos y 2.4 m lineales de comedero.

Medición de temperatura y estimación del Índice de Humedad y Temperatura (THI)

Las variables climáticas (temperatura ambiental, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento) se obtuvieron cada 30 minutos de una estación meteorológica en el sitio (UC Agriculture Field Station) a lo largo del periodo experimental. El índice de humedad de la temperatura se calculó usando la siguiente fórmula: $THI = 0.81 \times T + RH (T-14.40) + 46.40$ (Mader et al., 2006).

Tratamientos

Se evaluaron tres niveles en la dieta de DCA: 34, 84 y 134 mEq /kg de MS, donde $DCAB = (Na + K) - (Cl + S)$. Los niveles en la dieta de DCAB se obtuvieron mediante la suplementación de Bicarbonato de Potasio con 0, 5 o 10 g de KHCO₃ / kg de MS, respectivamente (Tabla 1). Los animales tuvieron acceso *ad libitum* al alimento y agua. Se agregó alimento fresco dos veces al día. En el día 35, novillos fueron implantados Synovex-Plus® (Zoetis Inc., Kalamazoo, MI).

Tabla 1. Composición de las dietas experimentales (Experimentos 1 y 2)^a.

	DCAB		
	34	84	134
Ingredientes, g/kg base MS			
Heno de alfalfa	120.0	120.0	120.0
Maíz rollado	747.8	742.8	737.8
Grasa amarilla	40.0	40.0	40.0
Melaza	60.0	60.0	60.0
Urea	10.0	10.0	10.0
Piedra caliza	12.0	12.0	12.0
Bicarbonato de Potasio	0.00	5.00	10.0
Óxido de Magnesio	2.2	2.2	2.2
Fosfato dicálcico	4.0	4.0	4.0
Sales Minerales ^b	4.0	4.0	4.0
Energía Neta			
ENm, Mcal/kg	9.37	9.33	9.25
ENg, Mcal/kg	6.49	6.44	6.40
Composición, g/kg base MS ^c			
CP	126.6	126.1	125.7
NDF	117.7	117.3	116.8
Extracto etereo	75.3	75.1	74.9
Calcio	8.0	8.0	8.0
Fosforo	3.4	3.4	3.4
Sodio	1.9	1.9	1.9
Cloro	5.1	5.1	5.1
Potasio	8.0	10.0	11.9
Magnesio	2.9	2.9	2.9
Azufre	2.0	2.0	2.0

^aSe añadió óxido crómico (0,40%) como marcador de la dieta en el experimento 2.

^bSales minerales: CoSO₄, 0.68%; CuSO₄, 1.04%; FeSO₄, 3.57%; ZnO, 1.24%; MnSO₄, 1.07%; KI, .052%; and NaCl, 92.96%.

^cBasado en valores tabulares para ingredientes individuales (NRC, 1996).

Calculo de la Energía en la dieta

La ganancia de energía (EG, Mcal/d) se calculó mediante la ecuación: $EG = ADG^{1.095} \times 0.0557W^{0.75}$ (NRC, 1984). Energía de mantenimiento (EM, Mcal/d) se calculó mediante la ecuación: $EM = 0.084W^{0.75}$ (Lofgreen y Garrett, 1968). De las estimaciones derivadas de energía requerida para mantenimiento y ganancia, NEm y NEg los valores de la dieta se obtuvieron usando la fórmula cuadrática: $x = (-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}) / 2a$, donde $a = -1.716EM$, $b = 0.877EM + 1.716DMI + EG$ y $c = -0.877DMI$, y $NEg = 0.877$, $NEm = -1.716$ (Zinn y Shen, 1998).

Análisis estadístico

Para calcular el rendimiento de los novillos, se redujo del peso inicial y final un 4% tomando en cuenta el contenido del tracto digestivo. Los 18 corrales se usaron como unidades experimentales (seis corrales por tratamiento). Los datos fueron analizados como un experimento de diseño de bloques completos al azar (Hicks 1973) usando el procedimiento GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Los efectos crecientes de los niveles de DCAB de la dieta en las variables respuesta se analizaron para componentes lineales y cuadráticos mediante contrastes polinomiales, con coeficientes de contraste ajustado por espaciado desigual.

Experimento 2: Efecto del Balance Cation – Anión en dietas de finalización para bovinos bajo estrés calórico sobre la función ruminal y digestión en tracto total.

Localización del área de estudio

El experimento se llevó a cabo en la Unidad de Laboratorio de Digestión y Metabolismo de Rumiantes del Instituto de Investigación de Ciencias Veterinarias (IICV) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), ubicada a 10 km al sur de Mexicali, en el noroeste de México con una latitud de 32°40', una longitud de 115°28', una altitud de 10 m sobre el nivel del mar. El clima se considera como cálido muy seco, con una temperatura media anual de 22°C, con oscilaciones de la media mensual mayores a 14°C, con lluvias en invierno (SAGARPA, 2007).

Unidad experimental

Se utilizaron 6 novillos Holstein (196 ± 3 kg PV) clínicamente sanos y habilitados con cánulas en el rumen y duodeno proximal (González-Vizcarra y Montaña-Gómez, 2015). Las cánulas instaladas en rumen (80 mm de diámetro) y duodeno (25 mm de diámetro interno) fueron cánulas tipo "T" y se elaboraron con material de tygon inerte (*USP, Lima, Ohio). Los novillos fueron adaptados a las dietas experimentales 14 días previo al inicio del experimento.

Asignación de tratamientos

Los novillos fueron asignados a corrales individuales de 3.9 m² con comedero individual y bebedero automático compartido, localizados en una área cerrada. El 80% de la superficie del piso de concreto de cada corral fue cubierto con un tapete de neopreno (1.25 cm) de espesor para descanso.

Los tratamientos fueron los siguientes:

Tratamiento 1: 0 g de Bicarbonato de Potasio / kg de MS

Tratamiento 2: 5 g de Bicarbonato de Potasio / kg de MS

Tratamiento 3: 10 g de Bicarbonato de Potasio / kg de MS

Diseño experimental

Los datos fueron analizados en un diseño de Cuadrado Latino Replicado 3 x 3, con 6 observaciones por tratamiento de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + A_j + P_k + \zeta_{lk} + E_{ijkl}$$

Dónde:

μ : Media general.

B_i : Efecto del tratamiento i.

A_j : Efecto del periodo j.

P_k : Efecto de la repetición k.

ζ_{ik} : Efecto del animal en la repetición.

E_{ijk} : Efecto del Error residual i, j.

Cuadro 4. Asignación de los tratamientos a las unidades experimentales.

Novillo	P1	P2	P3
1	1	2	3
2	2	3	1
3	3	1	2
4	1	2	3
5	2	3	1
6	3	1	2

Duración del experimento

El experimento consistió en 3 periodos experimentales de 14 días de duración por periodo (10 días para adaptación a las dietas y 4 días para recolección de muestras).

Alimentación

El consumo (BMS) se ajustó al 2.2% del peso vivo vacío, ofreciéndose durante la prueba dieta fresca (Tabla 1) en forma diaria en dos porciones iguales a las 08:00 y 20:00 h. El consumo de agua fue *ad libitum*. Las raciones asignadas por animal por servida fueron pesadas en forma semanal en una báscula digital de precisión (Mettler Toledo SB16100 x 1g).

Procedimientos de muestreo y análisis de laboratorio

En cada periodo se recolectaron muestras de duodeno, heces y rumen. Las muestras duodenales (750 ml) y fecales (200 g) se tomaron de cada novillo dos veces al día durante los cuatro días de muestreo de cada periodo en los siguientes horarios: Día 1, 1030 y 1630 h; día 2, a las 0900 y las 1500 h; día 3, a las 0730 y las 1330 h y día 4, a las 0600 y las 1200 h. Las muestras duodenales se tomaron utilizando recipientes de plástico de capacidad de 1L (Wide mouth square bottles, Evenflo®), al finalizar la recolección de muestras se lavaron las cánulas y el área adyacente con agua corriente a presión. Las heces se recolectaron directamente del piso mediante espátula y se almacenaron en bolsas identificadas para cada animal. Las muestras de cada novillo recolectadas en cada periodo de colección se identificaron y mezclaron con el

propósito de formar muestras homogéneas compuestas las que se congelaron a -20° C (Kelvinator, KSGW200, 19.4 cf) para análisis posteriores. El último día de colección de muestra de cada periodo se tomaron muestras de contenido ruminal ($\pm$ 350 mL) mediante el uso de una bomba de vacío (Cole Parmer Instrument, Vernon Hill, IL.), donde se determinó el pH del rumen (Orion 261S, Fisher Scientific, Pittsburgh, PA.). Por cada 8 ml de líquido ruminal previamente filtrado mediante cuatro capas de gasa, se agregaron 2 ml de ácido metafosfórico al 25% P/V, inmediatamente se congelaron a -20° C para su posterior determinación de ácidos grasos volátiles. El último día, del segundo periodo experimental, se obtuvieron muestras de contenido ruminal de cada novillo para aislamiento de bacterias ruminales por centrifugación diferencial. (Bergen et al., 1968). Las muestras de duodeno y heces fueron descongeladas, homogenizadas y secadas a 70°C durante 72 h en estufa de aire forzado (EPS, C3F-2, Orange, CA), posteriormente se molieron en molino para café (Krupps Gx4100), se depositaron en platillos de aluminio, y se sometieron a temperatura de 105°C hasta peso constante. Las muestras desecadas se colocaron en frascos de vidrio de 120 ml cerrados herméticamente (Qorpak Jars, Fisher Sci.) Las muestras generadas se sujetaron a todos o parte de los siguientes análisis: Materia seca (MS, estufa desecando a 105°C hasta peso constante), ceniza, N kjeldhal y N amoniacal de acuerdo con lo estipulado por la AOAC (1986), almidón (Zinn, 1990), purinas (Zinn y Owens, 1986), FDA (Goering y Van Soest, 1970), óxido crómico (Hill y Anderson, 1958), MO microbiana (MOM) y N (MN), dejando el abomaso se calcularon usando purinas como marcador microbiano

(Zinn y Owens, 1986) y energía bruta (EB) (utilizando una bomba calorimétrica adiabática, Parr Instruments, Co.).

Cálculos y análisis estadístico

La cantidad de MS que fluyó a duodeno y la excreción fecal se calcularon a partir de la cantidad de Cr_2O_3 ingerido dividido entre la concentración (g/g MS) de Cr_2O_3 que apareció en duodeno y heces respectivamente. La cantidad de materia orgánica microbiana (MOM), así como el nitrógeno microbiano (NM) que fluyen al duodeno se calculó con base en los análisis de las bacterias aisladas en el fluido ruminal, así como en las muestras obtenidas de duodeno, usando purinas como marcadores (Zinn y Owens, 1986). La materia orgánica fermentada (MOF) en rumen se calculó mediante la resta a la materia orgánica consumida (MOC) menos la diferencia cuantitativa observada a nivel duodenal de la cantidad total de la MO, menos la MOM que ingresó a duodeno [$\text{MOF} = \text{MOC} - (\text{MO} - \text{MOM})$]. El N consumido que escapa de la digestión ruminal (proteína de escape) se consideró como el equivalente al total de N que ingresa al duodeno menos la suma de las cantidades de N amoniacal y N microbiano que fluyeron al duodeno.

El valor esperado de la energía digestible (ED) de las dietas fue estimado de la siguiente forma: Esperado, ED, Mcal/kg= [(Valor de ED observado para cada uno de los tratamientos) / (valor ED observado para la dieta)]/ED

calculada, son estimados a partir del valor de ED de cada uno de los ingredientes que componen cada dieta experimental (NRC, 1996).

Los datos se analizaron como un diseño de Cuadrado Latinos Replicado 3 x 3 (Hicks, 1973) utilizando el procedimiento GLM (SAS Inst. Inc., Cary, North Caroline, USA). Los efectos del aumento en los niveles de DCAB en la dieta sobre las variables respuesta fueron analizados para componentes lineales y cuadráticos por medios de contraste polinómico con coeficientes de contraste ajustado por espaciado desigual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1

No se presentaron precipitaciones durante el estudio. La humedad relativa promedió 38%. Las temperaturas ambientales mínima y máxima promediaron 20.5 y 38.8 °C, respectivamente. El promedio diario de temperatura y el Índice de Humedad de Temperatura (THI) 76.2 ± 3.7 y 82.6 ± 2.9 , respectivamente (Grafica 1). De acuerdo con la clasificación nominal (THI normal < 74; Alerta THI 75-78; Peligro THI 79-83; y emergencia THI > 84 (Mader et al., 2006). El ganado experimentó condiciones de “alerta” durante todo el experimento.

Durante la fase final del estudio (últimos 127 días de alimentación) el aumento de DCAB no afectó ($P > 0.10$) la ganancia diaria de peso (GDP), consumo de materia seca (CMS) ni la eficiencia de la energía neta (Tabla 2). Colgan y Mader (2007) observaron que la adición de 2.1% KHCO_3 para aumentar el DCAB de una dieta de maíz rolado en seco de 91 a 294 mEq / kg no afectó la ganancia diaria de peso (GDP) ni la eficiencia de ganancia de novillos Angus cruzados durante la fase de finalización con un THI “normal” (promedio diario de THI, 71.4). Sin embargo, aumentó el consumo de agua en un 22% (de 2.92 a 3.61 L / kg CMS). Resultados similares fueron encontrados por (Luebbe et al., 2011) no observándose efecto de DCAB (-160 vs +200 mEq / kg MS) sobre el crecimiento de novillos durante un período de finalización de verano (junio hasta octubre). En un ensayo con un periodo de duración de 113

días realizado durante el los meses de verano de junio a septiembre, Sexson et al. (2010) observaron que el aumento del nivel DCAB de 37 a 102 mEq / kg de MS en una dieta a base de maíz rolado al vapor no afectó la ganancia diaria de peso (GDP). Sin embargo, aumentó 3,2% la energía neta estimada. Ellos atribuyeron esta respuesta al potencial buffer del K₂CO₃ agregado. Por su parte Ross et al. (1994) al evaluar los efectos de DCAB sobre el rendimiento en novillos cruzados estabulados, observaron que el incremento de DCAB de aproximadamente 40 a 350 mEq / kg disminuyó el consumo de materia seca (DMI) y la ganancia diaria de peso (GDP), sin afectar la eficiencia de ganancia.

Figura 1. Temperatura mínima y máxima mensual e índice de humedad de la temperatura (THI).

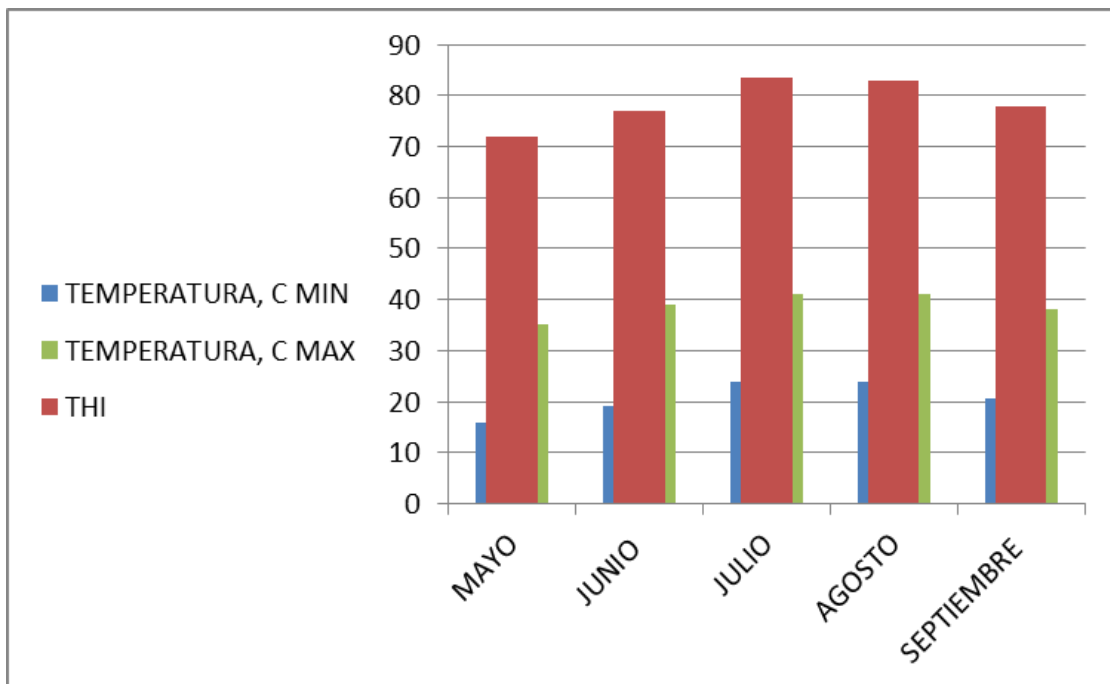


Tabla 2. Efecto de los tratamientos sobre crecimiento, energía neta de la dieta en novillos Holstein durante la fase final (últimos 127 d de alimentación, Experimento 1).

	DCAB			Lineal	Cuadrático	CME
	34	84	134			
Repeticiones	6	6	6			
Peso Corporal ^a , kg						
Inicial	454.8	458.0	458.6	0.22	0.41	2.1
Final	596.1	593.6	596.9	0.86	0.46	3.1
GDP, kg/d	1.11	1.07	1.09	0.51	0.30	0.02
CMS, kg/d	8.75	8.80	8.80	0.74	0.86	0.12
GDP/CMS	0.128	0.121	0.124	0.34	0.21	0.003
EN de la Dieta, Mcal/kg						
Mantenimiento ^b	2.22	2.16	2.19	0.47	0.29	0.03
Ganancia ^c	1.53	1.48	1.51	0.47	0.29	0.03
Observado/Esperado NE						
Mantenimiento	0.991	0.970	0.987	0.83	0.29	0.014
Ganancia	0.989	0.962	0.983	0.82	0.29	0.017

^a Peso vivo inicial y final se redujeron en 4% considerando el llenado del rumen.

^b Grasa del Riñón, Pélvica y del Corazón como porcentaje del peso de la canal.

^c Usando 3.0 como mínimo ligero, 4.0 como mínimo pequeño, 5.0 como moderado, y 6 como levemente abundante (USDA, 1997).

Jackson et al. (1992) observaron que la ingesta de alimento tendió a aumentar cuadráticamente ($P = .09$) con el aumento de DCAB. Los novillos alimentados con el +37 DCAB consumieron 3.99 kg / d de MS, sin embargo, los novillos alimentados con el 0, +21 y + 52 DCAB consumieron 0.52, 0.40 y 0.45 kg / d menos de MS, respectivamente. De manera similar, Tucker et al. (1988) informaron que un DCAB [(Na + K) - Cl] de 0, +10 y +20 mEq / 100 g de MS aumentó el consumo de materia seca (CMS) de las vacas lecheras en lactación en comparación con las vacas que consumieron raciones con valores de DCAB de -10 mEq / 100 g de MS. Del mismo modo, West et al. (1992) observaron en

vacas lecheras bajo estrés calórico un aumento lineal cuando el DCAB varió entre 12 y 46 mEq / 100 g de MS. Al mismo tiempo, Vagnoni y Oetzel (1998) reportaron una disminución de 6.9% en CMS en vacas secas alimentadas con ensilaje de maíz y alfalfa que tenían valores DCAB $[(Na + K) - (Cl + S)]$ de -5.1 en comparación con +20.3 mEq / 100 g de MS.

No se observaron efectos de los tratamientos sobre ganancia diaria de peso ni peso final ($P > 0.10$; Tabla 2). Estos resultados difieren con los observados por Jackson et al. (1992), quienes trabajaron con terneros jóvenes. Estos autores reportaron que un aumento creciente de DCAB de 0 a 21 o 37 mEq / 100 g de MS incrementó GDP durante un estudio de 56 días. Los terneros alimentados con sustitutos lácteos que tenían DCAB de 15.7, 25 o 34.4 mEq / 100 g de MS ganaban más rápido y de manera más eficiente que aquellos alimentados con dietas con DCAB de 6.4 o 43.8 mEq / 100 g de MS (Den Hartog et al., 1989). Los resultados obtenidos por Ross et al. (1994) mostraron un aumento cuadrático ($P < .05$). La ganancia diaria de peso (GDP) aumentó como respuesta al aumento de DCAB a lo largo de todo el período de alimentación; las ganancias fueron más altas en los novillos alimentados con las dietas de 15 y 30 mEq / 100 g de MS.

Estos mismos autores observaron que la GDP tendió a aumentar de forma cuadrática ($P < 0.10$) en respuesta al aumento de DCAB. La ganancia máxima se observó para el ganado alimentado con 15 mEq / 100 g de MS. En

nuestro experimento no observamos efecto cuadrático de los tratamientos sobre la relación GDP / CMS ($P > .10$). En contraste con estos resultados, Ross et al. (1994) observaron efecto sobre ganancia; la alimentación tendía a seguir una respuesta cuadrática ($P < .10$) en la que el ganado que consumía las dietas de 15 y 30 mEq era el más eficiente. Schonmaker et al. (2013), observaron que la ganancia diaria promedio, CMS y GP/CMS no difirió ($P > 0.46$) antes del inicio del estudio. Los cambios en DCAB durante los últimos 14 días no afectaron el peso ni el consumo de materia seca (CMS) final ($P > 0.23$). Sin embargo, GDP y GP/CMS para el período de prueba de 14 d respondió cuadráticamente ($P < 0.01$), aumentando cuando la dieta tenía un DCAB de -16 a 0 y disminuyendo de la dieta DCAB de 0 a +16. Se observó un aumento lineal de GP/CMS durante los primeros 28 días, sin embargo, el período final del estudio (d 56 a 84) mostró una disminución lineal ($P < .05$) en GP/CMS con el aumento de DCAB. Patience y Wolynetz (1990) encontraron un aumento lineal en la GD/CMS cuando el DCAB de la dieta se incrementó de -8.1 a +39.7 mEq / 100 g en estudios con porcinos.

No se observó efecto de los tratamientos sobre la energía neta de la dieta (EN) (mantenimiento y ganancia, ni EN observado/ esperado (mantenimiento y ganancia, $P > 0.10$). En estas variables, la ración con menor nivel de DCAB presentó valores más altos; las raciones con niveles intermedios de DCAB tenían los valores más bajos; mientras que los niveles más altos de DCAB en raciones se acercaron a los valores obtenidos por el nivel más bajo de

DCAB en la dieta. Resultados similares fueron reportados por Sexson et al. (2009), quienes no observaron efectos de la dieta sobre peso corporal, GDP y CMS; sin embargo, GP/CMS, ENm y ENg se vieron afectados por la dieta.

Experimento 2

El aumento de DCAB no afectó ($P > 0.10$) la digestión ruminal o total de MS, MO, NDF, N ni almidón ($P > 0.10$; Tabla 3). En trabajos previos (Zinn 1991; Zinn y Borquez 1993), en los cuales usando dietas en base a maíz roado al vapor se aumentó DCAB de 16 a 104 mEq / kg, no se observaron efectos sobre la digestión ruminal ni el grado de digestión de la MO, fibra, almidón o N.

Estos resultados difieren con los presentados por West et al. (1987a), quienes observaron mayor ingesta de materia seca y mayor digestibilidad de materia seca, fibra detergente ácida y fibra detergente neutra en vacas alimentadas con dietas suplementadas con 1.5% de bicarbonato de sodio, 1.25% o 1.85% de carbonato de potasio. De acuerdo con Rogers et al. (1982), lo anterior podría atribuirse a un aumento en la tasa de dilución ruminal. Los beneficios de aumentar la tasa de dilución pueden afectar positivamente la síntesis de proteína microbiana y, por lo tanto, el flujo de aminoácidos al intestino delgado (Hemsley, 1975). Teniendo en cuenta lo anterior y dado que no se observó ningún efecto de los tratamientos sobre el flujo de MO, NDF, N y almidón en el duodeno ($P > 0.10$), podemos suponer que el tipo y / o los niveles

de tampón utilizados en este experimento no fueron capaces para alterar la función del rumen, especialmente con respecto a la tasa de dilución. En trabajos iniciales (Emery y Brown, 1961), no fueron observados efectos de tratamiento en respuesta a la administración de suplementos de bicarbonato de potasio.

Tabla 3. Efecto de los tratamientos sobre las características ruminales y la digestión en tracto total (experimento 2).

	DCAB			Lineal	Cuadrática	CME
	34	84	134			
Repeticiones	3	3	3			
Consumo, g/d						
MS ¹	4309	4309	4309			
MO	4045	4045	4045			
NDF	647	647	647			
N	83	83	83			
Almidón	2011	2011	2011			
Flujo a Duodeno, g/d						
MO	2275	2250	2297	0.91	0.83	104
NDF	418	364	394	0.67	0.43	30
Almidón	596	627	657	0.58	0.99	57
N	98.4	94.3	95.5	0.71	0.70	4.2
N microbial	58.3	55.7	56.2	0.71	0.75	3.0
NNA	94.8	91.0	91.9	0.71	0.73	4.2
N del alimento	36.5	35.3	35.7	0.81	0.77	1.7
Digestión ruminal, g/kg						
MO	582	582	571	0.76	0.87	19
NDF	354	437	391	0.67	0.43	47
Almidón	704	688	673	0.58	0.99	28
N del alimento	563	577	572	0.81	0.77	21
Eficiencia microbiana ²	25.6	24.0	24.3	0.71	0.75	1.9
Eficiencia proteica ³	1.14	1.09	1.10	0.71	0.73	0.05
Excursión fecal, g/d						
MS	895	868	915	0.81	0.63	46.8
MO	770	752	795	0.77	0.68	45.3
NDF	328	294	315	0.79	0.52	25.1
Almidón	24.7	35.4	52.0	0.25	0.86	10.5
N	29.4	29.9	30.7	0.63	0.97	1.4
Digestión pos ruminal, g/kg del flujo a duodeno						
MO	660	664	652	0.71	0.63	11
NDF	210	190	163	0.52	0.96	38
Almidón	958	944	920	0.22	0.82	13
N	699	680	678	0.47	0.71	14
Digestión en tracto total, g/kg						
MS	792	799	788	0.81	0.63	11
MO	810	814	803	0.77	0.68	11
NDF	493	545	513	0.79	0.52	39
Almidón	988	982	974	0.25	0.86	5
N	647	641	632	0.63	0.97	17

¹ La ingesta de materia seca estuvo restringida a 22 g de alimento por kg de peso corporal

² Nitrógeno microbiano, g/kg de la MO fermentada.

³ Flujo de NNA al intestino delgado como una fracción de la ingesta de N

No se observaron efectos de los tratamientos ($P > 0.10$) sobre pH ruminal, AGV totales, o proporciones molares de acetato, propionato y butirato, o la producción estimada de metano (Tabla 4). Ross et al. (1994) no observaron efecto del aumento DCAB de -9 a +350 mEq / kg sobre las concentraciones molares ruminales de pH y VFA. Del mismo modo, Zinn y Bórquez (1993) observaron que el aumento DCAB de 16 a 104 mEq / kg no influyó sobre el pH ruminal, las proporciones molares de VFA o las estimaciones producción de metano. En otros casos (Russell et al., 1980; Zinn 1991), el aumento DCAB (de aproximadamente 15 a 120 mEq / kg) en las dietas de alto rendimiento aumentó el pH ruminal al mismo tiempo que las proporciones molares de propionato se disminuyeron.

Nuestros resultados concuerdan con los reportados por West et al. (1987b), quienes no observaron efectos de los tapones sobre el pH ruminal, los ácidos grasos volátiles o la digestibilidad de la materia seca o fibra en respuesta a la suplementación de carbonato de potasio a 0, 0.5 o 1.0% de MS.

Por su parte, Fredeen et al. (1998), reportaron que las dietas aniónicas aumentaban la concentración de iones H^+ en el fluido ruminal, mientras que las concentraciones de NH_4^+ aumentaban y las concentraciones de VFA disminuían. Al mismo tiempo, Tucker et al. (1988) observaron que el pH del flujo ruminal aumentaba a medida que aumentaba el DCAB. La disminución de

DCAB con el uso de sales aniónicas en la dieta redujo el pH del fluido del rumen (Vagnoni y Oetzel, 1998).

Tabla 4. Efecto de los tratamientos sobre pH ruminal y proporción molar de AGV (Experimento 2)¹

	DCAB			Lineal	Cuadrático	CME
	34	84	134			
pH ruminal	5.80	6.03	5.99	0.35	0.42	0.10
AGV total, mM	71.6	69.2	66.8	0.42	0.99	3.0
AGV ruminal , mol/100 mol						
Acetato	59.3	59.5	57.6	0.38	0.51	0.9
Propionato	27.8	27.6	28.4	0.87	0.88	2.0
Isobutirato	0.7	0.9	1.0	0.08	0.50	0.05
Butirato	8.7	9.1	10.4	0.25	0.69	0.7
Isovalerato	2.0	1.8	1.6	0.62	0.95	0.5
Valerato	1.4	1.0	0.9	0.09	0.30	0.1
Acetato/propionato	2.1	2.4	2.04	0.82	0.52	0.3
Metano ²	0.51	0.52	0.50	0.76	0.79	0.02

¹El consumo de material seca fue restringido al 2.2% del peso corporal.

²Producción de Metano (mol/mol glucosa fermentada) fue estimado en base al balance de fermentación teórico para la distribución molar observada de AGV (Wolin, 1960).

CONCLUSIÓN

Durante los períodos de alta temperatura ambiental, el aumento de DCAB de 34 a 134 mEq / kg de MS en dietas de finalización a base de maíz rolado a vapor para novillos Holstein no influyó de manera significativa sobre el comportamiento productivo en engorda, características ruminales ni digestión en tracto total.

LITERATURA CITADA

- Abu Damir, H. D., J. K. Scott, J. Thomson, J. G. Topps, W. Buchan, and K. Pennie. 1990. The effect of a change in blood acid-base status on body composition and mineral retention in growing lambs. *Anim. Prod.* 51: 527-34.
- Álvarez, C. J. L. 2001. *Bioquímica Nutricional y Metabólica del Bovino en el Trópico*. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. 201 p.
- Aguirre R. C. J., y W. López. 2004. Estado mineral de bovinos de doble propósito bajo pastoreo en Hidalgotitlán, Veracruz. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 43 p.
- AOAC. 1986. *Official methods of analysis*, 14th ed. Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemists. 155.
- Apper-Bossard, E., J. L. Peyraud, P. Faverdin, and F. Meschy. 2006. Changing dietary cation-anion difference for dairy cows fed with two contrasting levels of concentrate in diets. *J Dairy Sci.* 89:749-760.
- Austic, R. E., and C. C. Calved. 1981. Nutritional interrelationships of electrolytes and amino acids. *Fed Proc.* 1981. 40:63–67.
- Beighle, D. E., W. B. Tucker, and R. W. Hemken. 1988. Interactions of dietary catión-anión balance and phosphorus: effects on growth and serum inorganic phosphorus in dairy calves. *J Dairy Sci.* 71:3362-3368.
- Block, E. 1984. Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. *J. Dairy Sci.* 67:2939-2948.

- Chesson, A., and C. W. Forsberg, 1988. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. en: The rumen microbial ecosystem. P.N. Hobson, Ed. Elsevier. NY. Pág, 251-284.
- Colgan, S., and T. L. Mader. 2007. Feeding potassium bicarbonate and sodium chloride in finishing diets. Nebraska Beef Cattle Rep. 82:7779. <http://Digitalcommons.unl.edu/animalscinber/82>
- Church, C. D. 1988. El Rumiante, Fisiología Digestiva y Nutrición. Edición en lengua español. 1993. Editorial Acribia, S.A.
- de Blas, C., C. Resch, J. Amor, y P. García. 1998. Utilización de sales aniónicas en dietas para vacas secas. En: FEDNA 1998, XIV Curso de Especialización, AVANCES EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL, pp. 32-40.
- DeGroot, M. A., E. Block, and P. D. French. 2010. Effect of prepartum anion supplementation on periparturient feed intake, health, and milk production. J. Dairy Sci. 93:5268-5279.
- Den Hartog, L. A., T. A. G. Schamp, R. A. B. Mors, M. W. A. Verstegen, and L. G. M. van Gils. 1989. The effect of dietary electrolyte balance on blood parameters and the performance of veal calves. Livest. Prod. Sci. 21:213-222.
- Emery, R. S., and L. D. Brown. 1961. Effect of feeding sodium and potassium bicarbonate on milk fat, rumen pH, and volatile fatty acid production. J. Dairy Sci. 44:1899-1902.

- Espino, L., M. L. Suárez, G. Santamarina, A. Goicoa, y L. E. Fidalgo. 2004. Utilización de las sales aniónicas en la prevención de la paresia puerperal hipocalcémica. Arch. Med. Vet., vol. XXXVII N° 1, 2004, Pp. 7-13.
- Fick, K. R., L. R. McDowell, and R. H. Houser. 1978. Current status of mineral research in Latin America. In: Symposium on mineral nutrition research with grazing ruminant. Conrad, J. H., and L. R. McDowell (ed.). University of Florida, Gainesville. pp: 149-162.
- Fredeen, A. H., E. J. DePeters, and R. L. Baldwin. 1988. Characterization of acid-base disturbances and effects on calcium and phosphorus balances of dietary futed ions in pregnant or lactating does. J. Anim. Sci. 66:159-173.
- Galyean, M. L., D. G. Wagner, and R. R. Johnson. 1976. Site and extent of starch digestion in steers fed processed corn rations. J. Anim. Sci. 43:1088-1094.
- Georgievskii, V. I., B. N. Annenkov, and V. T. Samokhin. 1982. Mineral Nutrition of Animals. Ed. Butterworths. London, UK. 475 p.
- Goff, J. P., R. Ruiz, and R. L. Horst. 2004. Relative acidifying activity of anionic salts commonly used to prevent milk fever. J. Dairy Sci. 87:1245-1255.
- Hemsley, R. W. 1975. Potassium requiremenr of the dairy cow. Feed Manag. 26:7.
- Hicks, C. R. 1973. Fundamental Concepts in the Design of experiments. Holt, Rinehart and Winston, New York.

- Hill, F. N., and D. L. Anderson. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive determinations with growing chicks. *J. Nutr.* 64:587-603.
- Horst, R. L., J. P. Goff, T. A. Reinhardt, and D. R. Buxton. 1997. Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 80:1269-1280.
- Huala, S. 2012. Manejo de las dietas anionicas en bovinos. Facultad de Ciencias Veterinarias. Buenos Aires. Pag. 5-22.
- Huntington, G. B. 1997. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *J. Anim. Sci.* 75:852-867.
- Hutcheson, D. P., N. A. Cole, and J. B. McLaren. 1984. Effects of pretransit diets and post-transit potassium levels for feeder calves. *J. Anim. Sci.* 58:700-707.
- Isneiro, B. M. 1999. Importancia de las sales catiónicas-aniónicas en la alimentación de vacas lecheras. FONAIAP DIVULGA, N° 63 Pp. 1 http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd63/tex (Consulta: Julio 2017).
- Jackson, D., M. Hopkins, Z. Xin, and R. W. Hemken. 1992. Influence of cation-anion balance on feed intake, body weight gain, and humoral response of dairy calves. *J. Dairy Sci.* Vol. 75: 1281-1286
- Jackson, J. A. and R. W. Hemken. 1994. Calcium and cation-anion balance effects on feed intake, body weight gain, and humoral response of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 77:1430-1436.

- Lofgreen, G. P. and W. N. Garrett. 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 27:793-806.
- Luebke, M. K., G. E. Erickson, T. J. Klopfenstein, M. A. Greenquist, and J. R. Benton. 2011. Effect of dietary cation–anion difference on urinary pH, feedlot performance, nitrogen mass balance, and manure pH in open feedlot pens. *J. Anim. Sci.* 89:489-500.
- Mader, T. L., M. S. Davis, and T. Brown-Brandl. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84:712-719.
- Mongin, P. 1981. Recent advances in dietary anion-cation balance: applications in poultry. *Proc. Nutr. Soc.* 40:285-294.
- McDowell, L. R., y J. D. Arthington. 2005. Minerals for grazing ruminants in tropical regions. No. Ed. 4. University of Florida. Gainesville, Florida. USA. 94 p.
- NRC. 1996. Nutrient requirement of beef cattle. 6th Rev. Ed. Washington, DC: National Academy Press.
- NRC. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 6th edn. National Academic Press, Washington, DC.
- Ørskov, E. R., and M. Ryle. 1998. Energy nutrition in ruminant. Chalcombe Publications. Painshall, Church Lane, Welton, Lincoln, LN2 3LT, UK.
- SAGARPA. INIA-CIANO. 2007. Guía para la asistencia técnica agrícola: área de influencia del CAEMEXI.ED.CAEMEXI, 2da Ed. Mexicali, B.C. México.

SAS. 2004. SAS/STAT user's guide: Version 9.1. Cary (NC): SAS Institute.

Suttle, N. F. 2010. Mineral Nutrition of Livestock. 4th Edition. CABI Publishing. United Kingdom. 587 p.

Patience, J. F., and M. S. Wolynetz. 1990. Influence of dietary undetermined anion on acid-base status and performance in pigs. J. Nutr. 120:579-587.

Pfander, W. H. 1971. Animal nutrition in the tropics-problems and solutions. J. Anim. Sci. 33:843-849.

Preston, T. R. 1982. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. J. Anim. Sci. 54:877-884.

Rogers, J. A., C. L. Davis and J. H. Clark. 1982. Alteration of rumen fermentation, milk fat synthesis and nutrient utilization with mineral salts in dairy cows. J. Dairy Sci. 65:577- 586.

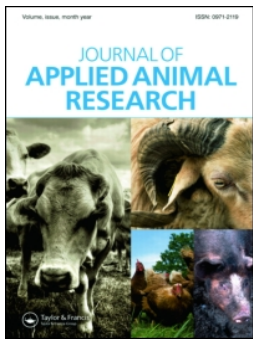
Russell, J. R., A. W. Young, and N. A. Jorgensen. 1980. Effect of sodium bicarbonate and limestone additions to high grain diets on feedlot performance and ruminal and fecal parameters in finishing steers. J. Anim. Sci. 51:996-1002.

Schonmaker, J.P., K. T. Korn, K. N. Condon, C. N. Shee, M. C. Claeys, T. D. Nennich, and R. P. Lemnager. 2013. Effect of decreasing dietary cation anion difference on feedlot performance, carcass characteristics, and beef tenderness. J. Anim. Sci. 91:5762-5768.

- Sexson, J. L., J. J. Wagner, T. E. Engle, and J. W. Spears. 2010. Effects of water quality and dietary potassium on performance and carcass characteristics of yearling steers. *J. Anim. Sci.* 88:296-305.
- Sexson, J. L., J. J. Wagner, T. E. Engle and J. W. Spears. 2010. Effects of water quality and dietary potassium on performance and carcass characteristics of yearling steers. *J. Anim. Sci.* 88:296-305.
- Spears, J. W., K. E. Lloyd, and R. S. Fry. 2011. Tolerance of cattle to high dietary sulfur and effect of dietary cation-anion balance. *J. Anim. Sci.* 89:2502-2509.
- USDA. 1997. United States Standards for Grading of Carcass Beef. Agricultural Marketing Service, United States Dep. Agric. Washington, DC.
- Vagnoni, D. B., and G. R. Oetzel. 1998. Effects of dietary cation-anion difference on the acid-base status of dry cows. *J. Dairy Sci.* 81:1643-1652.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Van Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant animal. Cornell University press, Ithaca, New York.
- West, J. W., B. G. Mullinix, and T. G. Sandifer. 1991. Changing dietary electrolyte balance for dairy cows in cool and hot environments. *J. Dairy Sci.* 74:1662-1674.

- West J. W., C. E. Coppock, K. Z. Milam, D. H., and J. M. Labore. 1987. Potassium carbonate as a potassium source and dietary buffer for lactating holstein cows during hot weather. *J. Dairy Sci.* 70: 309-320.
- West, J. W., K. Z. Coppock, D. H. Nave, J. M. Labore, and L. W. Greene. 1987. Effects of potassium carbonate and sodium bicarbonate on rumen function in lactating holstein cows. *J. Dairy Sci.* 70: 81-90.
- Zinn RA, Borquez JL. 1993. Influence of sodium bicarbonate and monensin on utilization of a fat-supplemented, high-energy growing-finishing diet by feedlot cattle. *J Anim Sci.* 71:18–25.
- Zinn RA, Owens FN. 1986. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. *Can J Anim Sci.* 66:157–166.
- Zinn RA. 1990. Influence of steaming time on site digestion of flaked corn in steers. *J Anim Sci.* 68:776–781.
- Zinn RA. 1991. Comparative feeding value of steam-flaked corn and sorghum in finishing diets supplemented with or without sodium bicarbonate. *J Anim Sci.* 69:905–916.
- Zinn RA, Shen Y. 1998. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. *J Anim Sci.* 76:1280–1289.

ANEXOS



Influence of dietary cation–anion difference in finishing diets fed to Holstein steers during periods of high ambient temperature on feedlot performance and digestive function

Carlos Antonio Pacheco, Martin Francisco Montano-Gomez, Noemi Guadalupe Torrentera, Jaime Salinas-Chavira, Jose de Jesus Ortiz, Aris Bionel Cano & Ricard Avery Zinn

To cite this article: Carlos Antonio Pacheco, Martin Francisco Montano-Gomez, Noemi Guadalupe Torrentera, Jaime Salinas-Chavira, Jose de Jesus Ortiz, Aris Bionel Cano & Ricard Avery Zinn (2018) Influence of dietary cation–anion difference in finishing diets fed to Holstein steers during periods of high ambient temperature on feedlot performance and digestive function, Journal of Applied Animal Research, 46:1, 729-733, DOI: [10.1080/09712119.2017.1392311](https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1392311)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/09712119.2017.1392311>



© 2017 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group



Published online: 24 Oct 2017.



Submit your article to this journal [↗](#)



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

Influence of dietary cation–anion difference in finishing diets fed to Holstein steers during periods of high ambient temperature on feedlot performance and digestive function

Carlos Antonio Pacheco^a, Martin Francisco Montano-Gomez^a, Noemi Guadalupe Torrentera^a, Jaime Salinas-Chavira^b, Jose de Jesus Ortiz^a, Aris Bionel Cano^a and Ricard Avery Zinn^c

^aDepartment of Nutrition and Biotechnology of Ruminants, Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias – UABC, Mexicali, México;

^bDepartment of Animal Nutrition, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Victoria, México;

^cDepartment of Animal Science, University of California, Davis, CA, USA

ABSTRACT

One hundred twenty-six Holstein steers (457.1 ± 27.5 kg BW) were used in a 127-d experiment to evaluate the influence of dietary cation–anion difference (DCAD) on growth performance and carcass characteristics. Treatments consisted of steam-flaked corn-based diets supplemented to provide DCAD of 34, 84 or 134 mEq/kg diet DM. There was no treatment effect ($P > .20$) on ADG, DMI, gain efficiency or dietary NE. Six Holstein steers (196 ± 3 kg) with cannulas in rumen and proximal duodenum were used in a replicated 3×3 Latin Square design to evaluate treatment effects on digestion characteristics. The DCAD did not affect ($P > .20$) ruminal or total digestion of OM, NDF, starch and N, or ruminal pH and VFA molar proportions. It is concluded that increasing DCAD of Holstein steers fed a conventional steam-flaked corn-based diet under conditions of high ambient temperature will not enhance growth performance.

ARTICLE HISTORY

Received 7 June 2017

Accepted 12 September 2017

KEYWORDS

Cation–anion; heat stress; growth performance; digestion; cattle

1. Introduction

The anion–cation difference (DCAD) is represented as the possible negative or positive charge produced by nonmetabolizable dietary ion mixtures (Tucker et al. 1988). In its simplest form, DCAD is the difference in concentration of the major cations (Na + K) and anions (Cl + S) per kg of diet DM (Block 1984; Beighle et al. 1988). Diets with low or negative DCAD decrease blood and urine pH, and increase blood Ca solubility (Apper-Bossard et al. 2006). Heat stress increases respiratory CO₂ loss (respiratory alkalosis), and Na and K loss (coupled with bicarbonate ions) via elevated sweat and urine production. In principle, corrections in blood acid–base balance and associated electrolyte losses may be achieved through modification of the DCAD. Diets formulated with DCAD of 250 mEq/kg DM have been recommended for optimal growth in chickens (Mongin 1981) and pigs (Austic and Calved 1981; Patience et al. 1987), and 200–370 mEq/kg DM for optimal milk yield in lactating dairy cattle (Tucker et al. 1988; West et al. 1991). The DCAD is usually manipulated by the addition of weak buffers such as NaHCO₃, KHCO₃ and K₂CO₃. In ruminants, dietary modifications of this nature may, of themselves, directly alter ruminal pH, with associated effects on ruminal microbial efficiency, digestion and DMI. Changes in dietary salt concentrations to bring about modifications in DCAD may also directly affect diet palatability or acceptability, and hence, DMI. The influence of DCAD modifications on performance of feedlot cattle has received limited attention. Colgan and Mader (2007) evaluated

effects of DCAD on ability of cross-bred yearling feedlot steers to cope with moderate (average maximum temperature, 29.4° C; average relative humidity, 74%) summer heat stress during the final 67 d on feed. Increasing DCAD of dry rolled corn-based finishing diet from 91 to 294 mEq/kg did not affect ADG, DMI or gain efficiency. Ross et al. (1994) evaluated effects of DCAD on 84-d feedlot performance of cross-bred steers fed a cracked corn-based finishing diet (climatic conditions or season were not specified). Increasing DCAD from approximately 40 to 350 mEq/kg decreased DMI and ADG, but did not affect gain efficiency.

The role of DCAD on growth performance of calf-fed Holstein steers has not been directly assessed. During periods of high ambient temperature characteristic of the desert Southwest (USA), DMI, and hence, ADG and gain efficiency of Holstein steers are markedly depressed. This depression is most apparent during the late finishing phase (Torrentera et al. 2017). The objective of this study was to evaluate the potential benefit of increasing DCAD in finishing diets on performance of Holstein steers when the late finishing phase coincides with the summer period of very high ambient temperature.

2. Materials and methods

All procedures involving animal care and management were in accordance with and approved by the University of California, Davis, Animal Use and Care Committee.

CONTACT Martin Francisco Montano-Gomez  martinmg@uabc.edu.mx  Department of Nutrition and Biotechnology of Ruminants, Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias – UABC, Mexicali, Baja California, México

© 2017 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Experiment 1: Influence of dietary cation–anion balance in finishing diets during a period of high ambient temperature on growth performance, dietary energetics and carcass characteristics

Experimental location

This trial was conducted at the Desert Research Center of the University of California, Davis, during the period of (May–September) (127-d feeding trial). The Desert Research Center is located in the Imperial Valley, California (32° 47' 31" N and 115° 33' 47" W). It is about 16 m below sea level and under Sonoran desert conditions (*BWh* classification according to Köppen). This region is characterized as dry and arid with extreme temperatures in summer ($\geq 42^{\circ}\text{C}$), and an average annual precipitation of 85 mm.

Weather measurement and THI estimation

Climatic variables (ambient temperature, relative humidity, solar radiation, black globe temperature and wind speed) were obtained every 30 min from an on-site weather station (UC Agriculture Field station) throughout the experimental period. The temperature humidity index was calculated using the following formula: $\text{THI} = 0.81 \times T + \text{RH} (T - 14.40) + 46.40$ (Mader et al. 2006).

Animal management

One hundred twenty-six calf-fed Holstein steers (457.1 ± 27.5 kg BW) were used in a 127-d experiment to evaluate the influence of increasing levels of dietary cation–anion balance (DCAD) during the seasonally hot months of May through September on growth performance and carcass characteristics. Steers were blocked by weight and randomly assigned within weight groupings to 18 pens (7 steers per pen). Pens were 43 m² with 22 m² overhead shade, automatic waterers and 2.4 m fence-line feed bunks.

Treatments

Three dietary DCAD levels were evaluated: 34, 84 and 134 mEq/kg diet DM, where $\text{DCAD} = (\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S})$. Dietary DCAD levels were obtained by supplementation of a steam-flaked corn-based finishing diet with 0, 5 or 10 g $\text{KHCO}_3/\text{kg DM}$, respectively (Table 1). Steers were allowed ad libitum access to feed and water. Fresh feed was added twice daily. On day 35, steers were implanted Synovex-Plus® (Zoetis Inc., Kalamazoo, MI).

Estimations of performance and dietary energy

Energy gain (EG, Mcal/d) was calculated by the equation: $\text{EG} = \text{ADG}^{1.095} \times 0.0557\text{W}^{0.75}$ (NRC 1984). Maintenance energy (EM, Mcal/d) was calculated by the equation: $\text{EM} = 0.084\text{W}^{0.75}$ (Lofgreen and Garrett 1968). From the derived estimates of energy required for maintenance and gain, the NEm and NEg values of the diet were obtained using the quadratic formula: $x = (-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac})/2a$, where $a = -1.716\text{EM}$, $b = 0.877\text{EM} + 1.716\text{DMI} + \text{EG}$ and $c = -0.877\text{DMI}$, and $\text{NEg} = 0.877$, $\text{NEm} = -1.716$ (Zinn and Shen 1998).

Statistical analyses

For calculating steer performance, initial and final full weights were reduced 4% to account for digestive tract fill. Pens were

Table 1. Composition of experimental diets fed to steers (Experiments 1 and 2)^a.

Item	DCAD, mEq/kg DM		
	34	84	134
Ingredient composition, g/kg DM basis			
Alfalfa, hay	120.0	120.0	120.0
Steam-flaked corn	747.8	742.8	737.8
Yellow grease	40.0	40.0	40.0
Cane molasses	60.0	60.0	60.0
Urea	10.0	10.0	10.0
Limestone	12.0	12.0	12.0
Potassium bicarbonate	0.00	5.00	10.0
Magnesium oxide	2.2	2.2	2.2
Dicalcium phosphate	4.0	4.0	4.0
Trace mineral salt ^b	4.0	4.0	4.0
Net energy			
NEm, Mcal/kg	9.37	9.33	9.25
NEg, Mcal/kg	6.49	6.44	6.40
Nutrient composition, g/kg DM basis ^c			
CP	126.6	126.1	125.7
NDF	117.7	117.3	116.8
Ether extract	75.3	75.1	74.9
Calcium	8.0	8.0	8.0
Phosphorus	3.4	3.4	3.4
Sodium	1.9	1.9	1.9
Chlorine	5.1	5.1	5.1
Potassium	8.0	10.0	11.9
Magnesium	2.9	2.9	2.9
Sulphur	2.0	2.0	2.0

^aChromic oxide (0.40%) was added as digesta marker in Experiment 2.

^bTrace mineral salt contained: CoSO_4 , 0.68%; CuSO_4 , 1.04%; FeSO_4 , 3.57%; ZnO , 1.24%; MnSO_4 , 1.07%; KI , 0.052%; and NaCl , 92.96%.

^cBased on tabular values for individual feed ingredients (NRC, 1996).

used as experimental units (six pens per treatment). Data were analysed as a randomized complete block design experiment (Hicks 1973) using the GLM procedure (SAS Inst. Inc., Cary, NC). The effects of increasing levels of DCAD in diet on response variables were tested for linear and quadratic components by means of polynomial contrasts, with contrast coefficients adjusted for unequal spacing.

Experiment 2, influence of dietary cation–anion balance in finishing diets on digestion characteristics

Animals and sampling

Six Holstein steers (196 ± 3 kg) with cannulas in rumen and proximal duodenum were used in a replicated 3×3 Latin Square Design to evaluate treatment effects on characteristics of digestion. Diets were the same as in Experiment 1 with the addition of 0.4% chromic oxide as a digestion marker. Steers were maintained in individual pens with access to water at all times. Diets were fed at 08:00 and 20:00 daily. Dry matter intake was restricted to 22 g feed/kg BW.

The experiment consisted of 3 experimental periods of 14 d each; 10-d diet adjustment followed by 4-d collection. During the collections, duodenal and fecal samples were taken from each steer, twice daily over a period of 4 successive days as follows: day 1, 07:50 and 13:50; day 2, 09:00 and 15:00; day 3, 10:50 and 16:50; and day 4, 12:00 and 18:00. Individual samples consisted of approximately 500 mL duodenal chyme and 200 g (wet basis) fecal material. Samples from each steer and within each collection period were composited for analysis. During the final day of each collection period, ruminal samples were obtained from each steer at approximately 4 h after feeding for ruminal pH, and subsequently, 2 mL of freshly prepared 25%

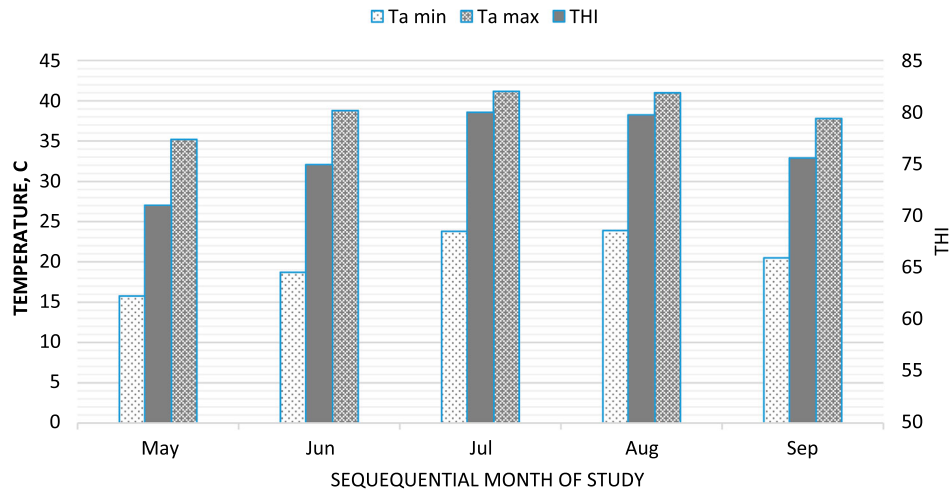


Figure 1. Sequential monthly average minimum and maximum air temperature (Ta) and temperature humidity index (THI) during the course of the study.

Table 2. Treatment effects on growth performance and dietary NE of Holstein steers during the late finishing phase (last 127 d on feed, Experiment 1).

Item	DCAD, mEq/kg DM			Linear	Quadratic	SEM
	34	84	134			
Pen replications	6	6	6			
Body weight ^a , kg						
Initial	454.8	458.0	458.6	0.22	0.41	2.1
Final	596.1	593.6	596.9	0.86	0.46	3.1
ADG, kg/d	1.11	1.07	1.09	0.51	0.30	0.02
DMI, kg/d	8.75	8.80	8.80	0.74	0.86	0.12
ADG/DMI	0.128	0.121	0.124	0.34	0.21	0.003
Dietary NE, Mcal/kg						
Maintenance ^b	2.22	2.16	2.19	0.47	0.29	0.03
Gain ^c	1.53	1.48	1.51	0.47	0.29	0.03
Observed/expected NE						
Maintenance	0.991	0.970	0.987	0.83	0.29	0.014
Gain	0.989	0.962	0.983	0.82	0.29	0.017

^aInitial and final live weights reduced 4% to account for fill.

^bKidney, pelvic and heart fat as a percentage of carcass weight.

^cUsing 3.0 as minimum slight, 4.0 as minimum small, 5.0 as moderate and 6 as slightly abundant.

(w/v) metaphosphoric acid was added to 8 mL of strained ruminal fluid. Samples were then centrifuged (17,000× for 10 min) and supernatant fluid stored at −20°C for VFA analysis.

Sample analysis and calculations

Upon completion of the trial, ruminal fluid was obtained from all steers and composited for isolation of ruminal bacteria via differential centrifugation (Bergen et al. 1968). Feed, duodenal and fecal samples were oven dried at 105°C until no further weight was lost, ground in a lab mill (Micro-Mill; Bel-Arts Products, Pequannock, NJ) and stored in tightly sealed glass jars for further analysis. Samples were subjected to all or part of the following analysis: DM (oven drying at 105°C until no further weight loss); ash; ammonia N; Kjeldahl N (981.10; AOAC 1986); aNDFom (Van Soest et al. 1991); purines (Zinn and Owens 1986); chromic oxide (Hill and Anderson 1958); starch (Zinn 1990). Microbial OM (MOM) and N (MN) leaving the abomasum were calculated using purines as a microbial marker (Zinn and Owens 1986). Organic matter fermented in the rumen (OMF) was considered equal to OM intake minus the difference between the amount of total OM reaching the duodenum and MOM reaching the duodenum. Feed N escape to the small intestine was considered equal to total N leaving

the abomasum minus ammonia-N and MN and, thus, includes any endogenous contributions.

Methane production was calculated based on the theoretical fermentation balance for observed molar distribution of VFA and OM fermented in the rumen (Wolin 1960). Primary assumptions are that VFA, CO₂ and methane are the sole end products of fermentation and that glucose represents the fermentable substrate (OM fermented is expressed as glucose equivalent).

Data analysis and statistics

Data were analysed as a replicated 3 × 3 Latin Square Design (Hicks 1973) using the GLM procedure (SAS Inst. Inc., Cary, NC). The effects of increasing levels of DCAD in diet on response variables were tested for linear and quadratic components by means of polynomial contrasts with contrast coefficients adjusted for unequal spacing.

3. Results and discussion

Experiment 1

There was no precipitation during the study. Relative humidity averaged 38%. Minimum and maximum ambient temperatures

Table 3. Treatment effects on characteristics of ruminal and total tract digestion (Experiment 2).

Item	DCAD, mEq/kg DM			Linear	Quadratic	SEM
	34	84	134			
Steer replications	3	3	3			
Intake, g/d						
DM ^a	4309	4309	4309			
OM	4045	4045	4045			
NDF	647	647	647			
N	83	83	83			
Starch	2011	2011	2011			
Flow to the duodenum, g/d						
OM	2275	2250	2297	0.91	0.83	104
NDF	418	364	394	0.67	0.43	30
Starch	596	627	657	0.58	0.99	57
N	98.4	94.3	95.5	0.71	0.70	4.2
Microbial N	58.3	55.7	56.2	0.71	0.75	3.0
Non-ammonia	94.8	91.0	91.9	0.71	0.73	4.2
N						
Feed N	36.5	35.3	35.7	0.81	0.77	1.7
Ruminal digestion, g/kg						
OM	582	582	571	0.76	0.87	19
NDF	354	437	391	0.67	0.43	47
Starch	704	688	673	0.58	0.99	28
Feed N	563	577	572	0.81	0.77	21
Microbial efficiency ^b	25.6	24.0	24.3	0.71	0.75	1.9
Protein efficiency ^c	1.14	1.09	1.10	0.71	0.73	0.05
Fecal excretion, g/d						
DM	895	868	915	0.81	0.63	46.8
OM	770	752	795	0.77	0.68	45.3
NDF	328	294	315	0.79	0.52	25.1
Starch	24.7	35.4	52.0	0.25	0.86	10.5
N	29.4	29.9	30.7	0.63	0.97	1.4
Post-ruminal digestion, g/kg of flow to duodenum						
OM	660	664	652	0.71	0.63	11
NDF	210	190	163	0.52	0.96	38
Starch	958	944	920	0.22	0.82	13
N	699	680	678	0.47	0.71	14
Total tract digestion, g/kg						
DM	792	799	788	0.81	0.63	11
OM	810	814	803	0.77	0.68	11
NDF	493	545	513	0.79	0.52	39
Starch	988	982	974	0.25	0.86	5
N	647	641	632	0.63	0.97	17

^a Dry matter intake was restricted to 22 g feed/kg BW.^b Microbial N, g/kg OM fermented.^c Non-ammonia N flow to the small intestine as a fraction of N intake.

averaged 20.5 and 38.8°C, respectively. The daily average and maximum THI were 76.2 ± 3.7 and 82.6 ± 2.9 , respectively (Figure 1). In accordance with nominal coding (Normal THI < 74; Alert 75 < THI < 78; Danger 79 < THI < 83; and Emergency

THI > 84; Mader et al. 2006), cattle experienced 'alert' or greater ambient conditions throughout the course of the study.

During the late finishing phase (last 127 d on feed), and notwithstanding the elevated THI, increasing DCAD did not affect ($P > .20$) ADG, DMI, gain efficiency or dietary NE (Table 2). Colgan and Mader (2007) observed that addition of 2.1% KHCO_3 to increase the DCAD of a dry rolled corn-based finishing diet from 91 to 294 mEq/kg did not affect ADG or gain efficiency of angus-cross steers during their late finishing phase (average daily THI, 71.4). The addition of KHCO_3 did, however, increase water intake 22% (from 2.92 to 3.61 L/kg DMI). In contrast, the addition of 1.1% NaCl did not affect water intake. Likewise, Luebke et al. (2011) did not observe an effect of DCAD (−160 vs +200 mEq/kg DM) on growth performance of feedlot steers during a summer finishing period (June through October). In a 113-d trial conducted during the summer months of June through September, Sexson et al. (2010) observed that increasing the DCAD level from 37 to 102 mEq/kg DM in a steam-flaked corn-based finishing diet did not affect ADG. However, it increased (3.2%) estimated dietary NE. They attributed this response to a potential buffering effect of the added K_2CO_3 , as increasing DCAD also tended to reduce the incidence of liver abscess. Ross et al. (1994) evaluated effects of DCAD on 84-d feedlot performance of cross-bred steers fed a cracked corn-based finishing diet (climatic conditions or season were not specified). Increasing DCAD from approximately 40 to 350 mEq/kg decreased DMI and ADG, but did not affect gain efficiency.

Experiment 2

Increasing DCAD did not affect ($P > .20$) ruminal or total digestion of DM, OM, NDF, N or starch ($P > .20$; Table 3). The influence of DCAD, on site and extent of digestion of feedlot diets has received limited attention. Likewise, increasing DCAD of a steam-flaked corn-based finishing diet from 16 to 104 mEq/kg did not influence ruminal site and extent of digestion of OM, fibre, starch or N (Zinn 1991; Zinn and Borquez 1993).

There were no treatment effects ($P > .20$) on ruminal pH, total VFA, or molar proportions of acetate, propionate and butyrate, or estimated methane production (Table 4). Ross et al. (1994) did not observe an effect of increasing DCAD from −9 to +350 mEq/kg in a cracked corn-based finishing diet on ruminal pH and VFA molar concentrations. Likewise, Zinn and Borquez (1993) observed that increasing DCAD of a steam-flaked corn-based finishing diet from 16 to 104 mEq/kg did not influence ruminal pH, VFA molar proportions or estimated methane production. In other instances (Russell et al. 1980; Zinn 1991), the increasing DCAD (from approximately 15 to 120 mEq/kg) in high grain finishing diets increased ruminal pH and decreased propionate molar proportions.

4. Conclusion

During periods of high ambient temperature, increasing DCAD from 34 to 134 mEq/kg DM in a steam-flaked corn-based finishing diet did not appreciably influence feedlot growth performance of Holstein steers or characteristics of ruminal and total tract digestion.

Table 4. Treatment effects on ruminal pH and VFA molar proportions and estimated methane production (Experiment 2)^a.

Item	DCAD, mEq/kg DM			Linear	Quadratic	SEM
	34	84	134			
Ruminal pH	5.80	6.03	5.99	0.35	0.42	0.10
Total VFA, mM	71.6	69.2	66.8	0.42	0.99	3.0
Ruminal VFA, mol/100 mol						
Acetate	61.9	61.9	59.7	0.40	0.61	1.2
Propionate	29.1	28.6	29.5	0.91	0.84	1.9
Butyrate	9.0	9.5	10.8	0.28	0.71	0.7
Acetate/propionate	2.1	2.4	2.04	0.82	0.52	0.3
Methane ^b	0.51	0.52	0.50	0.76	0.79	0.02

^a Dry matter intake was restricted to 2.2% of BW.^b Methane production (mol/mol glucose equivalent fermented) was estimated based on the theoretical fermentation balance for observed molar distribution of VFA (Wolin 1960).

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

References

- AOAC. 1986. Official methods of analysis, 14th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. 155.
- Apper-Bossard E, Peyraud JL, Faverdin P, Meschy F. 2006. Changing dietary cation–anion difference for dairy cows fed with two contrasting levels of concentrate in diets. *J Dairy Sci.* 89:749–760.
- Austic RE, Calved CC. 1981. Nutritional interrelationships of electrolytes and amino acids. *Fed Proc.* 40:63.
- Beighle DE, Tucker WB, Hemken RW. 1988. Interactions of dietary cation–anion balance and phosphorus: effects on growth and serum inorganic phosphorus in dairy calves. *J Dairy Sci.* 71:3362–3368.
- Bergen WG, Purser DB, Cline JH. 1968. Effect of ration on the nutritive quality of rumen microbial protein. *J Anim Sci.* 27:1497–1501.
- Block E. 1984. Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. *J Dairy Sci.* 67:2939–2948.
- Colgan S, Mader TL. 2007. Feeding potassium bicarbonate and sodium chloride in finishing diets. *Nebraska Beef Cattle Rep.* 82:77–79. <http://digitalcommons.unl.edu/animalscinber/82>
- Hicks CR. 1973. Fundamental concepts in the design of experiments. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Hill FN, Anderson DL. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive determinations with growing chicks. *J Nutr.* 64:587–603.
- Lofgreen GP, Garrett WN. 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *J Anim Sci.* 27:793–806, 1968.
- Luebke MK, Erickson GE, Klopfenstein TJ, Greenquist MA, Benton JR. 2011. Effect of dietary cation–anion difference on urinary pH, feedlot performance, nitrogen mass balance, and manure pH in open feedlot pens. *J Anim Sci.* 89:489–500.
- Mader TL, Davis MS, Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J Anim Sci.* 84:712–719.
- Mongin P. 1981. Recent advances in dietary anion–cation balance: applications in poultry. *Proc Nutr Soc.* 40:285–294.
- NRC. 1996. Nutrient requirement of beef cattle. 6th Rev. Ed. Washington, DC: National Academy Press.
- Patience JF, Austic RE, Boyd RD. 1987. Effect of dietary electrolyte balance on growth and acid–base status in swine. *J Anim Sci.* 64:457.
- Ross JG, Spears JW, Garlich JD. 1994. Dietary electrolyte balance effects on performance and metabolic characteristics in finishing steers. *J Anim Sci.* 72:1600–1607.
- Russell JR, Young AW, Jorgensen NA. 1980. Effect of sodium bicarbonate and limestone additions to high grain diets on feedlot performance and ruminal and fecal parameters in finishing steers. *J Anim Sci.* 51:996–1002.
- Sexson JL, Wagner JJ, Engle TE, Spears JW. 2010. Effects of water quality and dietary potassium on performance and carcass characteristics of yearling steers. *J Anim Sci.* 2009. 88:296–305.
- Torrentera N, Plascencia A, Salinas-Chavira J, Zinn RA. 2017. Influence of implant strategy on growth performance and carcass characteristics of calf-fed Holstein steers. *Prof Anim Sci.* 33:327–333.
- Tucker WB, Harrison GA, Hemken RW. 1988. Influence of dietary cation–anion balance on milk, blood, urine, and rumen fluid in lactating dairy cattle. *J Dairy Sci.* 71:346–354.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci.* 74:3583–3597.
- West JW, Mullinix BG, Sandifer TG. 1991. Changing dietary electrolyte balance for dairy cows in cool and hot environments. *J Dairy Sci.* 74:1662–1674.
- Wolin MJ. 1960. A theoretical rumen fermentation balance. *J Dairy Sci.* 43:1452–1459.
- Zinn RA, Borquez JL. 1993. Influence of sodium bicarbonate and monensin on utilization of a fat-supplemented, high-energy growing-finishing diet by feedlot cattle. *J Anim Sci.* 71:18–25.
- Zinn RA, Owens FN. 1986. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. *Can J Anim Sci.* 66:157–166.
- Zinn RA. 1990. Influence of steaming time on site digestion of flaked corn in steers. *J Anim Sci.* 68:776–781.
- Zinn RA. 1991. Comparative feeding value of steam-flaked corn and sorghum in finishing diets supplemented with or without sodium bicarbonate. *J Anim Sci.* 69:905–916.
- Zinn RA, Shen Y. 1998. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. *J Anim Sci.* 76:1280–1289.

Interaction of tannin and buffer supplementation on feedlot growth-performance, energetics, and digestive function in light-weight calf-fed Holstein steers during the initial growing phase

M. F. Montano^a, J. Ortiz^a, C. Pacheco^a, J. Salinas^b, N. Torrentera^a and R. A. Zinn^{c1}

^aInstituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México

^bFacultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, México

^cDepartment of Animal Science, University of California, Davis, CA, USA

ABSTRACT: In experiment 1, one hundred fifty calf-fed Holstein steers were used to evaluate the effects of level supplemental buffer (0 and 1 %, of DM basis), and condensed tannin (0, 0.2, and 0.4 %, DM basis) in a conventional steam-flaked corn-based growing-finishing diet on feedlot growth-performance. There were no interactions ($P > .10$). Neither supplemental buffer nor tannin affected growth-performance. Dry matter intake was 8% greater than expected based on daily weight gain. This decrease efficiency is consistent with the dietary deficiency in metabolizable methionine and lysine. In experiment 2, six Holstein steers with cannulas in the rumen and proximal duodenum were used to evaluate treatment effects on characteristics of ruminal and total tract digestion. There were no treatment interactions ($P > 0.10$). Tannin supplementation decreased (4%, $P = 0.03$) ruminal OM digestion. Supplemental buffer decreased (3.4%, $P = 0.03$) ruminal OM digestion, but increased (1.2% $P = 0.01$) total tract OM digestion. Likewise, supplemental

¹ Corresponding author. Email: mmontano5@yahoo.com

buffer decreased ruminal feed N degradation (8.1%, $P = 0.02$). Tannin supplementation decreased (linear effect, $P = 0.03$) ruminal pH. Whereas, supplemental buffer increased ($P = 0.06$) ruminal pH. There were no treatment effects ($P > 0.20$) on ruminal VFA molar proportions and estimated methane production.

Key words: tannin, buffers, feedlot, performance, digestion, Holstein.

1. Introduction

Tannins are a complex group of polyphenolic compounds found in a wide range of plant species commonly consumed by ruminants (Mueller-Harvey and McAllan 1992; Van Soest 1994). They are conventionally classified into two major groups: hydrolysable and condensed tannins (McLeod 1974). High concentrations of tannins may be toxic, reducing voluntary feed intake and nutrient digestibility, however, at low to moderate concentrations, tannin supplementation may shift site of protein degradation increasing metabolizable amino acid flow to the small intestine (Barry and McNabb 1999; Min et al. 2003). This tannin effect may help explain improvements observed in performance of feedlot calves during the initial growing phase (Barajas et al. 2010) where limitations in metabolizable protein supply are more particularly manifest (Zinn et al. 2000, 2007). This increase in dietary rumen undegradable protein fraction occurs due to the capacity of tannin to bind protein through hydrogen bonds forming tannin-protein complex which is stable in the rumen (pH 5.0-7.0), resistant to microbial degradation and is dissociated in the abomasum

due to difference in pH (Mezzomo et al., 2011). On the other hand Buffers have been used in both dairy and beef production systems to increase and maintain a more stable ruminal pH as seen in previous studies (Russel et al., 1980; Zinn, 1991). The use of buffer has been reported to have a protection effect against digestive disorders occurring during a rapid change on pH from a low to a high-concentrate diet (Coiling et al 1975). This positive response may have been caused by changes in the microbial fermentation patterns in the rumen, which resulted in an increased molar concentration of propionic acid in rumen fluid (Nicholson et al., 1963). The objective of the present study was to evaluate the potentiating effect of supplemental buffer on responses to supplemental tannin on feedlot growth-performance, energetics, and digestive function in light-weight calf-fed Holstein steers during the initial growing phase.

2. Materials and methods

All procedures involving animal care and management were in accordance with and approved by the University of California, Davis, Animal Use and Care Committee.

2.1. Trial 1. Tannin and buffer level performance.

2.1.1. Animals, sampling and treatments

One hundred and fifty Holstein steers (119.5 ± 5.8 kg) were used to evaluate the effects of level supplemental buffer (0 and 1 %, of DM basis), and condensed tannin (0, 0.2, and 0.4 %, DM basis) in a 2 x 3 factorial arrangement of treatments on growth-performance during the first 112 days in the feedlot. Cattle were vaccinated for IBR, BVD, PI₃ , and BRSV (Bovishield® Gold 5, Zoetis Animal Health, Florham Park, NJ),

clostridials (Ultrabac® 8, Zoetis Animal Health, Florham Park, NJ), treated for parasites (Dectomax® Injectable, Zoetis Animal Health, Florham Park, NJ), injected with 5ml SC Vital E-AD (300 IU vitamin E, 100,000 IU vitamin A and 10,000 IU vitamin D₃ /mL, Stuart Products, Bedford, TX) and 3 mL SC tuluthromycin (Draxxin, Zoetis Animal Health, Florham Park, NJ), and grouped by weight into 5 weight blocks and assigned within weight groupings to 30 pens (5 steers per pen). Pens were 50 m² with 26.7 m² overhead shade, equipped with automatic drinkers, and 4.3 m fence-line feed bunks. Composition of experimental diets is shown in Table 1. Diets were prepared weekly and stored in plywood boxes in front of each pen. Calves were provided *ad libitum* access to the diet. Fresh feed was added to the feed bunk twice daily.

2.1.2. Estimation of dietary NE

Daily energy gain (EG; Mcal/d) was calculated by the equation: $EG = ADG^{1.097} 0.0557W^{0.75}$, where W is the mean shrunk BW (kg; NRC 1984). Maintenance energy (EM) was calculated by the equation: $EM = 0.084W^{0.75}$ (Garrett 1971). Dietary NE_g was derived from NE_m by the equation: $NE_g = 0.877 NE_m - 0.41$ (Zinn 1987). Dry matter intake is related to energy requirements and dietary NE_m according to the equation: $DMI = (EM/NE_m) + (EG/(0.877NE_m - 0.41))$. From this relationship, dietary NE can be resolved by means of the quadratic formula: $x = (-b - \sqrt{b^2 - 4ac}) / 2c$, where: $x = NE_m$, $a = -0.42$ EM, $b = 0.887 EM + 0.41 DMI + EG$, and $c = -0.887 DMI$ (Zinn and Shen 1998).

2.1.3. Statistical design and analysis

The trial was analyzed as a randomized complete block design with a 2 x 3 factorial arrangement of treatments, using pens as experimental units, according to the following statistical model: $Y_{ijk} = \mu + G_i + B_j + T_k + BT_{jk} + \epsilon_{ijk}$, where μ is the common experimental effect, G_i represents initial weight grouping (block) effect, B_j represents buffer effect, T_k represents tannin level effect, BT_{jk} represents the buffer $\times$ tannin level interaction, and ϵ_{ijk} represents the residual error. Contrasts were: 1) 0 vs 1.0% buffer supplementation, 2) linear effect of supplemental tannin level, 3) quadratic effect of supplemental tannin level, and 4) buffer $\times$ tannin level interaction (Stastitix 10, Analytical Software, Tallahassee, FL).

2.2. Trial 2. . Influence of supplemental tannin and buffer on characteristics of ruminal and total tract digestion of Holstein steers

2.1.1. Animals, sampling and treatments

Six Holstein steers (179.4 ± 7.9 kg) with cannulas in the rumen and proximal duodenum were used in a split plot design involving two 3 $\times$ 3 Latin squares to evaluate treatment effects on characteristics of ruminal and total tract digestion. Treatments were the same as in Trial 1, with the incorporation of 0.4% chromic oxide as an inert digesta marker. Dry matter intake was restricted to 2.2% of live weight. Diets were be fed at 0800 and 2000 daily. Duodenal and fecal samples were taken from all steers, twice daily as follows: d 1, 0750 and 1350; d 2, 0900 and 1500; d 3, 1050 and 1650; and d 4, 1200 and 1800. Individual samples consisted of approximately 700 ml duodenal chyme and 200 g (wet basis) fecal material. On the final day of each collection period (d 4) blood samples and ruminal fluid were be obtained from each steer 4 h after the morning feeding (1200 h). Ruminal fluid (100 mL) was obtained from each steer via the ruminal cannula, pH was

determined on freshly collected samples. Samples were then strained through 4 layers of cheesecloth. Freshly prepared 25% (wt/vol) m-phosphoric acid (2 mL) was added to 8 mL of the strained ruminal fluid. Samples were centrifuged ($17,000 \times g$ for 10 min) and supernatant fluid stored at -20°C for analysis of VFA concentrations (gas chromatography; Zinn, 1988). Duodenal and fecal samples from each steer and within each collection period were composited for analysis. Upon completion of the trial, ruminal fluid was obtained from all steers and composited for isolation of ruminal bacteria via differential centrifugation (Bergen et al., 1968). Samples were subjected to the following analysis: DM (oven drying at 105°C until no further weight loss); ash, Kjeldahl N, ammonia N (AOAC, 1975); aNDFom [Van Soest et al., 1991, corrected for NDF-ash, incorporating heat stable α -amylase (Ankom FAA, Ankom Technology, Macedon, NY) at 1 mL per 100 mL of NDF solution], chromic oxide (Hill and Anderson, 1958), and starch (Zinn, 1990). Microbial organic matter (MOM) and N (MN) leaving the abomasum is calculated using purines as a microbial marker (Zinn and Owens, 1986). OM fermented in the rumen (OMF) is considered equal to OM intake minus the difference between the amount of total OM reaching the duodenum and MOM reaching the duodenum. Feed N escape to the small intestine was considered equal to total N leaving the abomasum minus ammonia-N, MN and endogenous N ($0.195 \times BW^{0.75}$; Ørskov et al., 1986). Methane production is calculated based on the theoretical fermentation balance for observed molar distribution of VFA and OM fermented in the rumen (Wolin, 1960).

2.2.1. Statistical design and analysis

The trial will be analyzed as a split plot design consisting of two simultaneous 3×3 Latin squares according to the model: $Y_{ijkl} = \mu + B_i + A_{j(i)} + P_k + T_l + BT_{lj} + e_{ijkl}$, B_i is whole plot

(buffer level), $A_{j(i)}$ is steer within whole plot, P_k is period, T_l is tannin level subplot treatment, BT_{ij} is whole plot x subplot treatment interaction, and e_{ijkl} is residual error. Linear and quadratic effects of tannin level were separated by means orthogonal polynomials.

Results and discussion

There were no interactions ($P > .10$) between supplemental buffer and condensed tannin on feedlot growth-performance or characteristics of ruminal and total tract digestion. The main effects of supplemental buffer and tannin on feedlot growth performance are shown in Table 2. Neither supplemental buffer nor tannin affected growth performance of these calf-fed Holstein steers during the initial 112-d feeding period. Daily weight gain during this period was very good, averaging 1.45 kg. This weight gain is consistent with expected (1.44 kg/d) based on previous studies evaluating feedlot performance of calf-fed Holstein steers during the initial four months on feed (Salinas Chavira et al., 2009; Zinn et al., 2000; Erjaei et al., 2012; Alberti et al., 2013; Carrasco et al., 2013). Dry matter intake was 8% greater than expected based on daily weight gain, averaging 5.68 kg/d. This decrease efficiency is consistent with the dietary deficiency in metabolizable methionine and lysine. Previous studies had shown that methionine and lysine are usually the first and second limiting amino acids for growing cattle affecting N retention and ADG (Richardson and Hatfield et al., 1978; Chalupa and Scott 1976; Zinn and Shen, 1998; Zinn et al., 2007).

Effect of buffer supplementation, per se, on growth-performance of calf-fed Holstein steers fed high-energy diets has received very limited research attention. Consistent with the present study, feedlot growth performance responses to supplemental

buffers has been largely non-appreciable (Wise et al., 1965; Russel et al., 1980; Boerner et al., 1987; Schoonmaker et al., 2013; Zinn and Borques, 1993). When buffer supplementation enhanced performance of feedlot cattle it was generally attributable to increased DMI (energy intake) and associated increase in ADG (Nicholson et al., 1963, Zinn, 1991). In the present study, buffer supplementation did not affect ($P = 0.58$) DMI.

Tannin supplementation did not affect ($P > 0.10$) growth performance during this initial 112-d feeding period. Evaluation of the effects of supplemental tannin on growth-performance of calf-fed Holstein steers is limited. Rivera-Mendez et al (2015) observed increased ADG and gain efficiency in Holstein steers fed a steam-flaked corn-based finishing diet (similar to that used in the present study) during late finishing phase (last 84 d prior to harvest). In a series of studies, Barajas et al. (2011a,b; 2012) observed that tannin supplementation increased ADG and gain efficiency of growing-finishing feedlot bulls. In contrast, Krueger et al. (2010) did not observe an influence of tannin supplementation (1.5%, DM basis) on cattle growth-performance in a 42-d finishing study.

As stated previously, the objective of this study was not so much directed at potential benefits of buffer supplementation, per se, on growth performance, but rather, the potentiating effect of supplemental buffer on responses to supplemental tannin. The binding capacity of tannin with protein is maximal at pH of greater than 6.00 (Johns and Mangan, 1977). Based on current feeding standards (NRC, 1996), experimental diets were deficient in metabolizable amino acids (methionine and lysine). In as much as tannins have been shown to reversibly bind protein, providing protection against ruminal degradation (Mueller-Harvey, 2006), we expected a potential positive associative effect of buffer and tannin supplementation. Nevertheless, whereas buffer supplementation in this study did

increase ($P = 0.06$) ruminal pH, tannin supplementation was without effect on cattle performance.

There were no treatment interactions ($P > 0.10$) on characteristics of digestion. Main effects of supplemental buffer and condensed tannin on characteristics of digestion, ruminal pH, and VFA molar proportions are shown in Tables 3 and 4. Tannin supplementation decreased (4%, $P = 0.03$) ruminal OM digestion, and tended to decrease (7%, linear effect, $P = 0.06$) ruminal feed N degradation. A decrease in ruminal feed nitrogen degradation with tanning supplementation was expected. Tannin has been shown to reduce protein solubilization and degradation, inhibiting ruminal proteolytic activity (Chung et al., 1998a,b; Min et al., 2001a; 2002a; Jolazadeh et al., 2015). The magnitude of the response is dose depended. Beauchemin et al. (2007) observed that supplementation with condensed tannin at the rate of 1 and 2% (DM basis) decreased degradation of ruminal feed N by 5 and 15%, respectively. In contrast, Toral et al. (2011) observed that supplementation of a dairy ewe diet with 1% condensed tannins (DM basis) did not affect ruminal feed N degradation.

Supplemental buffer (1%) decreased (3.4%, $P = 0.03$) in ruminal OM digestion, but increased (1.2% $P = 0.01$) total tract OM digestion. Likewise, supplemental buffer decreased ruminal feed N degradation (8.1%, $P = 0.02$), while effects on total tract N digestion were not appreciable ($P=0.64$). These decreases in ruminal OM and N digestion may have been associated with a concomitant decrease in ruminal retention time associated with buffer supplementation (Soderlund et al., 1983).

Tannin supplementation decreased (linear effect, $P = 0.03$) ruminal pH. This result was unexpected. Previous studies (Krueger et al., 2010; Mezzomo et al., 2011; Dentinho et

al., 2014; Jolazadeh et al., 2015) did not reveal an effect of supplemental tannin on ruminal pH.

As stated previously, supplemental buffer increased ($P = 0.06$) ruminal pH. Likewise, Zinn (1991) observed an increase in ruminal pH with 0.75 to 1.0% BICARB supplementation. Russel et al. (1980) also observed an increase in ruminal pH in yearlings crossbreed steers fed a combination of 0.9% BICARB and 1.8% limestone. In contrast, Zinn and Borques (1993) did not observe an increase in ruminal pH with 0.75% BICARB supplementation of a steam-flaked corn-based finishing diet.

There were no treatment effects ($P > 0.20$) on ruminal VFA molar proportions and estimated methane production. Previous studies had shown no effect of supplemental condensed tannins in VFA proportions, methane production or ruminal pH (Krueger et al., 2010; Waghorn and Shelton 1997). Osakwe et al. (2004) observed a decreased rumen pH 5 h post-ingestion and increase ammonia, total VFA, acetate and butyrate concentrations in sheep supplemented with *Elais guineese* DM. Beauchemin et al. (2007) did not observe effect of tannin supplementation on methane production but observed a linear decrease of acetate proportion which linearly decreased the acetate:propionate ratio. Numerous studies have demonstrated that tannins decrease methane production in ruminants (Puchala et al., 2005; Hess et al., 2006; Min et al., 2006). The lack of effect on methane production in this study is probably because of the lack of effect on total DM and fiber digestibility which is consistent with Tavendale et al. (2005) who proposed two possible mechanisms whereby condensed tannins can reduce methane emissions from ruminants: 1) decrease of H_2 production due to a reduction in fiber digestion and 2) inhibition of methanogens growth. Since a low forage diet was fed in the current study, much lower methane losses would be

expected which may have minimized any potential treatment effect due to tannins. The effect of condensed tannins on microbial populations depends on the relative affinity of condensed tannins for feed vs. microbial protein. The affinity of condensed tannins for protozoa and methanogens may be particularly important due to the symbiotic role these populations have on methane production (McAllister et al., 1996). The lack of response to tannin supplementation on ruminal VFA, ammonia, pH and methane producing activity in the current study, could be associated with the dose and type of condensed tannin.

Implications

Under the conditions of this experiment the direct effects of condensed tannins on growth-performance, digestive function and energetics in corn-based high-energy diets for Holstein steers are small and are not affected by buffer supplementation.

Literature Cited

Albertí, P., I. Gomez, J. A. Mendizabal, G. Ripoll, M. Barahona, V. Sarriés, K. Insausti, M. J. Beriáin, A. Purroy and C. Realini. 2013. Effect of whole linseed and rumen-protected conjugated linoleic acid enriched diets on feedlot performance, carcass characteristics, and adipose tissue development in young Holstein bulls. *Meat Science*. 94:208-214.

AOAC, 1975. Official Methods of Analysis (12th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Barajas, R., B. J. Cervantes, A. Camacho, E. A. Velázquez, M. A. Espino, F. Juárez, L. R. Flores and M. Verdugo. 2010. Condensed tannins supplementation on feedlot performance of growing bulls. Proceeding Western Section American Society of Animal Science. 61:209-211.

Barajas, R., B. J. Cervantes, S. C. Arechiga, M. A. Espino, L. R. Flores, A. Camacho, J. A. Romo. 2011a. Effect of length feeding additional tannins-extract on feedlot performance of finishing-bulls. J. Anim. Sci. 89: (E-Suppl. 1):615. (Abstr.).

Barajas, R., B. J. Cervantes, S.C., Arechiga, M. A. Espino, L. R. Flores, A. Camacho, J. A. Romo, E. A. Velasquez and J. J. Lomeli. 2011b. Influence of addition of tannins-extract in low concentration of dietary dry matter on feedlot-performance of bulls. J. Anim. Sci. 89 (E-Suppl. 1):615 (Abstr.).

Barajas, R., B. J. Cervantes, M. A. Espino, A. Camacho, M. Verdugo, L. R. Flores, J. J. Lomeli, and J.A. Romo. 2012b. Effect of tannins extract supplementation on feedlot performance and plasma urea nitrogen of yearling bulls fed dry-ground corn-based diets containing corn-DDG and cane molasses. J. Anim. Sci. 90:600 (Abstr.).

Barajas, R., B. J. Cervantes, M. A. Espino, A. Camacho, M. Verdugo, L. R. Flores, S. C. Arechiga, J. J. Lomeli, and J. A. Romo. 2012. Influence of tannins extract addition

on feedlot-performance of bulls fed sorghum-based diets. *J. Anim. Sci.* 90:372-373 (Abstr.).

Barry, T. N. and W. C. McNabb. 1999. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed ruminants. *Brit. J. Nutr.* 81:263-272.

Beauchemin, K. A., S. M. McGinn, T. F. Martinez and T. E. McAllister. 2007. Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* 85:1990-1996.

Bergen, W. G., D. B. Purser and J. H. Cline. 1968. Effect of ration on the nutritive quality of rumen microbial protein. *J. Anim. Sci.* 62:370-380.

Boerner, B., F. M. Byers, G. T. Schelling, C. E. Coppock and L.W. Greene. 1987b. Trona and sodium bicarbonate in beef cattle diets: Effects on site and extent of digestion. *J. Anim. Sci.* 65:303.

Chalupa, W., and G.C. Scott. 1976. Protein nutrition for growing cattle. Joint FAO/IAEA Div. of Atomic Energy in Food and Agriculture; Panel proceedings series. 8:13-25.

Chung, K. T., Z. Lu, and M. W. Chou. 1998a. Mechanism of inhibition of tannic acid and related compounds on the growth of intestinal bacteria. *Food Chem. Toxicol.* 36:1053-1060.

- Chung, K. T., T. Y. Wong, C. I. Wei, Y. W. Huang, and Y. Lin. 1998b. Tannins and human health: a review. *Critical Review in Food Science and Nutrition*. 38:421-464.
- Carrasco, R., A. A. Arrizon, A. Plascencia, N. G. Torrentera, and R.A. Zinn. 2013. Comparative feeding value of distillers dried grains plus solubles as a partial replacement for steam-flaked corn in diets for calf-fed Holstein steers: Characteristics of digestion, growth performance, and dietary energetics. *J. Anim. Sci*. 91:1801-1810.
- Coiling, D., R. Britton and M. Nielson. 1975. Adjusting lambs to high concentrate rations. *J. Anim. Sci*. 41:396.
- Dentinho, M. T. P., A. T. Belo and R. J. B. Bessa. 2014. Digestion, ruminal fermentation and microbial nitrogen supply in sheep fed soybean meal treated with *Cistus ladanifer* L. tannins. *Small Ruminant Research*. 119:57-64.
- Erjaei, K., A. Zali, M. Gankhanloo, M. Dehghan-Banadaky, V. Tufarelli, and V. Laudadio. 2012. Effects of wheat processing and dietary fat sources on performance, ruminal and blood parameters, and steak fatty acids profile of Holstein steers. *Livestock Science*. 149:74-82.
- Garret, W. N. 1971. Energetic efficiency of beef and dairy steers. *J. Anim. Sci*. 32:451-456.

Hess, H. D., T.T. Tiemann, F. Noto, J. E. Carulla and M. Kreuzer. 2006. Strategic use of tannins as means to limit methane emission from ruminant livestock. Int. Congr. Ser. 1293:164-167.

Hill, F. W., and D. L. Anderson. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. J. Nutr. 64:587-603.

Jolazadeh, A. R., M. Dehghan-banadaky and K. Rezayazdi. 2015. Effects of soybean meal treated with tannins extracted from pistachio hulls on performance, ruminal fermentation, blood metabolites and nutrient digestion of Holstein bulls. Animal Feed Science and Technology.

Jones, E. T., and Mangan J. L. 1977. Complexes of the condensed tannins of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) with fraction 1 leaf protein and with submaxillary mucoprotein, and their reversal by polyethylene glycol and pH. J. Sci. Food Agric. 28:126–136.

Krueger, W. K., H. Gutierrez-Bañuelos, G. E. Castrens, B. R. Min, W. E. Pinchak, R. R. Gomez, R. C. Anderson, N. A. Krueger and T. D. A. Forbes. 2010. Effects of dietary tannin source on performance, feed efficiency, ruminal fermentation, and carcass and non-carcass traits in steers fed a high-grain diet. J. Anim. Sci. 159:1-9.

- McAllister, T. A., E. K. Okine, G. W. Mathison and K. J. Cheng. 1996. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. *Can. J. Anim. Sci.* 76:231-243.
- McLeod, M. N. 1974. Plant tannins-their role in forage quality. *Nutr. Abstr. Rev.* 44:803-815.
- Mezzomo, R., P. V. R. Paulino, E. Detmann, S. C. Valadares Filho, M. F. Paulino, J. P. I. S. Monnerat, M. S. Duarte, L. H. P. Silva and L. S. Moura. 2011. Influence of condensed tannin on intake, digestibility, and efficiency of protein utilization in beef steers fed high concentrate diet. *Livestock Science.* 141:1-11.
- Min, B. R., G. T. Attwood, T. N. Barry and W. C. McNabb. 2002a. The effect of condensed tannins from *Lotus corniculatus* and growth and proteolytic activity of rumen bacteria. *J. Anim. Sci.* 80:399 (Abstr.).
- Min, B. R., G. T. Attwood, W. C. McNabb and T. N. Barry. 2001. Effect of condensed tannins on proteolytic bacterial populations in the rumen and on nitrogen (N) flow to the abomasum of sheep. *J. Anim. Sci.* 79:163. (Abstr.).
- Min, B. R., T. N. Barry, G. T. Attwood and W. C. McNabb. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 106:3-19.

- Minn, B. R., W. E. Pinchak, R. C. Anderson, J. D. Fullord and R. Puchala. 2006. Effects of condensed tannins supplementation level on weight gain and in vitro and in vivo bloat precursors in steers grazing winter wheat. *J. Anim. Sci.* 84:2546-2554.
- Mueller-Harvey, I. 2006. Unraveling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 86:2010–2037
- Mueller-Harvey, I., and A. B. McAllan. 1992. Tannins: their biochemistry and nutritional properties. *Adv. Plant Cell Biochem. Biotechnol.* 1:151-217.
- Nicholson, J. W. G., H. M. Cunningham and D. W. Friend. 1963. Effect of adding buffers to all-concentrate rations on feedlot performance of steers, ration digestibility and intra-rumen environment. *J. Anim. Sci.* 22:368.
- NRC. 1984. *Nutrient Requirements for Beef Cattle.* 6th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC. 1996. *Nutrient Requirements for Beef Cattle.* 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Osakwe, I. I., H. Steingass and W. Drochmer. 2004. Effect of dried *Elaeis guineense* supplementation and nitrogen and energy partitioning of WAD sheep fed a basal hay diet. *Anim. Feed Sci. Technol.* 117:75-83.

- Ørskov, E. R., N. A. Macleod, and D. J. Kyle. 1986. Flow of nitrogen from the rumen and abomasum in cattle and sheep given protein-free nutrients by intragastric infusion. *Br. J. Nutr.* 56:241-248.
- Puchala, R., B. R. Min, A. L. Goetsch and T. Sahlu. 2005. The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. *J. Anim. Sci.* 83:182-186.
- Richardson, C. R. and E. E. Hatfield. 1978. The limiting amino acids in growing cattle. *J. Anim. Sci.* 46:740.
- Rivera-Mendez, C., A. Plascencia, N. Torrentera and R. A. Zinn. 2015. Effect of level and source of supplemental tannin on growth-performance of Holstein steers during the late finishing phase. *J. Anim. Sci.* 91: E-Suppl. 2
- Russel, J. R., A. W. Young and N. A. Jorgensen. 1980. Effect of sodium bicarbonate and limestone additions to high grain diets on feedlot performance and ruminal and fecal parameters in finishing diets. *J. Anim. Sci.* 51:996-1002.
- Salinas-Chavira, J., J. Lenin, E. Ponce, U. Sanchez, N. Torrentera, and R.A. Zinn. 2009. Comparative effects of virginiamycin supplementation on characteristics of growth-performance, dietary energetics, and digestion of calf-fed Holsteins steers. *J. Anim. Sci.* 87:4101-4108.

Schoonmaker, J. P., K. T. Korn, K. N. Condrón, C. N. Shee, M. C. Claeys, T. D. Nennich and R. P. Lemenager. 2013. Effect of decreasing dietary cation anion difference on feedlot performance, carcass characteristics, and beef tenderness. *J. Anim. Sci.* 91:5762-5768.

Soderlund, S., K. Bolsen, H. Ilg and J. Hoover. 1983. Additive-treated corn silage, harvestore cornlage and sodium bicarbonate supplement for yearling steers. Proceedings of Cattlemen's Day 1983. Agricultural Experimental Station. Kansas State Univ. Manhattan, KS. Pp 53-57.

Tavendale, M. H., L. P. Meagher, D. Pacheco, N. Walker, G. T. Attwood, and S. Sivakumaran. 2005. Methane production from in vitro rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. *Anim. Feed Sci. Technol.* 123-124:403-419.

Toral, P.G., G. Hervás, E. Bichi, A. Belenguer and P. Frutos. 2011. Tannins as feed additives to modulate ruminal biohydrogenation: Effects on animal performance, milk fatty acid composition and ruminal fermentation in dairy ewes fed a diet containing sunflower oil. *Animal Feed Science and Technology.* 164:199-206.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant, 2nd ed. Cornell Univ. Press. Ithaca, NY, USA. 476p.

- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Anim. Sci.* 74:3583-3597.
- Waghorn, G. C., and I. D. Shelton. 1997. Effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* on the nutritive value of pasture for sheep. *J. Agric. Sci.* 128:365-372.
- Wise, M. B., T. N. Blummer, H. B. Graig and E.R. Barrick. 1965. Influence of rumen buffering agents and hay on performance and carcass characteristics of steers fed all-concentrate rations. *J. Anim. Sci.* 24:83-88.
- Wolin, M. J. 1960. A theoretical rumen fermentation balance. *J. Dairy Sci.* 43:1452-1459.
- Zinn, R. A. 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. A. 1988. Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with and without monensin. *J. Anim. Sci.* 66:213-227.
- Zinn, R. A. 1990. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 68:767-775.

Zinn, R. A. 1991. Comparative feeding value of steam-flaked corn and sorghum in finishing diets supplemented with or without sodium bicarbonate. J. Anim. Sci. 69:905-916.

Zinn, R. A., and F. N. Owens. 1986. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. Can. J. Anim. Sci. 66:157-166.

Zinn, R. A. and J. L. Borques. 1993. Influence of sodium bicarbonate and monensin on utilization of a fat-supplemented, high-energy growing-finishing diet by feedlot steers. J. Anim. Sci. 71:18-25.

Zinn, R. A., and Y. Shen. 1998. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. J. Anim. Sci. 76:1280-1289

Zinn, R. A., A. Barreras, L. Corona, F. N. Owens, and R. A. Ware. 2007. Starch digestion by feedlot cattle: Predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. J. Anim. Sci. 85:1727-1730.

Zinn, R. A., E. G. Alvarez, M. F. Montaña and J. E. Ramirez. 2000. Interaction of protein nutrition and laidlomycin on feedlot growth performance and digestive function in Holstein steers. J. Anim. Sci. 78:1768-1778.

Table 1. Composition of experimental diets fed to Holstein steers

Item	%buffer					
	0			1		
	0%	0.2%	0.4%	0%	0.2%	0.4%
Ingredient composition, % (DM basis)						
BRIC buffer	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
BYPRO 70% tannin	0.00	0.20	0.40	0.00	0.20	0.40
Magnesium oxide	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Sorghum sudan hay	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Alfalfa hay early bloom	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Soybean meal-49	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Corn grain flaked	45.70	45.50	45.30	45.30	44.50	44.30
Distillers dried grains plus solubles	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Yellow grease	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Cane molasses	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Urea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Limestone	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
Trace mineral salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Nutrient composition ⁴ , (DM basis)						
Dry Matter, %	87.8	87.8	87.8	87.9	87.9	87.9
NE, Mcal/kg						
Maintenance	2.15	2.14	2.14	2.12	2.12	2.12
Gain	1.48	1.48	1.48	1.47	1.46	1.46
Crude protein, %	18.1	18.1	18.1	18.1	18.0	18.0
Ether extract, %	6.50	6.49	6.49	6.46	6.45	6.45
Ash, %	6.98	6.99	7.01	7.96	7.97	7.99
NDF, %	20.0	20.2	20.3	20.0	20.1	20.2
Calcium, %	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Phosphorus, %	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Potassium, %	1.21	1.21	1.22	1.21	1.21	1.21
Magnesium, %	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30	0.30
Sulfur, %	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28

Table 2. Influence of supplemental tannin and buffer on characteristics of ruminal and total tract digestion of Holstein steers (Trial 2).

Item	Buffer, %		Tannin level, %			SD	P values		
							Tannin		
	0	1	0	0.2	0.4		Buffer	Linear	Quadratic
No. of pens	3	3	4	4	4				
Intake, g/d									
DM	3965	4005	3977	3985	3994				
OM	3609	3609	3601	3609	3617				
NDF	803	811	805	807	809				
STARCH	1299	1299	1299	1299	1299				
N	106	107	106	106	106				
Ruminal digestion, %									
OM	66.7	64.4	67.4	64.0	65.3	1.8	0.03	0.07	0.03
NDF	53.1	57.2	56.6	54.3	54.6	4.7	0.11	0.48	0.58
Feed N	71.5	65.7	71.9	67.0	66.8	4.1	0.02	0.06	0.31
STARCH	88.8	86.9	88.6	87.2	87.7	2.1	0.08	0.47	0.38
Microbial efficiency	23.5	22.4	23.8	22.2	22.9	1.8	0.24	0.40	0.21
Nitrogen efficiency	0.91	0.92	0.92	0.90	0.93	0.04	0.60	0.73	0.30
Postruminal digestion,%									
OM	62.4	65.1	63.6	63.8	64.0	2.0	0.02	0.71	0.99
NDF	17.8	20.8	16.0	17.7	24.2	8.1	0.45	0.12	0.57
STARCH	92.1	93.4	93.0	93.5	91.7	2.4	0.30	0.37	0.34
N	78.1	78.7	79.4	78.3	77.4	1.6	0.46	0.06	0.89
Total tract digestion,%									
DM	78.6	79.1	78.9	79.0	78.7	0.9	0.24	0.78	0.62
OM	81.6	82.6	82.2	81.9	82.2	0.6	0.01	0.81	0.30
NDF	62.4	66.6	64.1	62.7	66.6	2.4	0.01	0.12	0.06
STARCH	99.1	99.1	99.2	99.2	99.0	0.3	0.99	0.29	0.62
N	79.0	79.3	80.1	79.4	78.0	1.2	0.64	0.02	0.60

Table 3. Influence of supplemental tannin and buffer on ruminal pH and VFA molar proportions of Holstein steers (Trial 2).

Item							P values		
	Buffer, %		Tannin level, %			SD	Tannin		
	0	1	0	0.2	0.4		Buffer	Linear	Quadratic
No. of pens	3	3	4	4	4				
Ruminal pH	5.88	6.04	6.06	6.00	5.83	0.15	0.06	0.03	0.51
Ruminal VFA, mol/100 mol									
Aetate	69.6	68.0	69.8	69.7	66.9	7.2	0.65	0.51	0.72
Propionate	40.0	36.0	37.5	34.1	42.4	8.6	0.35	0.35	0.21
Butyrate	20.8	19.3	19.3	21.6	19.2	3.2	0.36	0.98	0.17
Acetate:Propionate ratio	1.87	1.93	1.91	2.10	1.70	0.34	0.74	0.27	0.12
Methane, Mol/Mol glucose fermented	0.47	0.49	0.48	0.51	0.44	0.06	0.57	0.26	0.16

Table 4. Influence of supplemental tannin and buffer on 112-d feedlot growth performance of Holstein steers (Trial 1).

Item							P values		
	Buffer, %		Tannin level, %			SD	Tannin		
	0	1	0	0.2	0.4		Buffer	Linear	Quadratic
No. of pens	3	3	4	4	4				
Live BW, kg									
Day 1	119.7	119.4	119.6	119.6	119.5	0.4	0.14	0.78	0.92
Day 112	283.3	282.4	281.0	282.8	284.7	6.5	0.69	0.22	0.99
ADG kg	1.46	1.45	1.44	1.46	1.47	0.06	0.76	0.21	0.98
DMI, kg/d	5.66	5.71	5.62	5.67	5.77	0.22	0.59	0.13	0.80
ADG/DMI	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.01	0.13	0.64	0.65
NE _m Mcal/kg	1.98	1.96	1.97	1.98	1.97	0.03	0.11	0.57	0.66
NE _g Mcal/kg	1.33	1.31	1.32	1.32	1.31	0.03	0.11	0.57	0.66
Obs/Exp NM	0.93	0.92	0.93	0.93	0.92	0.02	0.11	0.57	0.66
Obs/Exp NG	0.91	0.90	0.90	0.91	0.90	0.02	0.11	0.57	0.66



Submission Confirmation

[Print](#)

Thank you for your submission

Submitted to

Journal of Applied Animal Research

Manuscript ID

JAAR-2016-0015

Title

Interaction of tannin and buffer supplementation on feedlot growth-performance, energetics, and digestive function in light-weight calf-fed Holstein steers during the initial growing phase

Authors

Ortiz, Jose

Montano, Martin

Pacheco, Carlos

Salinas, Jaime

Torrentera, Noemi

Zinn, Richard

Date Submitted

07-Jan-2016

[Author Dashboard](#)